ISSN 2073-1523

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ

КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

МИНИСТЕРСТВО СТРОИТЕЛЬСТВА, АРХИТЕКТУРЫ
И ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОГО ХОЗЯЙСТВА РТ

МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА И ДОРОЖНОГО ХОЗЯЙСТВА РТ

Известия КГАСУ
2014 г., № 4 (30)

ББК 38
И 33
УДК 69

Главный редактор: д-р техн. наук, проф. Р.К. Низамов
Зам. главного редактора: д-р техн. наук, проф., чл.-корр. АН РТ
А.М. Сулейманов

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Айдарова Г.Н., д-р архитектуры, проф.;
Загидуллина Г.М., д-р экон. наук, проф.;
Каюмов Р.А., д-р физ.-мат. наук, проф.;
Королев Е.В., д-р техн. наук, проф.;
Кузнецов И.Л., д-р техн. наук, проф.;
Куприянов В.Н., д-р техн. наук, проф., чл.-корр. РААСН;
Лежава И.Г., д-р архитектуры, академик РААСН;
Мирсаяпов И.Т., д-р техн. наук, проф., советник РААСН;
Померанцев А.Л., д-р физ.-мат. наук, проф.;
Посохин В.Н., д-р техн. наук, проф.;
Рахимов Р.З., д-р техн. наук, проф., чл.-корр. РААСН;
Родионова О.Е., д-р физ.-мат. наук, проф.;
Соколов Б.С., д-р техн. наук, проф., чл.-корр. РААСН;
Строганов В.Ф., д-р хим. наук, проф., почетный член РААСН;
Сахапов Р.Л., д-р техн. наук, проф.;
Фурер В.Л., д-р хим. наук, проф.

МЕЖДУНАРОДНЫЙ РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ:

Санчез А.П., д-р хим. наук, в.н.с. (Испания);
Тхин Н.В., д-р техн. наук, проф. (Вьетнам);
Фиговский О.Л., проф., член Европейской АН, иностранный член РААСН (Израиль);
Фишер Х.-Б., д-р (Германия);
Элсайед Т.А., канд. техн. наук, доц. (Египет);
Янотка И., канд. техн. наук, с.н.с. (Словакия).

УЧРЕДИТЕЛЬ И ИЗДАТЕЛЬ:
ФГБОУ ВПО «Казанский государственный архитектурно-строительный университет»

Журнал включен в Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, определяемый Высшей аттестационной комиссией (ВАК), рекомендованных для опубликования основных научных результатов диссертаций на соискание ученой степени доктора и кандидата наук. Статьи рецензируются. Перепечатка без разрешения редакции запрещена, ссылки на журнал при цитировании обязательны.

Зарегистрирован Федеральной службой по надзору за соблюдением законодательства в сфере массовых коммуникаций и охране культурного наследия (Свидетельство о регистрации ПИ № ФС77-25136 от 20 июля 2006 г.). Включен в общероссийский каталог ОАО Агентства «РОСПЕЧАТЬ», индекс издания – 36939.

АДРЕС РЕДАКЦИИ:
420043, г. Казань, ул. Зеленая, 1, ком. 79.
Тел. (843) 510-46-39, факс (843) 238-37-71
E-mail: patent@kgasu.ru Сайт: http://izvestija.kgasu.ru

© Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета, 2014

ISSN 2073-1523

MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF THE RUSSIAN FEDERATION

KAZAN STATE UNIVERSITY OF ARCHITECTURE AND ENGINEERING

MINISTRY OF CONSTRUCTION, ARCHITECTURE AND HOUSING
OF THE REPUBLIC OF TATARSTAN

MINISTRY OF TRANSPORT AND ROADS
OF THE REPUBLIC OF TATARSTAN

News of the KSUAE
2014, № 4 (30)

BBC 38
I 33
UDC 69

Editor-in-Chief: Dr. tech. sci., prof. Nizamov R.K.
Deputy Editors-in-Chief: Dr. tech. sci., prof., corr.-m. AS RT Suleimanov A.M.

EDITORIAL BOARD:

Aydarova G.N., Dr. arch. sci., prof.;
Zagidullina G.M., Dr. economics sci., prof.;
Kayumov R.A., Dr. phys-mat. sci., prof.;
Korolev E.V., Dr. tech. sci., prof.;
Kuznetsov I.L., Dr. tech. sci., prof.;
Kuprijanov V.N., Dr. tech. sci., prof., corr.-m. RAACS;
Lezhava I.G., Dr. arch. sci., academic of RAACS;
Mirsayapov I.T., Dr. tech. sci., prof., counselor of RAACS;
Pomerantsev A.L., Dr. phys-mat. sci., prof.;
Posochin V.N., Dr. tech. sci., prof.;
Rakhimov R.Z., Dr. tech. sci., prof., corr.-m. RAACS;
Rodionova O.Ye., Dr. phys-mat. sci., prof.;
Sokolov B.S., Dr. tech. sci., prof., corr.-m. RAACS;
Stroganov V.F., Dr. chem. sci., prof., honorary m. of RAACS;
Sakhapov R.L., Dr. tech. sci., prof.;
Furer V.L., Dr. chem. sci., prof.

INTERNATIONAL EDITORIAL BOARD:

Sanchez A.P., Dr. chem. sci., head of department (Spain);
Thinh N.V., Dr. tech. sci., prof. (Vietnam);
Figovskiy O.L., prof., member of EAS, foreign member of RAACS (Israel);
Fischer H.-B., Dr.-Ing (Germany);
Elsayed T.A., Cand. tech. sci., associate prof. (Egypt);
Janotka I., Cand. tech. sci., head of unit (Slovakia).

THE FOUNDER AND THE PUBLISHER:
FSBEI of HHE «Kazan State University of Architecture and Engineering»

The journal is included in the index of leading reviewed scientific journals and editions, defined by the Higher Attestation Commission, and recommended for publication of basic scientific results of dissertations on scientific degree of the doctor and the candidate of sciences. The articles are reviewed. Reproduction without the permission of editors is prohibited; citing references to the journal are obligatory.

It is registered by Federal agency on surveillance of legislation observance in sphere of mass communications and cultural heritage protection (the certificate on registration PI № FS77-25136, dated July, 20th, 2006). It is included in the all-Russian catalogue of JCK «ROSPECHAT» Agency; an index of the edition is 36939.

EDITORIAL ADDRESS:
420043, Kazan, Zelenaya 1, office 79
Tel. (843) 510-46-39, fax (843) 238-37-71
E-mail: patent@kgasu.ru Web-site: http://izvestija.kgasu.ru

© News of the Kazan State University of Architecture and Engineering, 2014

СОДЕРЖАНИЕ

ТЕОРИЯ И ИСТОРИЯ АРХИТЕКТУРЫ, РЕСТАВРАЦИЯ И РЕКОНСТРУКЦИЯ ИСТОРИКО-АРХИТЕКТУРНОГО НАСЛЕДИЯ	
Агишева С.Т., Мубаракшина Ф.Д., Берточчи С., Де Лотто Р., Парринелло С. Опыт реконструкции и обновления исторических городских ландшафтов международного российско-итальянского проектного семинара	9
Агишева С.Т., Степанчук А.В. Система управления культурным наследием в контексте быстрых изменений городской среды	19
Надырова Х.Г. Градостроительное развитие средневековой Казани в контексте теории сложности городов	29
Назарова И.В. Чебоксарский град (Веда Суар) в XVI-XVII столетиях	38
Насыбуллина Р.А. Свет в архитектуре советского авангарда	44
Попов А.О., Бирюлева Д.К., Матвеев И.Ю. Формирование архитектурного облика Центральной башни Главного Адмиралтейства г. Санкт-Петербург	52
АРХИТЕКТУРА ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ. ТВОРЧЕСКИЕ КОНЦЕПЦИИ АРХИТЕКТУРНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ	
Ахметзянов Р.И., Данченко Л.В., Рыбалкина Р.И. Геометрические и конструктивные особенности гиперболоидных конструкций	59
Бурова Т.Ю., Егоров Д.А. Формирование дизайн-концепции в рамках курса художественное проектирование интерьера	65
Гимадиева Л.И., Кулеева Л.М. Развитие органической архитектуры в XXI в. на примере творчества Барта Принса	71
Николаенко В.А., Петрук Ю.О. Особенности реконструкции системы физкультурно-спортивных объектов	77
Рябов Н.Ф. Архитектурный аспект «Серебряной фабрики» Э. Уорхола	83
Хабибулина А.Г. Анализ функции энергетической оценки проекта в программе архитектурно-строительного проектирования ArchiCAD	93
ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО, ПЛАНИРОВКА СЕЛЬСКИХ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ	
Арсентьева Ю.П. Правовые особенности градостроительного формирования жилой среды в прибрежных зонах поселений	99
Исмагилова С.Х., Залетова Е.А., Головкина Л.О. Современные тенденции структурной реорганизации пространства улицы	109
Кадыров Т.Э. Общественные пространства: феномены, тенденции и процессы	115
Шулик В.В., Бородич М.Н., Васильев П.О. О моделировании системы рекреации уровня района	121
СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ, ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ	
Агафонкин В.С., Дымолазов М.А., Исаева Л.А. Анализ конструктивного решения стального каркаса здания терминала 1А Международного аэропорта Казань	128
Замалиев Ф.С., Биккинин Э.Г. Экспериментальные исследования сталежелезобетонных балок таврового сечения	134
Иванцов А.И., Куприянов В.Н. Прогнозирование срока службы наружных стен жилых зданий по критерию теплозащиты	139
Исаев А.В., Гимранов Л.Р., Вахтель Р.Р., Харисов И.С. Рама из LVL с усиливающим стальным элементом	148
Ишанова В.И., Удлер Е.М. Применение электронной фотографии и машинной графики Автокада в тензометрии тентовых материалов	153
Соколов Б.С., Павлов В.В., Хорьков Е.В. Экспериментальные исследования работы кирпичных арок при вертикальной подвижке опор	158
Соколов Б.С., Радайкин О.В. К расчету прогибов изгибаемых железобетонных элементов с учетом совместного действия изгибающих моментов и прерывающих сил с использованием нелинейной деформационной модели	165
Фардиев Р.Ф., Ашрапов А.Х., Мустафин А.И. Исследование несущей способности пустотных плит перекрытия при сниженной величине опирания на ригели	172
Халикова Ф.Р., Куприянов В.Н., Седов А.Н. Автоматизированный программный комплекс для расчета инсоляции жилых помещений	178
Хусаинов Д.М., Дымолазов М.А., Пеньковцев С.А. Расчет несущих элементов конструкций рекламных конструкций с использованием	183
ОСНОВАНИЯ И ФУНДАМЕНТЫ, ПОДЗЕМНЫЕ СООРУЖЕНИЯ	
Клевеко В.И. Экспериментальные исследования напряженно-деформированного состояния армированных грунтовых оснований в глинистых грунтах	188
Мирсаяпов И.Т., Ибрагимов К.В. Экспериментальные исследования моделей плитно-свайных фундаментов при режимном циклическом нагружении	198
Мирсаяпов И.Т., Королева И.В. Оценка прочности и деформируемости глинистых грунтов при режимном нагружении с учетом деградации структуры грунта	205

Нуриева Д.М. Численные исследования работы свай и свайных фендаментов в условиях нагрузок типа сейсмических	214
Офрихтер В.Г., Офрихтер Я.В. Оценка механической ползучести фибропеска по результатам компрессионных испытаний	222
Сафин Д.Р. Экспериментальные исследования НДС слабых водонасыщенных глинистых грунтов, армированных вертикальными элементами	230
Хасанов Р.Р. Экспериментальные исследования деформаций и физико-механических характеристик водонасыщенных глинистых грунтов при циклических нагружениях в объемном лотке	237
ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ, ВЕНТИЛЯЦИЯ, КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ ВОЗДУХА, ГАЗОСНАБЖЕНИЕ И ОСВЕЩЕНИЕ	
Валиуллин М.А., Замалеев З.Х. Исследование гидравлических характеристик приборных узлов поквартирных систем отопления из РЕХ-труб	244
СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ	
Авксентьев В.И., Морозов Н.М., Хозин В.Г. Шлам химической водоочистки-эффективный наполнитель в самоуплотняющихся песчаных бетона	249
Вдовин Е.А., Строганов В.Ф., Мавлиев Л.Ф., Буланов П.Е. Исследование влияния кремнийорганических соединений на показатели стандартного уплотнения и физико-механические свойства цементогрунта	255
Гильфанов Р.М., Вдовин Е.А., Мавлиев Л.Ф. Оптимизация состава цементогрунта с комплексной добавкой на основе кремнийорганических соединений	262
Каюмов Р.А., Страхов Д.Е. Модели поведения полимера с эффектом памяти формы	268
Мавлюбердинов А.Р. К вопросу изучения теплопроводности керамических пористо-пустотелых материалов	273
Макаренко С.В., Баишев Д.И.,Хохряков О.В., Хозин В.Г. Влияние зол-уноса и золощлаковых смесей ТЭС ОАО «Иркутскэнерго» на свойства цемента	278
Строганов В.Ф., Амельченко М.О. Исследование влияние кислотной активации каолина на свойства водно-дисперсионных защитных покрытий	284
Халикова Р.А., Старовойтова И.А., Хозин В.Г., Сулейманов А.М. Изучение адгезионного взаимодействия в системе «базальтовое волокно-гибридное связующее»	291
Хасаншин Р.Р., Сафин Р.Р., Кайнов П.А. Исследование эксплуатационных свойств цементно-стружечных плит на основе термически модифицированного древесного сырья	298
Хафизов Э.Р., Фомин А.Ю. Применение модифицированных битумов для дорожного строительства Республики Татарстан	303
ТЕХНОЛОГИЯ И ОРГАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА	
Богданов Р.Р., Ибрагимов Р.А., Изотов В.С. Устройство безрулонной монолитной кровли и определение её характеристик	308
ПРОЕКТИРОВАНИЕ И СТРОИТЕЛЬСТВО ДОРОГ, МЕТРОПОЛИТЕНОВ, АЭРОДРОМОВ, МОСТОВ И ТРАНСПОРТНЫХ ТОННЕЛЕЙ	
Брехман А.И., Мусин В.И. Исследование транспортно-эксплуатационных показателей и определение их закономерностей на обходных автомобильных дорогах вокруг средних и малых городов Республики Татарстан	313
Логинова О.А. Разработка велосипедных маршрутов в районе Старо-Татарской слободы города Казани	320
СТРОИТЕЛЬНАЯ МЕХАНИКА	
Каюмов Р.А., Гатиятуллин А.Э., Шабанов А.М. Расчет долговечности балки при ползучести с учетом упрочнения	326
Лукашенко В.И., Гатиятуллин А.Э. Влияние изменений массовой модели вертикальной изгибаемой системы на динамический отклик при действии гармонических нагрузок	331
Туйсина Е.Б., Каюмов Р.А. Расчет двутавровой балки, находящейся под действием неравномерной циклической нагрузки	335
ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ НАРОДНЫМ ХОЗЯЙСТВОМ (в строительстве)	
Гареев И.Ф., Хабибулина А.Г. Основные тенденции в жилищном строительстве РФ	341
Загидуллина Г.М., Соболев Е.А. Технологические уклады, их роль и значение в развитии инновационной экономики России	348
Иванова Р.М. Прогнозирование инвестиционного спроса на основе экономико-маткматического можделирования	356
Князева И.А., Золотоносов Я.Д. Экономическая эффективность модернизации теплообменного оборудования за счет замены гладкостенных теплообменных элементов на пржинно-витые каналы	361
Низамова И.Р. Экономико-математическое моделирование инновационного развития РФ методом главных компонент	366
СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ, УПРАВЛЕНИЕ И ОБРАБОТКА ИНФОРМАЦИИ (в строительстве)	
Постнов К.В. Применение современных информационных технологий в проектных организациях и их влияние на повышение качества проектных решений	375

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ И КОМПЛЕКСЫ ПРОГРАММ (в строительстве)	
Барышева О.Б., Хабибуллин Ю.Х. Диффузионные потоки при горении природного газа в камерах сгорания энергоустановок	384
Галеев Р.С., Сафиуллин Р.К. Исследования быстропроточных CO_2-лазеров с цилиндрической и конической разрядной трубкой	390
Горская Т.Ю., Галимянов А.Ф. Обобщенный метод Бубнова-Галеркина для уравнений с дробно-интегральным оператором	398
Колодяжный С.А., Переславцева И.И. Математическое моделирование динамики основных опасных факторов в начальной стадии пожара	403
Сафиуллин И.И. Исследование ветровых воздействий на ЖК «Лазурные небеса»	413
ТЕОРИЯ И МЕТОДИКА ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ (в строительном вузе)	
Бикчентаева Р.Р., Халиуллин М.И. Формирование компетенций у студентов университета при подготовке по профилю «Педагог профессионального обучения»	418
Кашина С.Г. Принципы реализации адаптационных ресурсов внутрифирменного обучения рабочих строительных профессий по безопасности труда	425
Падерин В.К., Митрошина О.В. К вопросу о технологиях организации самостоятельной работы студентов	433
Пономарев А.Б., Вахрушев С.И. Опыт прохождения профессионально-общественной аккредитации магистерской программы «Подземное и городское строительство» направления подготовки 270800.68 – Строительство	439
Сафин Р.С., Корчагин Е.А., Сучков В.Н., Кашина С.Г. Внутрифирменное обучение в условиях взаимодействия вуза с производством как фактор развития профессиональных компетенций студентов (на примере строительной отрасли экономики)	448
Шарафутдинова А.В., Осипова В.Ю. Применение технологий проектных методов и деловых игр при подготовке студентов по направлению «Техносферная безопасность»	458
ПОДЪЕМНО-ТРАНСПОРТНЫЕ, СТРОИТЕЛЬНЫЕ, ДОРОЖНЫЕ МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ	
Габдуллин Т.Р., Земдиханов М.М. Разработка демаркировщика с гидродинамическим рабочим органом кавитационного типа	464
Густов Ю.И., Орехов А.А. Исследование конструкционно-технологических и эксплуатационных показателей строительной техники	470
Доценко А.И., Зотов В.А., Озеров В.В. Динамические параметры конструкции современных мусоровозов	476
Земдиханов М.М., Габдуллин Т.Р. Обоснование схемы и параметров центробежного разбрасывателя песка и реагентов	484
Мухаметшина Р.М. Влияние климатических факторов на свойства материалов и надежность дорожно-строительных машин	490
Сахапов Р.Л., Махмутов М.М. Влияние исследуемых факторов на производительность дорожной фрезы	497
Правила представления материалов для публикации в научном журнале «Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета»	503

CONTENTS

ARCHITECTURE THEORY AND HISTORY, HISTORICAL AND ARCHITECTURAL HERITAGE RESTORATION AND RECONSTRUCTION	
Agisheva S.T., Mubarakshina F.D., Bertocci S., Parrinello S., De Lotto R. Reconstruction and renewal issues in historic urban landscape under consideration at the international workshop «REDRAWING the LANDSCAPE» (Italy, Gatteo a Mare, 2014, may)	9
Agisheva S.T., Stepanchuk A.V. Cultural heritage management system in a context of rapid urban transformations	19
Nadyrova Kh.G. Urban-planning development of medieval Kazan in a context of the theory of cities complexity	29
Nazarova I.V. Cheboksary hail (Veda Suar) of XVI-XVII centuries	38
Nasybullina R.A. Light in the Soviet avant-garde architecture	44
Popov A.O., Biryuleva D.K., Matveev I.Y. The architectural appearance of the central tower of the Admiralty, Saint-Petersburg	52
HOUSES ARCHITECTURE. THE CREATIVE CONCEPT OF ARCHITECTURAL ACTIVITIES	
Akhmetzyanov R.I., Danchenko L.V., Rybalkina R.I. Geometric and structural features of hyperboloid structures	59
Burova T.Y., Egorov D.A. Formation design-concept within a course art design of an interior	65
Gimadieva L.I., Kuleeva L.M. Development of organic architecture in the XXI century on the example of Bart Prince	71
Nikolaenko V.A., Petruk J.O. Features reconstruction system of sports facilities	77
Ryabov N.F. Architectural aspect of «Silver factory» of A. Warhol	83
Khabibulina A.G. Analysis of function of an energy estimation of the project in the program of architectural design ArchiCAD	93
URBAN DEVELOPMENT, RURAL SETTLEMENTS PLANNING	
Arsenteva Y.P. Legal features of residential environment's urban development in the coastal areas of settlements	99
Ismagilova S.H., Zalyotova E.A., Golovkina L.O. Contemporary aspects of spatial redevelopment of the street	109
Kadyrov T.E. Public spaces: phenomena, tendencies and processes	115
Shulyk V.V., Borodich M.M., Vasilev P.O. About the basics of modeling the system of recreation on the level of administrative area	121
BUILDING STRUCTURES, HOUSES	
Agafonkin V.S., Dymolazov M.A., Isaeva L.A. Analysis of constructive solution of steely framework of the building of terminal 1A, «International airport Kazan»	128
Zamaliev F.S., Bikkinin E.G. Experimental studies of T-section steel-concrete beams	134
Ivantsov A.I., Kupriyanov V.N. Predicting the lifetime of the exterior walls of residential buildings by the criterion of the thermal protection	139
Isaev A.V., Gimranov L.R., Vahtel R.R., Harisov I.S. Three-pin frame with reinforcing steel member	148
Ishanova V.I., Udler E.M. The use of electronic photography and computer graphics in AutoCAD in strain measurement of awning materials	153
Sokolov B.S., Pavlov V.V., Khorkov E.V. Experimental research of strengthening brick arches functioning according to vertical slip of pillar	158
Sokolov B.S., Radaikin O.V. Calculation of the bending deflections of reinforced concrete elements with regard to joint action of bending moments and shear forces using a non-linear deformation model	165
Fardiev R.F., Ashrapov A.H., Mustafin A.I. Research on load-carrying capacity of hollow-core slabs under reduced support on joists	172
Khalikova F.R., Kupriyanov V.N., Sedov A.N. Automated software package for calculating insolation premises	178
Khusainov D.M., Dymolasov M.A., Penkovcev S.A. Calculation of bearing structural elements of advertising designs using the methods of reliability theory	183
FOUNDATIONS, UNDERGROUND STRUCTURES	
Kleveko V.I. Experimental studies of the stress-strain state of reinforced bases in clay soils	188
Mirsayapov I.T., Ibragimov K.V. Experimental studies of models of plate-pile foundations under cyclic loading regime	198
Mirsayapov I.T., Koroleva I.V. Evaluation of the strength and deformability of clay soils under loading regime, taking into account the degradation of the soil structure	205
Nurieva D.M. Numerical study models piles and pile foundations under seismic loads of type	214
Ofrikhter V.G., Ofrikhter I.V. Estimation of the mechanical creep of fibrosand by the results of compression testing	222
Safin D.R. Experimental studies of VAT weak water-saturated clay soils, reinforced with vertical elements	230
Khasanov R.R. Experimental studies of deformation and physical-mechanical features of water-saturated clay soils under cyclic loading in bulk tray	237

HEATING, VENTILATION, AIR CONDITIONING, GAS SUPPLY AND LIGHTING	
Valiullin M.A., Zamaleev Z.Kh. The study of hydraulic characteristics of nodes of heating devices for residential heating systems made of PEX-pipes	244
BUILDING MATERIALS AND PRODUCTS	
Avksentev V.I., Morozov N.M., Khozin V.G. Sludge of chemical water treatment – effective filler in self-compacting sand concrete	249
Vdovin E.A., Stroganov V.F., Mavliev L.F., Bulanov P.E. The study of the influence of organosilicon compounds on the performance of standard seals and physic-mechanical properties of soil-cement	255
Gilfanov R.M., Vdovin E.A., Mavliev L.F. Optimization of composition of soil-cement with complex additive based on organosilicon compounds	262
Kayumov R.A., Strakhov D.E. Model behavior of polymer shape memory	268
Mavliuberdinov A.R. On the question of studying the thermal conductivity of ceramic hollow-porous materials	273
Makarenko S.V., Baishev D.I., Khohryakov O.V., Khozin V.G. Fly ashes and ash-slag mixes influence of «Irkutskenergo» Open Joint Stock Company's thermal power plants on cement properties	278
Stroganov V.F., Amelchenko M.O. Study the effect of acid activated kaolin on the properties of waterborne coatings	284
Khalikova R.A., Starovoitova I.A., Khozin V.G., Sulejmanov A.M. Studying of adhesive interaction in system «basalt fiber – hybrid binder»	291
Khasanshin R.R., Safin R.R., Kainov P.A. Study of operational properties of cement-shaving boards based on thermally modified wood materials	298
Khafizov E.R., Fomin A.U. Application of modified bitumen for road construction Republic of Tatarstan	303
CONSTRUCTION TECHNOLOGY AND ORGANIZATION	
Bogdanov R.R., Ibragimov R.A., Izotov V.S. Construction of non-roll roofing and the definition of its characteristics	308
ROADS, SUBWAYS, AIRPORTS, BRIDGES AND TUNNELS DESIGN AND CONSTRUCTION	
Brehman A.I., Musin V.I. The study of transport-operational characteristics and determination of their laws on bypass roads around the middle and small cities of the Republic of Tatarstan	313
Loginova O.A. The development of bicycle routes in the area of Old-Tatar settlement of the city of Kazan	320
CONSTRUCTION MECHANICS	
Kayumov R.A., Gatiyatullin A.E., Shabanov A.M. Durability prediction for the beam in the time of plastic flow due to strengthening	326
Lukashenko V.I., Gatiyatullin A.E., Shabanov A.M. The impact of changes of the mass model of the flexible horizontal system on the dynamic response during the action of the harmonic load	331
Tuysina E.B., Kaymov R.A. Calculation of the I-beam under the action of irregular cyclic loading	335
ECONOMY MANAGEMENT AND ECONOMICS (in building)	
Gareev I.F., Habibulina A.G. The main trends in Russian Federation housing	341
Zagidullina G.M., Sobolev E.A. Technological structures, their importance and role in the development of innovative economy in Russia	348
Ivanova R.M. Prediction investment demand based on economic and mathematical modeling	356
Knyazeva I.A., Zolotonosov Ya.D. The economic effect of the modernization of shell and tube heat exchanger based on the smooth-walled heat exchanger elements	361
Nizamova I.R. Modeling innovative development of Russia: an application of principal component analysis	366
SYSTEM ANALYSIS, MANAGEMENT AND INFORMATION PROCESSING (in building)	
Postnov K.V. Introduction of modern information technologies – the way of improvement of quality of design production in construction	375
MATHEMATICAL MODELLING, NUMERICAL METHODS AND COMPLEXES OF PROGRAMS (in building)	
Barysheva O.B., Khabibullin Iu.Kh. Diffusion flows during combustion of natural gas in the combustion power plants	384
Galeev R.S., Safiullin R.K. Studies of fast CO_2 lasers with cylindrical and conical discharge tube	390
Gorskaya T.Yu., Galimyanov A.F. The generalized Bubnov-Galerkina's method for the equations with the fractional and integrated operator	398
Kolodyazhny S.A., Pereslavtseva I.I. Mathematical modeling of the dynamics of the main hazards in the initial stage of fire	403
Safiullin I.I. Numerical modeling of wind effects on high-rise building «Lazurnie nebesa» (Kazan)	413
THEORY AND VOCATIONAL TRAINING TECHNIQUE (in engineering higher educational institution)	
Bikchentaeva R.R., Khaliullin M.I. Formation of competences of university students in the preparation of the profile of «Teacher of professional education»	418

Kashina S.G. Principles of implementation of adaptation resources house training building trades workers work safety	425
Paderin V.K., Mitroshina O.V. To the question about the technology of organization of students' independent work	433
Ponomarev A.B., Vahrushev S.I. The experience of passing professional public accreditation of the master's program «Underground and urban construction» educational direction 270800.68 – Construction	439
Safin R.S., Korchagin E.A., Suchkov V.N., Kashina S.G. Intercompany training in terms of interaction with the production of high school as a factor in the development of professional competencies of students (on the example of the construction industry of the economy)	448
Sharafutdinova A.V., Osipova V.Y. Application of design methods in the preparation of students in «Technosphere Safety»	458
HOISTING, BUILDING, ROAD MACHINES AND EQUIPMENT	
Gabdullin T.R., Zemdikhanov M.M. Development of the machine to remove the markup with hydrodynamic working body of cavitation type	464
Gustov Yu.I., Orekhov A.A. Research construction-technological and operational performance of construction equipment	470
Dotsenko A.I., Zotov V.A., Ozerov V.V. Dynamic parameters of the design of modern garbage trucks	476
Zemdikhanov M.M., Gabdullin T.R. Justification of the scheme and the parameters spinner reagents and sand	484
Mukhametshina R.M. The impact of climatic factors on materials properties and road building machines reliability	490
Sakhapov R.L., Makhmutov M.M. Analysis of factors affecting the reference of cross road-building machine	497
Rules of representation of materials for the publication in scientific journal «Kazan State University of Architecture and Engineering news»	503

УДК 711.168
Агишева С.Т. – ассистент, аспирант
E-mail: agisheva@mail.ru
Мубаракшина Ф.Д. – кандидат архитектуры, доцент
E-mail: faina.arch@rambler.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1
Берточчи С. – доктор архитектуры, профессор
E-mail: stefano.bertocci@unifi.it
Университет Флоренции
Адрес организации: 50122, Италия, г. Флоренция, пл. Л. Гиберти, д. 27
Де Лотто Р. – доктор архитектуры, доцент
E-mail: roberto.delotto@unipv.it
Парринелло С. – доктор архитектуры
E-mail: sandro.parrinello@unipv.it
Университет Павии
Адрес организации: 27100, Италия, г. Павия, ул. Феррата, д. 1

Опыт реконструкции и обновления исторических городских ландшафтов международного российско-итальянского проектного семинара «REDRAWING the LANDSCAPE» (Италия, Гаттео а Маре, май 2014 года)

Аннотация

Реконструкция и обновление исторических городских ландшафтов являются важными аспектами планирования и формирования новой качественной и целостной городской среды в условиях устойчивого развития городских территорий с одновременным сохранением исторического и культурного контекста.

В статье представлены результаты Международного проектного семинара «REDRAWING the LANDSCAPE», проходившего в Италии в мае 2014 года, в задачу которого входила разработка предложений по реконструкции прибрежных территорий с созданием новых общественных пространств. Особое внимание уделено специфике устойчивого развития городских территорий, включающих в себя принципы сохранения и обновления, которые являются необходимыми составляющими планирования системы развития городских структур.

Ключевые слова: реконструкция, обновление, сохранение, устойчивое развитие, исторические городские ландшафты.

В последние годы в ведущих странах Европы сохранение и активизация историко-культурного наследия (heritage leg regeneration) и исторических городских ландшафтов рассматривают как движущую силы развития городов. Основная задача, которую решают сегодня современные исследователи и архитекторы – это поиск способов бережного преобразования городской среды (трансформация, регенерация или функциональное перепрофилирование), а также интеграции новой архитектуры с исторически сложившейся средой как естественного обновления территорий города с одновременным сохранением исторического и культурного контекста.

Вопросы организации, управления и совершенствования исторических городских ландшафтов решаются на уровне международных сессий и совещаний ЮНЕСКО, ИКОМОС и др., а также местными экспертами, группами архитекторов, реставраторов и градостроителей в рамках семинаров, исследовательских и проектных работ.

Проектный семинар международного уровня «REDRAWING the LANDSCAPE» (5-10 мая 2014 года в г. Гаттео а Маре, Италия) является интересным результатом очередного российско-итальянского сотрудничества, посвященного комплексному подходу по сохранению и обновлению исторических городских ландшафтов в рамках устойчивого развития. В семинаре приняли участие студенты, тьюторы и профессоры

университетов из Италии – Флоренции, Павии, Болоньи, а также университетов России – Казанского ГАСУ, Самарского ГАСУ, МАрхИ и Пермского НИПУ [1, 2].

Гаттео а Маре (Gatteo a Mare) расположен на северо-востоке Италии в регионе Эмилия-Романья на небольшой реке Рубикон (fiume Rubicone), впадающей в Адриатическое море. Река служила северной границей между римской провинцией Цизальпийская Галлия и Италией до 42 г. до н.э., а стала широко известной после того, как в 49 г. до н.э. Гай Юлий Цезарь со своими легионами вопреки запрету римского сената перешел Рубикон со словами «Alea iacta est!» (*с латинского* «жребий брошен»), что послужило началу длительной гражданской войне, которая привела его к власти в должности диктатора. После этого река стала ассоциироваться с фразеологическим выражением «перейти Рубикон», означающим «рискнуть всем ради великой цели», дабы подчеркнуть необратимость происходящего или обозначить «точку невозврата», то есть совершенное действие, после которого уже невозможно отказаться от замысла, или вернуться назад. За стремительным расширением римских владений и присоединением части современного севера Италии, река Рубикон перестала считаться северной границей итальянской республики, само слово «Рубикон» незаметно исчезло с топографических карт. На протяжении XIV-XV вв. здесь строились плотины, рылись каналы и водоотводы. Рубикон, как и другие реки, постепенно превратилась в прямую маловодную протоку, какой является и сегодня.

Несмотря на значительные изменения ландшафта и русел рек, заключительным доводом, подтверждающим теорию 1933 года о том, что Рубикон по-прежнему существует и сохранил свое месторасположение, стало доказательство троих итальянских ученых – Пиньотти, Равальи и Донати (Pignotti R., Ravagli P., Donati G.) – в 1991 году, что расстояние от Рима до Рубикона составляло около 320 километров [3].

Гаттео а Маре, основанный в Средневековье как маленький порт, сегодня представляет собой один из популярных курортов Адриатического побережья Италии. Организацией, ответственной за управление городом, в том числе коммунальной собственностью в г. Гаттео а Маре, является Муниципалитет Гаттео (Municipio di Gatteo). Главной задачей муниципалитета, наряду со строительством и реконструкцией, является комплексная и многосторонняя деятельность по формированию комфортной городской среды, включая вопросы по законодательному регулированию и социально-экономическому планированию.

Как известно, особое место в общем комплексе задач по развитию городских исторических ландшафтов занимают вопросы по сохранению и обновлению исторически сложившейся среды. Это, как правило, связано с тем, что по традиции на ее территории сосредоточены основные значимые административные объекты и сконцентрирована общественно-политическая и социально-культурная жизнь города. Вопросы сохранения и развития городских территорий должны решаться комплексно, выражаясь через сохранение сложившейся городской среды и формирование ее комфортного и жизнеспособного окружения, а также ее бережного поддержания и периодического обновления [4, 5]. Этот единый процесс в контексте устойчивого развития городских территорий включает в себя реставрацию, реконструкцию, благоустройство, а также новое строительство, которые являются необходимыми составляющими планирования системы развития городских структур. Эта проблема решается не только на уровне общих принципов историко-культурной преемственности развития городских структур, но и на уровне реконструкции отдельных фрагментов и узлов этой структуры, таких как кварталы, улицы, площади или набережные.

Зарубежный и отечественный опыт последних тридцати десятилетий в области реконструкции исторических городов показывает, что появление новой архитектуры на исторических территориях часто рассматривается как нарушение исторической среды в связи с отрицательными примерами многочисленных реконструкций, имеющих тотальный характер. Системный мониторинг со стороны ЮНЕСКО показал, что большая часть наиболее значимых исторических городов Европы, Азии, Латинской Америки и исламского мира утратили свой традиционный облик, а также типологию и морфологию городской среды, что ведет к угрозе нарушения целостности и потере исторической, социальной и художественной ценности городов. Поэтому в последнее время растет

понимание необходимости формирования единой политики управления городом, которая должна решить противоречия между сохранением исторического наследия и управления процессами городского развития и его обновления. В этом случае термин «сохранение городской среды» следует трактовать как «сохранение и управление исторической городской средой», учитывая новое отношение к вопросу ее состояния.

Однако не стоит рассматривать любые реконструктивные вмешательства негативно. Принимая во внимание подход, ориентированный на исторический городской ландшафт, в котором говорится, что основная задача обновления исторической городской среды с включением в нее новой архитектуры состоит в том, чтобы своевременно реагировать на динамику развития города в целях содействия его качественным социально-экономическим изменениям и сохранению целостности объемно-пространственных характеристик. Поэтому качественный подход к управлению историческими городскими ландшафтами подразумевает не только постоянное сохранение, но и улучшение пространственных, функциональных и эстетических ценностей, отражающих специфические исторические, общественные и экономические аспекты и являющихся ключевыми элементами возрождения пространственных городских структур [6]. Все изменения в контексте реконструируемой территории через включения новых архитектурных структур и объемов, качественно интегрированных с исторически сложившейся средой, могут быть также рассмотрены как значимые явления для развития города наравне с историческими постройками и пространствами.

Таким образом, реконструкцию не следует понимать только как вид градостроительной деятельности, подразумевающей радикальную перестройку исторических территорий или изменение параметров объектов капитального строительства, которые ведут к формированию окружения совершенно по новым принципам, не свойственным контексту исторически сложившейся среды города. Реконструкция, независимо от ее содержания, является основной частью планирования, особенно сейчас в нашу эпоху реконструкции («reconstruction-era»), глобализации и урбанизации в условиях масштабных и быстрых изменений. Поэтому реконструкция в этом случае является процессом изменения ранее сформировавшихся, но устаревших или разрушенных, объектов или территорий, по каким-либо причинам, не используемым или деградированным с целью придания им новых свойств в будущем.

Вследствие вышесказанного, термин «реконструкция» все чаще предполагает употребление в контексте сохранения значительных частей старых элементов при существенном изменении или преобразовании целого. Так, основным объектом реконструктивного вмешательства, которым по условию рассматриваемого проектного семинара являются прибрежная территория устья реки Рубикон в месте своего впадения в Адриатическое море, становится участок городской среды, который необходимо рассматривать как целостную часть непрерывной городской ткани.

Согласно типологии, по степени вмешательства эти мероприятия подразделены на следующие основные типы:

- ***комплексная реконструкция***, которая включает в себя: совершенствование и, в случае необходимости, изменение функционального использования территории; совершенствование ее инженерного оборудования; улучшение транспортно-пешеходной системы, а также систем рекреации, озеленения и обводнения; переоборудование, ремонт или реставрация объектов капитального строительства; расчистка и благоустройство территории; новое строительство;

- ***локальная реконструкция (модернизация)*** используется случаях, когда не требуются радикальные меры по преобразованию территории ввиду хорошего состояния участка или из-за нехватки денежных средств для выполнения комплексной реконструкции (в первом случае реконструкция осуществляется методами ремонта, переоборудования или перепрофилирования, с незначительным объемом нового строительства или отказом от него; во втором случае локальную реконструкцию следует проводить с учетом возможности осуществления будущей более широкой и комплексной реконструкции участка) [7, 8].

В данном случае необходимо понимать, что территория набережной в устье реки Рубикон в Гаттео а Маре является значимой не только для города, но и для его окрестностей в силу исторической ценности памятного места, а также имеет большой потенциал для развития и современного использования. Несмотря на все перечисленные качества, этот участок является недостаточно целостным по своим характеристикам пространственной среды и функциональному насыщению. Поэтому данная территория требует создания комплексной программы по сохранению, а также обновлению и благоустройству посредством комплексной или локальной реконструкции.

Проектная территория: набережная в устье реки Рубикон, расположенная на юго-восточной границе г. Гаттео а Маре в пределах от ул. Т. Браччи (via T. Bracci) с парком Дон Гуанелла (Giardini Don Guanella), граничащих с общественными платными пляжами вплоть до пешеходного моста через реку. Таким образом, проектная территория состоит из исторических урбанизированных и природных ландшафтов.

Цель работы проектного семинара состояла в том, чтобы по заданию Муниципалитета города Гаттео а Маре разработать концепцию реорганизации прибрежных территорий города для улучшения их качества, а именно выполнить реконструкцию ландшафтов реки Рубикон, чтобы повысить привлекательность данных территорий для горожан и туристов.

Задачи проектного семинара:

- предложить концепцию обновления территорий с учетом современных социально-экономических условий и требований по ограничению воздействия на исторические городские, приморские и речные ландшафты (с учетом своеобразия природно-климатических условий и сезонности использования прибрежных территорий);
- дать описание разработанной программы обновления проектной территории, т.е. общей направленности и принципиальных положений, а также ограничений реконструктивного вмешательства;
- разработать варианты реконструкции набережной в устье реки Рубикон с организацией новых общественных пространств, гидротехнических сооружений – волнорезов, молов, пристаней, пирсов, а также лодочной станции на зимний период времени.

Организаторами международного проектного семинара выступили профессор Университета Флоренции Стефано Берточчи; декан Инженерно-архитектурного факультета КГАСУ Фаина Мубаракшина; профессор Университета Павии Сандро Парринелло.

В работе научного комитета приняли участие профессор Университета Павии Роберто Де Лотто; доцент КГАСУ Ляйля Сайфуллина; профессора Университета Болоньи Филиппо Фантини и Лука Чиприани.

Руководители проектных групп: творческая молодежь из Италии и России – аспиранты Суфия Агишева, Юлия Каргина, Андреа Пагано, Анна Шамарина.

Работа проектных групп.

Группа № 1. Девиз проекта – «Концепция реновации территории реки Рубикон».

В составе группы:

Алина Шарафутдинова и Анна Лебедева, студентки КГАСУ (г. Казань, Россия, РТ);
Юрий Дубровский, магистрант МАрхИ (г. Москва, Россия);
Александра Климкина и Александра Родионова, студентки СГАСУ (г. Самара, Россия).

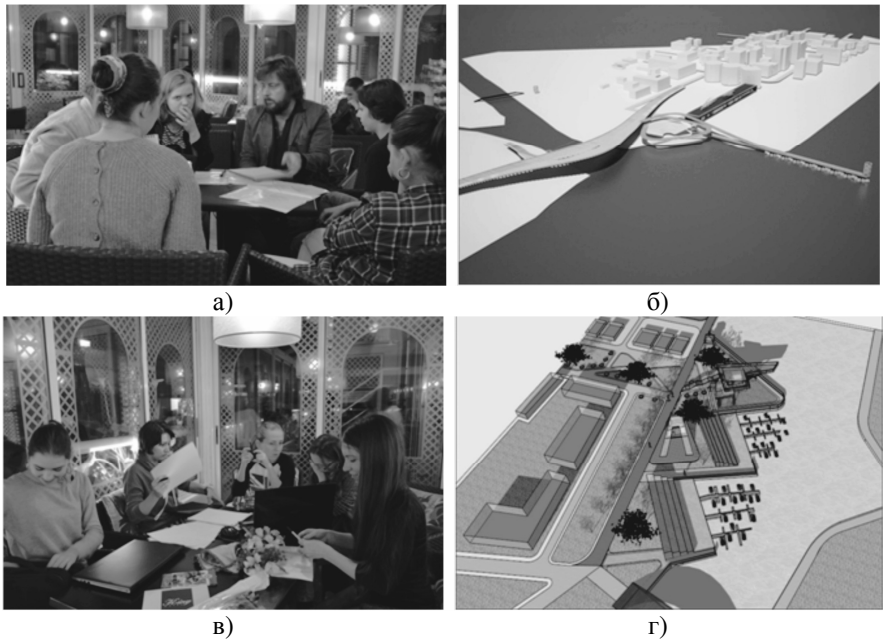
В основу концепции проекта положена идея композиционной непрерывности и функциональной целостности разрабатываемого участка, который должен связать центральные территории города Гаттео с набережной реки Рубикон, а также с соседними населенными пунктами. Река Рубикон, являясь одновременно естественной (природной) и административной границей между городами Гаттео а Маре и Савиньяно Маре, оказала активное влияние на разрушение визуально-композиционных связей между обоими берегами. Поэтому проектная группа в своем варианте предлагает запроектировать многофункциональный мост в современных конструкциях, соединяющий набережные двух городов. Мост смог бы подчеркнуть историческую значимость реки Рубикон и превратить Гаттео в один из наиболее динамично развивающихся курортных городов Адриатики.

Группа № 2. Девиз проекта – «Треугольник. Архитектурный волнорез».
В составе группы:

Резеда Мингазова, Регина Камалеева и Алина Гарифуллина, студентки КГАСУ (г. Казань, Россия, РТ);

Анна Разгулова, студентка МАрхИ (г. Москва, Россия);

Людмила Самойлова, студентка СГАСУ (г. Самара, Россия).



а) б) в) г)

Рис. 1. Работа проектных групп:
а, б – участники группы № 1 в процессе проектирования и предлагаемый ими мост;
в, г – участники группы № 2 в процессе проектирования и их проектное предложение

В составе проектной работы эта группа участников с целью выявления достоинств и недостатков проектной территории выполнила функциональный, социологический, композиционный и визуальный анализы территории. Эта работа легла в основу предложения по реконструкции набережной реки Рубикон. В центре предложения – концепция ревитализации набережной, предполагающая внесение новой жизни функциональному, экономическому и социальному развитию территории посредством нового прочтения и интерпретации истории места. Авторы предложили запроектировать на набережной систему лодочных пристаней и спуски в виде амфитеатров, повторяющие направление движения волн с моря. Кроме этого, ими запланировано устройство многофункциональных павильонов, предусмотрена организация смотровых площадок, призванных работать в течение всего года и привлекать и местных жителей, и туристов.

Группа № 3. Девиз проекта – «Улучшение побережья. Атмосфера / Идентичность / Жизнь».
Состав участников:

Людмила Андреева и Юлия Анисимова, студентки КГАСУ (г. Казань, Россия, РТ);

Игорь Алонов, аспирант МАрхИ (г. Москва, Россия);

Полина Сурина, студентка СГАСУ (г. Самара, Россия);

Ксения Мезенина, магистрант ПНИПУ (г. Пермь, Россия).

В этом случае концепция проекта заключается в сохранении наиболее весомых аспектов организации и элементов ландшафта, выявленных как следствие многоступенчатого анализа, направленного на сохранение ощущения особой специфической атмосферы набережной реки Рубикон. Одним из ключевых моментов данного проектного предложения стало решение перенести лодочные пристани с реки и построить лодочную гавань на море вдоль существующей береговой насыпи. Основная

цель предложения – формирование нового морского фасада Гаттео. Высвободившуюся от пирсов водную гладь реки Рубикон и большую часть территории на берегу реки от лодочной парковки на зимний период авторы предлагают использовать в качестве обустроенной рекреационной зоны с устройством парка отдыха с культурно-развлекательными объектами.

а) б)

Рис. 2. Работа группы № 3:
а – участники группы в процессе проектирования; б – проектное предложение (генплан)

Группа № 4. Девиз проекта – «Трансформация реки Рубикон».
Состав группы:
Анастасия Кузнецова, магистрант ПНИПУ (г. Пермь, Россия);
Оксана Чмыхун и Оксана Ткаченко, студентки КГАСУ (г. Казань, Россия, РТ);
Александра Волкова, студентка СГАСУ (г. Самара, Россия).

Основное проектное предложение этой группы заключается в создании зоны рекреации, наиболее полно удовлетворяющей и местных жителей, и туристов. Предложение предусматривает разработку многофункционального пространства, включающего в себя культурно-развлекательный центр с выставочными зонами, панорамные площадки для обозрения окрестностей, на берегу предлагается выполнить полную реконструкцию лодочной станции. Предлагается разделить территорию в соответствии с основной идеей на три зоны, а в качестве основного элемента градостроительной ситуации предполагают запроектировать развлекательный центр, расположенный на мысе территории и решенный в обтекаемых формах.

Группа № 5. Девиз проекта – «Волны».
Состав группы:
Мария Клаудиа Де Санти, студентка Университет Флоренции (г. Флоренция, Италия);
Илья Игнатьев, студент СГАСУ (г. Самара, Россия);
Виктория Саляхова, студентка КГАСУ (г. Казань, Россия, РТ);
Мария Захарова, магистрант ПНИПУ (г. Пермь, Россия).

Проектное предложение: основой концепции перспективного развития набережной реки Рубикон стала романтичная история-рассказ участников группы. Они рассказывают: «Мы, гуляя среди деревьев и пения птиц по улицам Гаттео, шли в сторону моря… И вот мы пришли на набережную, нам нужно было увидеть и послушать шум волн и прибоя… Волны реки и волны моря, достигая земли высыхали и тут же превращали землю в волны… Так родилась идея перенести формы воды на землю!». На территории набережной моря и реки участники запроектировали систему бульваров, переходов, мостов и смотровых площадок, под ними запланированы многофункциональные пространства, которые можно использовать для организации выставок, развлекательных и торговых павильонов. Конструкции мостов, которые имитируют волны, набегающие на берег, по плану авторов представляют собой развитую ландшафтную систему, притягивающую местных жителей и туристов в течение всего года.

а) б)

в) г)

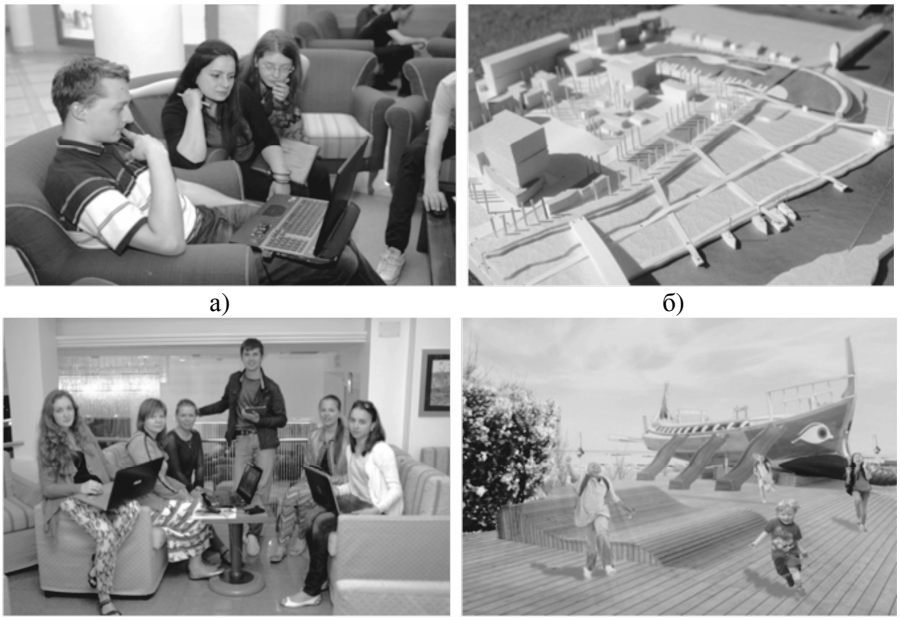
Рис. 3. Работа проектных групп:
а, б – участники группы № 4 в процессе проектирования и общий вид запроектированной территории;
в, г – участники группы № 5 в процессе проектирования и их проектное предложение (фрагмент макета)

Группа № 6. Девиз проекта – «Уровни жизни».
Состав группы:
Гульнара Сафина и Артем Цокур, студенты 3 курса КГАСУ (г. Казань, Россия, РТ);
Мария Луиза Филиппоне, студентка Университета Флоренции (г. Флоренция, Италия);
Александр Казуров, аспирант МАрхИ (г. Москва, Россия).

Авторы предлагают полностью перекроить ландшафт, чтобы запроектировать разноуровневые смотровые площадки, связанные между собой, парк, набережную с лодочной станцией, создать систему пешеходных тропинок и велодорожек, а также новые объекты – развлекательные сооружения и пристани. Во вновь сформированном холме авторы планируют устроить подземное интерактивное кафе, что дает возможность высвободить место на набережной от лишних зданий и использовать для развития открытых озелененных зон параллельно набережной. Кафе защищает посетителей от палящего солнца. В этой прохладе во встроенные перископы каждый желающий может насладиться видами моря и набережной, при этом находясь под землей.

Группа № 7. Девиз проекта – «Гаттео на море».
Состав группы:
Аделина Шарапова и Дмитрий Умылин, студенты КГАСУ (г. Казань, Россия, РТ);
Евгения Некрасова, магистрант ПНИПУ (г. Пермь, Россия);
Диана Алексеева, студентка МАрхИ (г. Москва, Россия);
Анна Светловская, студентка СГАСУ (г. Самара, Россия).

Авторы этого проекта предлагают использовать прибрежные территории под спорт и развлечения для горожан и туристов разных возрастов. Для подростков и взрослых запроектированы спортплощадки и круглогодичный каток с возможность трансформации в выставочный павильон или кафе. Детям предусмотрена тематическая (историческая) развлекательная площадка с установкой галеры Цезаря и бассейном. Зимнюю наземную парковку лодок с набережной предлагается убрать на пристани вдоль реки.



а) б)

в) г)

Рис. 4. Работа проектных групп:
а, б – участники группы № 6 в процессе проектирования и предлагаемый ими макет;
в, г – участники группы № 7 в процессе проектирования и их проектное предложение

Результаты проектного семинара. Презентации представленных концепций показали: предложения разработаны авторами с пониманием, что обновление и благоустройство исторической городской среды должны осуществляться комплексно, с учетом требований к постоянному поддержанию исторической среды в хорошем состоянии. Принятые решения успешно иллюстрируют открывающиеся возможности и потенциал территории при реконструкции прибрежной зоны реки Рубикон, отвечающие общим целям развития города Гаттео а Маре с учетом территориальных, социально-экономических и культурных ресурсов. Все студенческие проектные предложения разработаны с учетом контекста окружения и сохранения истории памятного места. Авторы смогли генерировать целостные образы территории реконструкции посредством совершенствования и активизации общественных пространств при всем многообразии функциональных зон для жизни, работы, развлечений и отдыха горожан и туристов.

Оценка эффективности проектных решений не сведена только к сопоставлению материального эффекта строительства и покрывающих его затрат, а определена помимо этого также общим социальным эффектом и влиянием предлагаемых изменений на общественную жизнь населения территории, подлежащей обновлению и реконструкции.

Список библиографических ссылок

1. Степанчук А.В. Участие студентов специальности «Проектирование зданий» в научно-исследовательской работе. Сборник статей «Методика организации образовательного процесса на специальности 270114 – «Проектирование зданий». // Материалы IV Всероссийской научно-методической конференции. – Казань: КГАСУ, 2008. – С. 57-62.
2. Gulielmi E., Mattioli L., Taddei A. Il recupero architettonico dell’isola di Sviyazhsk. – Florence: Edizioni Polistampa, 2007. – 48 p.
3. Rubicon // WIKIPEDIA.ORG: the free encyclopedia. URL: http://en.wikipedia.org/wiki/Rubicon (дата обращения: 20.08.2014).
4. Иконников А.В., Михайловский Е.В., Лавров В.А. и др. Историко-архитектурное наследие и современный город (обзор). – М.: ЦНТИ по гражданскому строительству и архитектуре, 1973. – С. 16-24.

5. Recommendation on the Historic Urban Landscape // 36th session, Paris, 2011. Records of the General Conference. Resolutions. – Paris: UNESCO, 2012, vol. 1. – 52 p.
6. Vienna Memorandum on the World Heritage and Contemporary Architecture – Managing the Historic Urban Landscape // Proceedings of the International Conference. – Vienna, 2005.
7. Яргина З.Н., Косицкий Я.В., Владимиров В.В., Гутнов А.Э., Микулина Е.М., Сосновский В.А. Основы теории градостроительства. – М.: Стройиздат, 1986. – С. 262-263.
8. Линч К. Совершенная форма в градостроительстве. – М.: «Стройиздат», 1986. – 202 с.

Agisheva S.T. – assistant**,** post-graduate student
E-mail: agisheva@mail.ru
Mubarakshina F.D. – candidate of architecture, associate professor
E-mail: faina.arch@rambler.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya str., 1
Bertocci S. – doctor of architecture, professor
E-mail: stefano.bertocci@unifi.it
University of Florence
The organization address: 50122, Italy, Florence, Square L. Ghiberti, 27
Parrinello S. – doctor of architecture, associate professor
E-mail: sandro.parrinello@unipv.it
De Lotto R. – doctor of architecture
E-mail: roberto.delotto@unipv.it
University of Pavia
The organization address: 27100, Italy, Pavia, Ferrata str., 1

Reconstruction and renewal issues in historic urban landscape under consideration at the international workshop «REDRAWING the LANDSCAPE» (Italy, Gatteo a Mare, 2014, may)

Resume

Reconstruction and renewal issue in Historic Urban Landscape is an international research initiative to explore and facilitate fair to damage Cultural Heritage and historic urban fabric relating to use and asset of the heritage that have both distinctive economic and cultural value.

Redevelopment of heritage in urban situations which on one hand requires careful considerations to keep cultural heritage diversity, but on the other, it can be considered as a potential or a driver of local economic and urban development for policy and program assessment, strategic planning and social inclusion.

Reconstructive actions transform the surrounding historic urban fabric and usually entail a context change. As a result of neglect, lack knowledge and lack understanding the important dimension for cultural heritage management and its sustainable development, lead it to risks and unfortunate effects as urban space fragmentation and segregation. Therefore, proposals on reconstruction within the historic urban landscapes should be determined to operate in complex and based on scientific methods, preliminary investigation, renovation programs with limits of acceptable change planning system, focused on continuity and integrity principles for outstanding achievement concerning heritage and development, diversity as an alternative.

The subject of organization, management and development for historic urban landscape brings together UNESCO and ICOMOS experts, policy makers, and other researchers, professionals worldwide to explore some of the most pressing issues concerning cultural heritage in contemporary times.

The International Workshop «REDRAWING the LANDSCAPE» (May 2014) in Gatteo a Mare (Italy) within the framework of the Italian-Russian joint research and cooperation, was addressed to issue in cultural heritage and development in reaching some consolidated key views of historic urban landscape value and ways of its renovation and renewal.

Keywords: reconstruction, renewal, conservation, sustainable development, historic urban landscape.

Reference list

1. Stepanchuk A.V. The participation of «Building Design» specialty students in science and research. Collection of articles «Methods of educational process on specialty 270114 – «Building Design». // Materials of the IV Scientific and Technical Conference. – Kazan: KSUAE, 2008. – P. 57-62.
2. Gulielmi E., Mattioli L., Taddei A. The architectural restoration of the island of Sviyazhsk. – Florence: Edizioni Polistampa, 2007. – 48 p.
3. Rubicon // WIKIPEDIA.ORG: the free encyclopedia. URL: http://en.wikipedia.org/wiki/Rubicon (reference date: 20.08.2014).
4. Ikonnikov A.V., Mikhaylovskiy E.V., Lavrov V.A. and others. Historical architectural heritage and modern city (review). – M.: ZNTI of the civil engineering and architecture, 1973. – P. 16-24.
5. Recommendation on the Historic Urban Landscape // 36th session, Paris, 2011. Records of the General Conference. Resolutions. – Paris: UNESCO, 2012, vol. 1. – 52 p.
6. Vienna Memorandum on the World Heritage and Contemporary Architecture – Managing the Historic Urban Landscape // Proceedings of the International Conference. – Vienna, 2005.
7. Yargina Z.N., Kosizkiy Y.V., Vladimirov V.V., Gutnov A.E., Mikulina E.M., Sosnovskiy V.A. Fundamentals of Urban Theory. – M.: Stroyizdat, 1986. – P. 262-263.
8. Lynch K. A theory of good city forms. – M.: «Stroyizdat», 1986. – 202 p.

УДК 719:72
Агишева С.Т. – аспирант, ассистент
E-mail: agisheva@mail.ru
Степанчук А.В. – ассистент
E-mail: alena.stepanchuk@bk.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1

Система управления культурным наследием в контексте быстрых изменений городской среды

Аннотация

Статья посвящена изучению проблем сохранения и развития объектов культурного наследия, а также системам управления ими в условиях изменений исторической среды города, сопутствующих процессу быстрой урбанизации.

Рассмотрены и проанализированы современные тенденции, определены подходы к сохранению и развитию объектов культурного наследия в РФ и за рубежом.

В статье также дается обоснование создания и описание Стратегических планов управления объектами культурного наследия (Strategic Heritage Management Plan) как для объектов, обладающих выдающейся мировой ценностью (как правило, объекты ЮНЕСКО), так и для объектов с признаками значимого наследия.

Ключевые слова: культурное наследие, рекомендации ЮНЕСКО, принципы сохранения и развития наследия, трансформация городской среды, стратегический план управления наследием, методология.

Как показывает история, отношение к культурному наследию в разные периоды времени было неоднозначным. На каждом этапе развития культуры требуется осознание таких явлений как «наследие», «город», «городское наследие», а также формирование их моделей, которые становятся существенной характеристикой для каждой культуры.

Так одним из непредвиденных проявлений процесса урбанизации XX века стало повсеместное увеличение внимания к «наследию», вылившееся в большое количество принципов, теорий и положений. Понятие «памятник архитектуры», которое, как известно, является продуктом культуры XIX века, на сегодняшний день стало намного шире и включает в себя понятия «памятник градостроительства», «историческая городская среда» и др. Такое положение может быть объяснено тем фактом, что соотношение между «новым» и «старым» в прошлом было другим как по объему, так и по социальному значению. Теперь «новая» архитектура стала повседневно привычной, тогда как «старой» в этом случае может грозить исчезновение [3, стр. 22-23]. Действительно, под давлением этих факторов все основные концепции по сохранению наследия, которые были созданы с конца XIX в. и на протяжении всего XX в., имели всеобъемлющий характер, включающий преимущественно консервацию и музеефикацию объектов культурного наследия и не предусматривали их развитие в условиях быстро изменяющейся жизни города.

Сегодня многие специалисты отмечают, что концепция охраны и музеефикации постепенно сменяется концепцией «активного сохранения», подразумевающая функциональную реабилитацию культурного наследия. Такое активное современное использование включает в себя интеграцию культурного наследия в виде отдельных сооружений, комплексов, кварталов или районов с развивающейся структурой города. По словам президента ИКОМОС Густаво Араоза, за последнее десятилетие произошла смена парадигмы по отношению к культурному наследию вследствие изменения роли наследия в обществе и растущем его признании, значении и ценности [1, стр. 55-60]. Это подтверждается тем, что в европейских странах интеграция культурного наследия с городской средой, обладающей тенденцией к современному развитию, рассматривается как городской актив или движущая сила развития исторических городов (heritage-leg regeneration), а включение материального и нематериального (intangible heritage) культурного наследия в социо-культурную жизнь общества – как потенциал для развития

различных видов культурного туризма и инновационный творческий сектор экономики (culture-led economy, creative-led economy) [5, 7].

Несмотря на произошедшие изменения, современные подходы по охране объектов культурного наследия в основном по-прежнему направлены на сохранение, охватывающее довольно обширные территории исторически сложившихся городских ландшафтов. Поэтому на территориях исторических центров вводятся строгие режимы, предусматривающие запреты на новое строительство, ограничения на реконструкцию и т.д. Данная правовая система, с одной стороны, обеспечивает охрану культурного наследия, но с другой стороны, препятствует его развитию. Таким образом, возникает противоречие между стремительным ритмом современной жизни и традиционной структурой исторических городских ландшафтов.

Города представляют собой динамичные системы. Ни один «исторический» город мира не сохранил свое «первоначальное» состояние. Он призван менять свою структуру вместе с обществом. Однако исторические городские центры зачастую не приспособлены к современной жизни. А развитие глобальных процессов создало значительное напряжение в сфере сохранения исторической городской среды. С одной стороны, процессы изменений ускоряются из-за социальных преобразований, а с другой стороны претерпевают изменения и сами критерии, и принципы охранной политики [2]. В связи с этим для всех исторических городов актуальна проблема реконструкции сложившейся исторической ткани, которая призвана обеспечить развитие современных процессов и тенденций.

Поэтому взаимоотношения между культурным наследием и устойчивым развитием исторических городских ландшафтов в эпоху урбанизации и глобализации рассматриваются как (1) проблема поддержания наследия, рассматривающая его как часть окружающих ресурсов, которые должны быть защищены и передаваться будущим поколениям, а также гарантировать их развитие или как (2) возможный вклад наследия в экологические, социальные и экономические аспекты устойчивого развития [8, стр. 20].

На сегодняшний день из всего разнообразия концепций и стратегий в отношении сохранения и развития объектов культурного наследия (ОКН) наиболее значимой по-прежнему остается Стратегия сохранения (Strategy for Conservation). Данная стратегия направлена на сохранение, реставрацию, поддержание культурного наследия и мониторинг его состояния.

Принципами Стратегии сохранения (Conservation principles) объектов культурного наследия (ОКН) являются:

а) охранные действия, сосредоточенные на сохранении и обеспечении безопасности культурного наследия, включая состояние его аутентичности и целостности;

б) работа по сохранению ОКН должна базироваться на междисциплинарном и координированном планировании, изучении, анализе воздействия возможных изменений;

в) привлечение к исследованиям, планированию, выполнению и руководству необходимыми работами по сохранению ОКН только опытных и высококвалифицированных специалистов в области теории сохранения, использующих новейшие методики и соответствующую материальную базу;

г) работы по сохранению ОКН не должны быть нацелены на достижение состояния «безупречности», которая существовала или не существовала в прошлом;

д) восстановление или ремонтные работы ОКН должны выполняться в техниках, подобных тем, которые использовались при его строительстве, а также по возможности с использованием исторических или повторно используемых материалов; новые материалы могут использоваться в ремонтных или восстановительных работах только после их полного исследования и тестирования для того, чтобы они не послужили будущей причиной разрушения исторической ткани;

е) исключаются попытки реставрации или реконструкции исторической ткани, если не установлена их целесообразность; однако новые элементы, выполненные в современном виде, могут быть введены в случае, если имеют место существенные утраты исторической ткани, или пространство необходимо адаптировать для обеспечения его интерпретации и последующей презентации.

Необходимо отметить, что просто сохранение культурного наследия без должного руководства его дальнейшей эксплуатацией не может быть конечной целью. Как известно, все существующие охранные документы и регламенты государств-участников Конвенции ЮНЕСКО основываются на ее положениях, в которых говорится о необходимости проводить политику, направленную на придание культурному наследию определенных функций в общественной жизни и включение этого наследия в программы общего городского планирования. Поэтому помимо программ сохранения и интеграции культурного наследия с современной жизнью города, немаловажной частью системы городского планирования является также создание Стратегических планов управления объектами культурного наследия (Strategic Heritage Management Plan). В этих планах должны четко прописываться мероприятия по сохранению и развитию как ОКН с выдающейся мировой ценностью (Outstanding Universal Value (OUV)), т.е. объектов из Списка объектов Всемирного наследия ЮНЕСКО (UNESCO World Heritage List) или объектов из Предварительного Списка ЮНЕСКО (UNESCO Tentative List), номинированных на внесение в основной список, так и объекты культурного наследия федерального, регионального или местного значения, которые обладают признаками значимого наследия (Heritage Significance).

Согласно документам Совета по культурным трудовым ресурсам (Cultural Human Resources Council (CHRC), 2005), управление наследием может быть определено как «искусство» планирования, организации, руководства, надзора и мониторинга в области наследия [13]. Эта деятельность включает управление, сохранение и администрирование.

Система управления основывается на (1) установлении ценности / значимости ОКН, его (2) сохранении, (3) защите, (4) презентации, но основной целью системы управления ОКН всех значений является (5) обеспечение эффективного сохранения для современного и будущего поколений.

В системе всемирного наследия (World Heritage system) перечисленные выше условия проявляются через Определение выдающейся мировой ценности (Statement of Outstanding Universal Value) для объектов Всемирного культурного наследия ЮНЕСКО или Определение значимости наследия (Statement of Heritage Significance) для всех остальных ОКН различных значений [6, стр. 15].

Эффективная Система управления культурным наследием (Cultural Heritage Management System), зависящая от типа, характеристик ОКН, а также от потребностей, культурного и природного контекста [4, стр. 10-11], имеет возможность претерпевать изменения согласно культурным перспективам развития, доступным ресурсам и другим системообразующим факторам. Она может объединять в себе традиционные практики, существующие местные городские или региональные инструменты планирования, а также другие механизмы контроля управлением как официальные, так и неформальные.

Несмотря на все многообразие методов и практик, существует ряд структурных основ, являющиеся общими для любой эффективной системы управления:

- общее понимание ценности ОКН всеми заинтересованными сторонами;
- цикл планирования, выполнения, мониторинга, оценки и обратной связи;
- вовлечение партнеров и всех заинтересованных сторон;
- распределение необходимых ресурсов;
- объемы строительства;
- обязательное четкое и понятное описание механизма функционирования системы управления [8, стр. 23].

Ключевыми элементами системы управления являются:

- организационные структуры;
- правовые структуры;
- ресурсы.

Ключевыми процессами системы управления, которые заключены в цикл, являются:

- планирование;
- выполнение;
- мониторинг.

А ключевыми результатами системы управления являются:

- выводы;
- улучшение / совершенствование;
- результат / последствие [8, стр. 53-55].

Все вышеперечисленные элементы и процессы для успешной системы управления ОКН должны находить отражение в Планах управления (Management Plan), состоящих из:

- долгосрочного стратегическое видения (Long-term strategic vision);
- стратегий к выполнению (Strategy of implementation);
- плана мероприятий (Action plan).

Методология создания Планов Управления (Management Plan) должна содержать ряд критериев оценки приемлемости получаемых результатов [4, стр. 8-9] и состоять из выполнения следующих задач:

1) Понимание места (Understanding the Site) (6, стр. 15-17; 8, стр. 23-24):

1.1. Определение Выдающейся мировой ценности (Statement of Outstanding Universal Value) в случае с объектами ЮНЕСКО или Определение значимости наследия (Statement of Heritage Significance) для всех остальных ОКН федерального, регионального и местного значений;

1.2. Определение (а) предметов охраны (атрибутов), т.е. компонентов и отличительных признаков ОКН с Выдающейся мировой ценностью или Значимостью наследия, а также из их (б) информационных источников целостности и аутентичности;

1.3. Нанесение на картографические или иные материалы атрибутов / предметов охраны ОКН с Выдающейся мировой ценностью или Значимостью наследия.

2) Анализ состояния территории ОКН (Review of the Cultural Heritage Site):

2.1. Исследование состояния границ территории ОКН и его буферной зоны с целью сохранения всех имеющихся предметов охраны (атрибутов);

2.2. Проверка работы организаций, отвечающих за контроль и качество управления объектом;

2.3. Выявление необходимых ресурсов для осуществления охраны и развития.

3) Анализ системы управления (Understanding of a Management System) [8, стр. 70-74].

Анализ осуществляется посредством SWOT анализа, который обеспечивает понимание состояния существующего положения – положительные или отрицательные аспекты, возможные угрозы, а также открывает спектр дополнительных возможностей для сохранения и развития ОКН, выраженных внешними и внутренними факторами.

4) Стратегическое планирование (Strategic Planning) [8, стр. 81-87] с созданием Планов управления (Management Plan):

4.1. Долгосрочное стратегическое видение (Long-term strategic vision):

4.1.1. Видение и миссия (Vision and Mission).

Определением эффективного «видения» является идеальное представление развития ОКН, которое необходимо для обеспечения его перехода из настоящего времени в будущее, а также для развития стратегических целей системы управления.

Формулировка «видения» должна:

а) описывать желаемое будущее объекта, его сохранение и развитие;

б) мотивировать людей к выполнению предписанных планом мероприятий;

в) вызывать чувства и эмоции;

г) создавать чувство общности среди людей, работающих над проектом;

д) быть основанной на широком участии и разделяться между всеми заинтересованными сторонами.

Точной формулировкой «миссии» является определение областей и границ деятельности, направленных на установление перспектив и возможностей, поддержку всеобщего понимания целей, а также поиск новых видов деятельности и их дифференциации.

4.1.2. Стратегические цели (Strategic objectives).

Стратегические цели являются определяющими для желаемых достижений, результатов системы управления и должны быть выраженными в соответствие с финансовыми возможностями и временными рамками в сложившемся контексте.

Поэтому «стратегические цели» должны:

а) быть трудными, но достижимыми;

б) в формулировке не должны присутствовать ответы на вопросы «почему», «как»;

в) для облегчения оценки результатов содержать количественные показатели;

г) быть сбалансированными и располагаться в порядке приоритета, т.е. от наиболее важных к менее важным;

д) согласовываться между собой для создания более широкого контекста для достижения «видения».

4.2. Стратегии к выполнению (Strategy for implementation) (8, стр. 87-91):

4.2.1. Среднесрочные стратегии и процессы управления (Medium-term strategies and management processes).

Стратегии к выполнению разрабатываются к каждой стратегической цели, учитывая исходные данные, широко охватывая процессы, устанавливающие принципы их выполнения.

4.2.2. План управления проектом (Project Management plan).

Структурой плана управления проектом являются:

а) современный контекст / обоснование;

б) принципы выполнения;

в) процессы и методология на долгосрочный период;

г) необходимые для выполнения ресурсы (инвестиции);

д) дальнейшие стратегии к выполнению.

Развитие стратегий должно основываться на следующем:

а) Основные аспекты:

- формулировка целей и стремлений;
- разработка норм и правил;
- подбор персонала.

б) Проекты:

- предложения по развитию;
- осуществимость исследования и стоимости;
- утверждение, программирование.

в) Администрирование:

- требования, необходимые ресурсы и вложения;
- учреждение процессов и временных рамок.

4.3. План мероприятий (Action plan):

4.3.1. Краткосрочное руководство к выполнению стратегий (Short-term guidance for implementation of strategies).

4.3.2. Мероприятия на период 4-6 лет (Actions for ca. 4 -6 years).

В план мероприятий необходимо включать следующие пункты:

а) «деятельность» (action), т.е. объяснение действий, имеющих вид инструкции к необходимому выполнению индивидуальных заданий в плане мероприятий;

б) «результат» (outcome), т.е. описание желаемого результата в процессе деятельности, направленной на достижение цели, который также является гарантией качества механизма выполнения плана мероприятий;

г) «ответственные лица» (responsible), т.е. перечисление всех организаций, ответственных за выполнение того или иного мероприятия;

д) «временные рамки» (timeframe), т.е. определение периодов завершения выполнения каждого из мероприятий;

е) «бюджет / ресурсы» (budget / resources), т.е. описание финансовых, человеческих или иных ресурсов, необходимых для выполнения мероприятий.

Надзор за ходом выполнения плана мероприятий осуществляется посредством мониторинга и создания Плана контроля (Monitoring plan) (4, стр. 16; 8, стр. 91-98), который помимо вышеперечисленных пунктов плана мероприятий («деятельность», «результат», «ответственные лица», «временные рамки», «бюджет / ресурсы»), состоит также из двух дополнительных:

ж) «показатель» (verifiable indicator), т.е. описание действия для получения желаемого результата при выполнении каждого из мероприятий, и который легко поддается проверке;

з) «источник проверки» (source of verification), т.е. определение вида отчетности для выяснения уровня и качества выполнения каждого из проверяемого мероприятия.

Таким образом, вся сложность сохранения и развития культурного наследия заключается в понимании его значимости на национальном уровне или в мировом масштабе, возможностей ОКН (например, целостность, фактические размеры и объемы, пропускная способность, пределы возможных трансформаций и т.д.), а также принципов и подходов его сохранения и развития.

Российская Федерация на сегодняшний день является участником всех основных конвенций по вопросам охраны культурного наследия в рамках программ Европейского содружества – ЮНЕСКО, ИКОМОС и других. Основным документом является Конвенция ЮНЕСКО о защите всемирного культурного и природного наследия (1972 г., вступившая в силу в 1975 г.), к которой РФ присоединилась в 1989 г. Кроме того, правовое регулирование основывается на Конституции и Гражданском Кодексе Российской Федерации и осуществляется в соответствие с Федеральным законом «Об объектах культурного наследия (памятников истории и культуры) народов Российской Федерации», а также с принимаемыми законами субъектов РФ, направленными на сохранение, использование, популяризацию и государственную охрану культурного наследия.

Общее количество объектов, обладающих признаками всемирного наследия, увеличивается с каждым годом. Одним из главных итогов 38-ой сессии Комитета Всемирного наследия ЮНЕСКО, проходившего в г. Даха (Катар) в июне 2014 г., стало включение 26 новых объектов культурного наследия (в том числе Болгарского историко-археологического комплекса – Российская Федерация), тогда как в 2013 г. в список было внесено 19 объектов. Таким образом, на сегодняшний день Список объектов Всемирного наследия ЮНЕСКО насчитывает 1007 объектов – 779 культурных, 197 природных и 31 смешанных, которые расположены на территории 161 государства [9; 11]. Объекты, обладающие данным статусом, являются значимыми как для истории города, так и для развития туризма, репрезентации и популяризации культурных ценностей.

Ряд объектов Всемирного культурного наследия ЮНЕСКО находится на территории Российской Федерации (26 объектов), два из которых – в Республике Татарстан: Государственный историко-архитектурный и художественный музей-заповедник «Казанский Кремль» в г. Казань (2000 г.) и Болгарский историко-археологический комплекс (2014 г.).

За последние десятилетия в Казани возросло количество объектов культурного наследия, поставленных на государственную охрану. Так, по данным 1988 г. на государственной охране в г. Казани состояло 244 объекта культурного наследия, в 1998 г. – 507, а с 2009 г. по настоящее время – 552 объекта.

В связи с богатым культурным материальным фондом, на территории Казани действуют режимы использования земель и градостроительные регламенты, которые установлены «Проектом зон охраны памятников истории и культуры г. Казани» и утверждены постановлением Совета Министров ТАССР от 23.09.1988 г. № 334 (далее – ПЗО г. Казани 1988 г.). В его составе утверждена граница исторического центра города площадью 1400 га, соответствующая границам городской черты Казани на 1890 год. Она включает следующие границы зон охраны, режимы использования земель и градостроительные регламенты:

- охранная зона Ансамбля казанского Кремля (площадь 115 га), где запрещается новое строительство, за исключением регенерации (восстановления) исторической застройки, не превышающей 6-9 м;
- объединенная охранная зона объектов культурного наследия (площадь 500 га), запрещающая новое строительство, за исключением регенерации не выше 6-9 м;
- зона регулирования застройки, разрешающая новое строительство с ограничениями до 12 м (площадь 200 га); до 15 м (площадь 150 га); до 30 м (площадью 100 га);
- зона охраняемого природного ландшафта (площадь 335 га), запрещающая новое строительство.

Таким образом, в границах исторического центра площадью 1400 га, в соответствии с требованиями законодательства, на территории 950 га действует запрет на новое строительство, что составляет около 68 % от всей площади исторического центра Казани.

Однако, несмотря на значительное увеличение количества объектов культурного наследия в период с 1988 по 2009 гг., в результате значительных реформ в 1990-е гг. в сфере политической и общественной жизни не только города, но и всей страны в целом – распад СССР, переход к рыночным отношениям, изменения в законодательстве в целом, а также реформы в сфере государственной охраны, использования и популяризации культурного наследия – произошли значительные утраты рядовой исторической застройки (около 3000 зданий). Одной из причин таких утрат явилась активизация строительных работ на территории исторического центра Казани в 1996 г., обусловленная неудовлетворительным техническим состоянием исторической застройки, признанной ветхой и составлявшей 80% от общего количества застройки по городу.

Принципы «объединенных охранных зон» («заповедных территорий (зон) памятников истории и культуры»), заложенные в ПЗО г. Казани 1988 г. на территории более чем 950 га, привели, с одной стороны, к неоправданному сдерживанию строительной активности на менее ценных исторических территориях, а с другой стороны – к увеличению строительной активности на более ценных, где установлены строгие регламенты по условиям охраны объектов культурного наследия.

На данный момент новое строительство проводится в центре Казани со ссылкой на изменения в законодательстве, произошедшие в 2002 г. с момента отмены понятия «объединенные охранные зоны». Данный подход привел к хаотичной застройке в историческом центре города, а отсутствие четко установленных требований по условиям охраны объектов культурного наследия привело к сдерживанию инвестиционно-строительной деятельности, нарушению действующего законодательства в области охраны объектов культурного наследия и, как следствие, к утрате городом своего историко-архитектурного облика.

Исходя из этого Правительством Российской Федерации от 05.10.2010 № 794 было принято решение «О внесении изменений в Положение о зонах охраны объектов культурного наследия (памятников истории и культуры) народов Российской Федерации», где основным требованием являлось сохранение исторического наследия, а также обеспечение сохранности исторически ценных градоформирующих объектов. Так в 2010 г. был разработан «Проект зон охраны памятника истории и культуры федерального значения «Ансамбль Казанского кремля» – объекта всемирного культурного наследия», а в 2011 г. – «Проект зон охраны объектов культурного наследия г. Казани». Новые проекты призваны обеспечить сохранность объектов культурного наследия и исторически ценных градоформирующих объектов в их историко-градостроительной и природной среде, а также развития исторической городской среды, определить зоны допустимого и параметры разрешенного строительства по условиям охраны объектов культурного наследия с последующим внесением изменений и дополнений в Правила землепользования и застройки Казани.

В 2014 году в Казани под руководством немецкого архитектора, эксперта международного совета по сохранению памятников и достопримечательных мест (ИКОМОС), по сохранению археологического наследия, профессора Международного института менеджмента в области культурного наследия Бранденбургского технического университета г. Коттбуса (Германия) Бритты Рудольфф проходила серия международных семинаров «Стратегическое планирование и управление культурным наследием». Участники семинаров - специалисты Исполкома г. Казани, Управления архитектуры и градостроительства г. Казани, Министерства культуры РТ, Академии Наук РТ, Татарстанского регионального отделения Всероссийского общества охраны памятников истории и культуры, преподаватели, аспиранты, студенты КГАСУ и других вузов Казани – выполнили проекты Планов управления (Management Plan) такими объектами культурного наследия Казани, как [10, 12]:

- Государственный историко-архитектурный и художественный музей-заповедник «Казанский Кремль» (объект ЮНЕСКО);

- Храм-памятник воинам, павшим при взятии Казани в 1552 году (ОКН федерального значения);
- Кизический монастырь (Надвратная церковь Кизического монастыря – ОКН федерального значения);
- Здание Гостиного двора (ОКН федерального значения);
- Апанаевская мечеть (ОКН федерального значения);
- Усадьба Баратынского (ОКН федерального значения);
- Усадьба Сандецкого (Музей изобразительных искусств РТ) (ОКН федерального значения);
- Городской парк «Черное озеро» (ОКН регионального значения);
- Черноярovский пассаж (ОКН регионального значения);
- Здание Александровского пассажа (ОКН регионального значения) и др.

Прошедший семинар еще раз подчеркнул понимание руководством республики Татарстан и специалистами разных уровней, имеющих отношение к охране ОКН, важности не только сохранения отдельных объектов и сооружений, но и создание такой альтернативной базы, как системы управления ОКН, призванной сохранять и развивать культурное наследие для современного и будущего поколения, в контексте сбалансированного и целостного исторического городского ландшафта, в условиях процессов урбанизации и глобализации.

Список библиографических ссылок

1. Araoz Gustavo. Preserving Heritage Places Under a New Paradigm // Journal of Cultural Heritage Management and Sustainable Development. – Emerald Group Publishing Limited, 2011, Vol. 1, Issue 1. – P. 55-60.
2. Бандарин Франческо, Рон ван Оерс. Исторический городской ландшафт: Управление наследием в эпоху урбанизма. – Казань: Издательство «Отечество», 2013. – С. 75-81.
3. Кострикин Н., Туркатенко М. Диалектика реконструкции // Архитектура СССР. – М., 1987, Вып. № 3. – С. 22-23.
4. Harvey Bruce. Cultural heritage management guidance. – Rio Tinto, 2011. – P. 8-9, 10-11, 16.
5. Результаты и основные направления деятельности Министерства культуры Республики Карелия на 2011-2013 годы: программа – утверждена приказом Министерства культуры Республики Карелия от «03» декабря 2010 года № 572. – Петрозаводск, 2010. – С. 12.
6. Ringbeck Birgitta. Management Plans for World Heritage Sites: A practical Guide. – Bonn: German Commission for UNESCO, 2008. – P. 15-17.
7. Richards Greg, Wilson Julie. Tourism development trajectories: from culture to creativity? // Tourism, Creativity and Development. – Routledge, 2007. – P. 1-7.
8. Wijesuriya Gamini, Tompson Jane, Young Christopher. Managing Cultural World Heritage: Resource Manual. – France: UNESCO, 2013. – P. 20, 23-24, 53-55, 70-74, 81-87, 87-98.
9. Двадцать шесть новых объектов добавлено в Список объектов Всемирного наследия ЮНЕСКО на заседании в г. Доха // UNESCO.ORG: официальный сайт Организации Объединенных Наций по вопросам образования, науки и культуры (ЮНЕСКО). URL: http://whc.unesco.org/en/news/1162 (дата обращения: 12.08.2014).
10. Список групп участников мастер-класса «Коллективный подход к управлению объектом культурного наследия» под руководством проф. Бритты Рудольфф 12 февраля – 29 апреля 2014 г. // официальный сайт Казанского государственного архитектурно-строительного университета. URL: http://www.kgasu.ru/news/Files/Spiski.pdf (дата обращения: 10.10.2014).
11. Список объектов Всемирного наследия // UNESCO.ORG: официальный сайт Организации Объединенных Наций по вопросам образования, науки и культуры (ЮНЕСКО). URL: http://whc.unesco.org/en/list/ (дата обращения: 12.08.2014).

12. Список объектов культурного наследия // официальный сайт Управления архитектуры и градостроительства г. Казани. URL: http://www.uag.kzn.ru/filemanager /i/54241b19/Список%20объектов%20культурного%20наследия%20Ф.pdf (дата обращения: 10.10.2014).
13. Страсть к искусству, взгляд на организацию: Карьера в культурном управлении // официальный сайт Совета по культурным трудовым ресурсам CULTURELHRC.CA. URL: http://www.culturalhrc.ca/hrToolsResources/Cultural%20Management/CMP%20careers%20in%20cultural%20management%20others%202005.pdf (дата обращения: 23.06.2014).

Agisheva S.T. – post-graduate student, assistant
E-mail: agisheva@mail.ru
Stepanchuk A.V. – assistant
E-mail: alena.stepanchuk@bk.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Cultural heritage management system in a context of rapid urban transformations

Resume

The article is dedicated to the comprehensive study for divisive issue in conservation and development processes of cultural heritage.

Problems attending rapid urbanization and institutional transformations, involve the well-established historic urban environment in a process of its transformation as well known as reconstruction. It is common knowledge that reconstruction includes a wild range of options for radical changes of identity and integrity of the historic urban fabric. Therefore, the most powerful organizations as UNESCO, ICOMOS and etc. try to fix the problems and provide against any errors by establishment of project documents with guidelines for conservation the cultural heritage sites. These documents are based on scientific research, study and analysis.

Nowadays, legal protection of cultural heritage is based on the Convention concerning the Protection World Cultural and Natural Heritage (1972). Rigorous laws, on the one hand, help to conserve all attributes of historic cultural site within its boundaries and the buffer zone, but on the other, prevent a progress for historic urban structures.

The Strategy for Conservation that has been approved by the experts and researchers, consists of (1) conservation, (2) restoration, (3) preventive conservation, (3) maintenance, (4) capacity-building, (5) state of conservation monitoring. Strategic planning and management for the cultural heritage, and establishment of Strategic Heritage Management Plan, ensure a provision of assessment, analysis and research framework for Strategy for Conservation.

Keywords: cultural heritage, UNESCO guidelines, urban transformation, conservation and development principles, strategic heritage management plan, methodological approach.

Reference list

1. Araoz Gustavo. Preserving Heritage Places Under a New Paradigm // Journal of Cultural Heritage Management and Sustainable Development. – Emerald Group Publishing Limited, 2011, Vol. 1, Issue 1. – P. 55-60.
2. Bandarin Francesco, Ron van Oers. The Historic Urban Landscape: Managing Heritage in an Urban Century. – Kazan: Otechestvo, 2013. – P. 75-81.
3. Kostrikin N., Turkatenko M. Dialectic of reconstruction // Architecture of USSR. – M., 1987, Issue. № 3. – P. 22-23.
4. Harvey Bruce. Cultural heritage management guidance. – Rio Tinto, 2011. – P. 8-9, 10-11, 16.
5. Outcomes and general directions for activities of the Ministry of Culture of the Republic of Karelia on 2011-2013: Programme. Approved by order of the Ministry of Culture of the Republic of Karelia on December 3, 2010 with № 572. – Petrozavodsk, 2010. – P. 12.

6. Ringbeck Birgitta. Management Plans for World Heritage Sites: A practical Guide. – Bonn: German Commission for UNESCO, 2008. – P. 15-17.
7. Richards Greg, Wilson Julie. Tourism development trajectories: from culture to creativity? // Tourism, Creativity and Development. – Routledge, 2007. – P. 1-7.
8. Wijesuriya Gamini, Tompson Jane, Young Christopher. Managing Cultural World Heritage: Resource Manual. – France: UNESCO, 2013. – P. 20, 23-24, 53-55, 70-74, 81-87, 87-98.
9. Twenty six new properties added to World Heritage List at Doha meeting // UNESCO.ORG: the official website of United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO). URL: http://whc.unesco.org/en/news/1162 (reference date: 12.08.2014).
10. List of Group-Participants of workshop «Collective approach for the cultural heritage management» under the supervision of prof. Britta Rudolff on February, 12 – April, 29 2014 // the official website of Kazan State University of Architecture and Engineering. URL: http://www.kgasu.ru/news/Files/Spiski.pdf (reference date 10.10.2014).
11. World Heritage List // UNESCO.ORG: the official website of United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO). URL: http://whc.unesco.org/en/list/ (reference date: 12.08.2014).
12. Cultural Heritage List // the official website of Department of Architecture and Urban planning of the city of Kazan. URL: http://www.uag.kzn.ru/filemanager/i/54241b19/Список%20объектов%20культурного%20наследия%20Ф.pdf (дата обращения 10.10.2014).
13. A Passion for the Art, a Mind for Organization: Careers in Cultural Management // CULTURELHRC.CA: the official website of Cultural Human Resources Council. URL: http://www.culturalhrc.ca/hrToolsResources/Cultural%20Management/CMP%20careers%20in%20cultural%20management%20others%202005.pdf (reference date: 23.06.2014).

УДК 72.03
Надырова Х.Г. – кандидат архитектуры, доцент
E-mail: Nadyrova-kh@yandex.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1

Градостроительное развитие средневековой Казани в контексте теории сложности городов

Аннотация

Статья посвящена анализу градостроительного развития столицы Казанского ханства в период с середины XV до середины XVI в., как сложной саморазвивающейся многоуровневой системы. Её формировали взаимосвязанные и взаимозависимые уровни: пространственно-территориальная организация города – столицы ханства, пространственно-планировочная структура и архитектурные объекты. В зависимости от изменений на каждом из этих уровней, под действием различных факторов и условий видоизменялась и городская система в целом. Средневековая Казань исследована в контексте теории сложностей городов, что впервые позволило проследить особенности её градостроительного развития.

Ключевые слова: история, градостроительство, архитектура, синергетика, теория сложности городов.

В середине XV в. Казань стала столицей Казанского ханства и начала интенсивно развиваться. Градостроительное развитие Казани ханского периода ранее не изучалось. Цель этой статьи – исследовать особенности градостроительного развития средневековой Казани, применяя современную научную методологию.

Основу научной историографии архитектуры и градостроительства средневековой Казани составляют историко-графические материалы дореволюционного периода и труды проблемно-аналитического характера советского времени. В постсоветский период в региональной историографии появились исследования с новым взглядом на историю Казани, её культуру, религиозные верования населения, архитектурное наследие. Исследования средневековой Казани в советское и постсоветское время опирались на материалы археологических раскопок. В Кремле были выявлены фундаменты архитектурных сооружений, остатки улиц, кладбищ, установлен общий характер оборонительных стен, башен, рядового деревянного жилища ханского периода. Исследованиям архитектуры средневековой Казани многие годы посвятил историк архитектуры С.С. Айдаров. В своей докторской диссертации он впервые изучил и выполнил научные графические реконструкции каменных культовых зданий и оборонительных сооружений Казани 1-й пол. XVI века [1].

Г.Н. Айдарова исследовала проблему взаимодействия культур в архитектурно-градостроительном развитии Среднего Поволжья середины XVI-начала XX веков, и разработала его модель-концепцию [2, 3]. Она доказывает, что ханская Казань не исчезла, и следы её сохраняются в морфологии и пространственной композиции современной Казани, в подземных и наземных остатках архитектурных объектов [4].

Н.Х. Халитов выявил местоположение утраченных построек в планировочной структуре цитадели ханской Казани, в том числе мечети Кул-Шариф [12, 14]. Результатом изучения Халитовым Н.Х. дворцовых комплексов столичных городов татарских ханств явились графические реконструкции ханских дворцовых комплексов Казани, Касимова и Бахчисарая [13].

При огромном вкладе историков архитектуры С.С. Айдарова, Г.Н. Айдаровой и Н.Х. Халитова в изучение средневековой архитектуры региона, они, тем не менее, не включали в сферу своих научных исследований градостроительное развитие Казани в аспекте современной методологии.

Научный подход в данном исследовании выбран на основе анализа традиционных и современных методологий и методов историко-градостроительных исследований. В

аспекте традиционной методологии исследование градостроительной культуры Казани проводилось автором с использованием общих и частных историко-архитектурных методов (системного подхода, историко-генетического, функционально-планировочного и композиционного анализов) [9]. При классическом подходе явления истории архитектуры и градостроительства рассматриваются в состоянии равновесия, а их развитие – как линейный процесс. Однако научные открытия и технический прогресс в развитии человечества на рубеже II и III тысячелетий обусловили новый методологический подход во многих научных сферах – синергетический. В отличие от традиционного научного знания, синергетику интересуют общие закономерности эволюции сложной системы, в составе которой элементы действуют согласованно и совместно. В этом случае эволюция любой сложной системы состоит из чередований этапов становления, развития, постепенной деградации и катастрофических перестроек или гибели.

Теоретическая база работы опирается на опыт применения синергетической теории в различных научных сферах, отражённый в исследованиях отечественных авторов: С.П. Курдюмова, В.А. Колесникова, В.Г. Буданова, Д.Е. Фесенко, Г.М. Ипполитова, А.П. Назаретяна и других. Общая теория синергетики получает всё большое применение в архитектурных и градостроительных, в том числе и исторических исследованиях [5-7]. В них она конкретизировалась в теорию архитектурного процесса, когда при исследовании архитектурного объекта изучается весь процесс его развития: от замысла до гибели или современного состояния [11]. В данном исследовании теория архитектурного процесса адаптируется в теорию градостроительного процесса.

Синергетический подход к изучению архитектурных и градостроительных систем предполагает математизацию данных о них с применением таких методов, как моделирование и формализация. В историко-градостроительных исследованиях формализации способствуют современные компьютерные программы (AutoCad, ArchiCad, CorelDraw, 3dsMax и др.), позволяющие исследовать объект посредством компьютерного моделирования и визуализации решения задач исследования. В данном исследовании такие программы были использованы автором для создания компьютерной модели развития пространственно-планировочной структуры ханской Казани. Одним из основных инструментов синергетики является математическое выражение процессов саморазвития объекта изучения, т.е. нелинейные уравнения, направленные на получение не количественного, а качественного результата. Однако в историко-градостроительных исследованиях, где для создания математических моделей недостаточно фактографических данных, синергетика и её инструментарий может применяться как общеметодологический подход к проблеме исследования. Математическую модель развития города в этом случае можно представить в виде функции, отражающей во времени зависимость качественных изменений архитектурной среды города от появления или утраты объектов под влиянием исторических условий и сочетания различных факторов или средств и механизмов воздействия.

В зарубежных исследованиях синергетика известна как теория сложности (Complexity theory), на основе которой появилась теория сложности городов (Complexity theories of cities). Зарубежные исследователи рассматривают градостроительные системы в аспекте адаптации к различным средствам воздействия. Они считают адаптацию важным свойством сложных систем, свидетельствующую о том, что такие системы являются открытыми и способными к самоорганизации. При этом люди являются важнейшей частью самоорганизующейся адаптивной системы – города [14-16].

Применение в исследовании современной научной методологии позволяет создать модель историко-градостроительного развития Казани, в которой город представлен как сложная, постоянно изменявшаяся, открытая система, иерархически организованная взаимосвязанными макро-, медиа- и микро-уровнями и способная к развитию в соответствии с определёнными закономерностями.

Макро-уровнем Казани, как системы, являлась её пространственно-территориальная организация, обусловленная её столичным статусом, размещением вблизи впадения р. Казанка в Волгу и связью дорожными коммуникациями с городами-центрами даруг, крепостями, пристанями и переправами. Таким образом, макро-уровень

городской системы определял места расположений основных проездных ворот Кремля и посада, городских пристаней на реках Волга, Казанка и оз. Кабан, Волжской ярмарки на Гостином острове, пригородных караван-сараев и слобод, городских кладбищ, Арского поля и Ханского луга – открытых территорий вблизи города для народных гуляний.

Медиа-уровень городской системы составляли пространственно-планировочная структура со своими элементами, к которым относились ландшафт, коммуникационный каркас, крупные архитектурные комплексы, формирующие застройку города. Помимо Кремля, в Казани существовали комплексы Ханского караван-сарая, общественных каменных бань, городских и квартальных мечетей, тюремного острога, администрации ханства и столицы, городских рынков, ярмарки Таш-аяк и т.д. Все они связывались главными дорожными коммуникациями города с проездными башнями, выводившими к государственным дорогам ханства.

Микро-уровень городской системы Казани составляли здания и сооружения различного назначения: оборонительные, культовые и мемориальные, общественные, административные, жилые, хозяйственные, входившие в виде составных элементов в комплексы медиа-уровня.

Изменения на каждом из этих уровней приводили к трансформации сложной городской системы непрямолинейно и непредсказуемо. В соответствии с теорией сложности городов городская система изменяется при приложении определённых средств воздействия (механизмов развития) на иерархические уровни. Механизмами развития городской системы на макро-уровне служили законы и указы ханов, военное давление соседних государств, признание или отрицание прав различных этносов ханства на традиционные территории расселения, т.е. связанные с изменениями в пространственно-территориальной организации Казанского ханства в целом.

На медиа-уровень городской системы оказывали воздействие законы, указы хана, а также решения городской администрации по размещению объектов оборонительной системы, мечетей, рынков, караван-сараев, кладбищ и т.д., традиционные принципы и приёмы застройки различных этно-социальных групп населения города, традиционные верования и религиозные воззрения, принятые на государственном уровне, природно-климатические и ландшафтные условия; заимствованные градостроительные идеи и типологии культовых и общественных зданий и т.д.

На микро-уровне городской системы средства воздействия определялись военной необходимостью, желаниями и возможностями заказчика, административными, религиозными и социальными установками, действовавшими в городе, региональными строительными традициями и т.д.

Таким образом, по теории сложности городов любая градостроительная система, в том числе и Казань, на определённом временном этапе под воздействием определённых механизмов проходит несколько фаз развития:

- Становление или создание системы;

- Развитие системы при благоприятных внешних и внутренних условиях в состоянии неустойчивого равновесия, когда происходят несущественные видоизменения элементов уровней системы;

- Начало деградации системы с появлением структурных изменений;

- Переход в состояние хаоса с потерей неустойчивого равновесия, после чего начинается качественная трансформация системы (иногда вплоть до ее уничтожения) с сохранением некоторых структурных элементов, как потенциала к возрождению. В низшей точке фазы хаоса у городской системы возникает необходимость в новом качестве. Эта точка является границей между старым и новым и называется точкой бифуркации. В ней происходит выбор аттракторов – вариантов дальнейших путей развития городской системы.

- Создание более сложной городской системы с возникновением новых связей и продолжение развития с установлением благоприятных внешних и внутренних условий.

За столетнюю историю развития под воздействием различных факторов и условий в архитектурно-градостроительной системе Казани происходили качественные изменения, которые носили положительный или отрицательный характер. Так возведение

монументальных оборонительных, культовых или общественных зданий, постепенное или массовое обновление жилой застройки положительно влияло на качественную характеристику города. Повреждение или разрушение структурных элементов каждого уровня – влияло на неё отрицательно.

В развитии Казани было несколько периодов, в течение которых относительно спокойно могли осуществляться крупномасштабные строительные работы, повышавшие качество городской системы. Первый период охватывает правление хана Махмуда (1445-1463 гг.). В этот период Кремль Казани приобрел современные размеры и каменно-деревянные стены. В середине 1450-х гг. в укреплённой цитадели Казанского кремля сформировался дворцовый комплекс, была построена Ханская мечеть. Во 2-й пол. 1460-х гг. рядом с ней был построен мавзолей Махмуд-хана. За восемнадцать лет его правления посад был опоясан деревянными стенами, на его территории были построены квартальные каменные мечети и бани-хаммам.

В правление хана Ибрагима (1467-1479 гг.) ситуация изменилась. Отношения между Москвой и Казанью резко обострились и начались военные столкновения. В Никоновской летописи за 1469 г. в описании похода объединенных русских войск на Казань отмечалось, что население ханской столицы пыталось скрыться от пожара в мечетях [10, с. 20]. Очевидно, они были кирпично-каменными в деревянном посаде, практически полностью уничтоженном огнём. Деревянно-каменные стены Кремля, вероятно, также пострадали в пожаре, но не были разрушены. Следовательно, в 1469 г. этап хаоса в градостроительном развитии Казани перешёл в первую точку бифуркации, когда качественные показатели города снизились до минимального уровня. Вероятные аттракторы городской системы свелись к продолжению предыдущего направления развития: восстановлению оборонительных стен, башен, мусульманских культовых и общественных зданий и жилой застройки посада, ремонту стен и башен Кремля. Этапы хаоса, выхода городской системы из точки бифуркации, её восстановления, а также неустойчивого равновесия при дальнейшем развитии длились около 17 лет.

Одним из сильных средств воздействия на развитие городской системы в 1487 г. явилась осада Казани русскими войсками, которая закончилась захватом города. Началась новая фаза хаоса и образовалась очередная точка бифуркации в развитии города. Выход из состояния хаоса проходил по одному из возможных аттракторов – продолжилось развитие городской системы с сохранением мусульманской ориентации градостроительной культуры, хотя в политической сфере над Казанским ханством был установлен Московский протекторат. На казанский престол Москвой был посажен хан Мухаммед-Эмин. На его правление пришёлся следующий наиболее длительный период мирного сосуществования между Казанским и Московским государствами. Для восстановления утраченных характеристик города в очередной раз на месте сожжённых были построены стены и башни посада, мечети, караван-сараи и жилая застройка. На рубеже XV-XVI вв. в Кремле была построена главная мечеть ханства – Кул-Шарифа, которая являлась одновременно и медресе, имела сложный план и, согласно преданиям, восемь минаретов [9, с. 120].

В 1518 г. к первому каменному мавзолею в Кремле пристроили ещё один объём, где был похоронен Мухаммед-Эмин хан. Ханские мавзолеи приобрели вид единого белокаменного здания, разделённого на две части со сводчатыми покрытиями. Наряду с каменными мавзолеями над могилами знати, очевидно, устанавливались срубно-деревянные, квадратные, шести- и восьмигранные в плане мавзолеи с шатровым завершением.

Во 2-й пол. 1520-х гг. в период правления хана крымской династии Сафа-Гирея в Кремле была реконструирована Ханская мечеть. Вероятно, к этому времени в Кремле были построены белокаменные Соборная и Нур-Али мечети и сформировался Ханский дворцовый комплекс. Он представлял собой укрепленную цитадель в виде обширного двора, опоясанного белокаменной стеной. Въезд в него был оформлен высокой проездной башней. В центре комплекса построили белокаменный двухэтажный ханский дворец. Архитектура дворцовых сооружений ханской цитадели, вероятно, наряду с региональными и золотоордынскими традициями отражала, предположительно, влияния османской архитектуры того времени [12, с. 305-309].

Ханский караван-сарай, расположенный на площади против Ханских кремлёвских

ворот, ярмарочный комплекс «Таш аяк» под западным склоном Кремля, и торговый комплекс Волжской ярмарки на Гостином острове, вероятно, представляли собой замкнутый прямоугольный двор, по периметру которого располагались одно- или двухэтажные жилые, складские помещения и торговые лавки, ориентированные входами во двор. Комплекс мог иметь укреплённый башнями вход с одной или двух противоположных сторон.

На протоке Булак, озёрах Черноозёрского оврага находились комплексы общественных белокаменных бань-хаммам с зально-ячеистой структурой помещений, перекрывавшихся сводами и куполами. В комплексе с баней располагались хозяйственные и торговые постройки. На посаде были возведены белокаменные и деревянные мечети. О характере посадских кирпичных или белокаменных мечетей практически ничего не известно. Однако приходские деревянные мечети могли быть близки традиционным срубным татарским мечетям более позднего времени.

Жилая застройка была преимущественно деревянной. Дома и хозяйственные постройки свободно группировались на участке усадебного комплекса. Наземные жилища были одно или двухэтажные, одно-, двух- или трехкамерные. Юрты и шатры продолжали использовать в летнее время в качестве сезонного жилья или для кратковременного отдыха на природе.

Большой урон развитию города нанёс запрет великого князя Ивана III русским купцам посещать Волжскую ярмарку, ежегодно проводившуюся на Гостином острове вблизи Казани. Периодические взаимные военные походы постоянно обостряли политические взаимоотношения между государствами. Ожидание нападения русских войск на Казань заставило ханское правительство провести в 1530 г. широкомасштабное строительство новых посадских стен, башен и углубить ров, наполнявшийся водами Булака и Казанки. Следовательно, качественные характеристики городской системы Казани в это время имели наивысший уровень в сравнении с предыдущими периодами.

В июле 1530 г. Казанский кремль был обстрелян из пушек и пищалей во время очередной осады города русскими войсками, а острог по Булаку был взят и сожжен [10, с. 25-26]. Это третий период хаоса и точка бифуркации в развитии города. Русские летописи отметили строительство новой оборонительной линии казанского посада, для устройства стен которой применяли традиционные для региона бревенчатые сооружения типа городни и тараса. На углах и длинных пряслах устраивали глухие или проездные башни под шатровыми крышами. В Казанском кремле белокаменные оборонительные стены и башни были реконструированы. Следующие двадцать лет строительные мероприятия в Казани сводились преимущественно к укреплению оборонительной системы города.

После внезапной смерти в 1546 г. Сафы-Гирей хана, противостояние политических группировок внутри ханства усилилось. Поход русских войск на Казань во главе с Иваном IV осенью 1552 г. закончился захватом столицы. Архитектуре города был нанесён непоправимый урон, а присоединение ханства к Московскому государству обусловило совершенно иной аттрактор его развития.

Анализ градостроительного развития Казани показал, что этот процесс не был однозначным и линейно-восходящим. Различные причины и факторы, воздействовавшие на городскую систему, обусловили развитие города с кратковременными периодами взлёта при неустойчивом равновесии, переходящем в периоды хаоса во время внешних осад и военных нападений, внутригосударственных кризисов и переворотов. Этапы хаоса приводили к критическим точкам бифуркации, выходя из которых город имел несколько аттракторов развития. Как правило, сложная система города выходила из точек бифуркации в обновлённом виде с сохранением основных элементов всех уровней. В 1552 г. хаос, постигший Казанское ханство и градостроительное развитие Казани, оказался катастрофическим. Сложная система города не смогла выйти из точки бифуркации с сохранением элементов всех уровней. На каждом из уровней этой системы произошли необратимые изменения, вызванные потерей государственности, столичного статуса города, прежнего религиозного приоритета, определявшего все стороны жизни населения государства и города. То есть после 1552 г. в развитии Казани был выбран аттрактор, определивший превращение столицы мусульманского государства в региональный центр

Русского православного государства с сохранением на мини-уровне некоторых прежних элементов. В случае гипотетической альтернативной истории, одним из возможных аттракторов было бы продолжение развития градостроительной культуры региона в русле стран мусульманского мира с сохранением регионально-национальных традиций.

По итогам исследования можно сделать предварительное заключение. Применение в исследовании теории сложности городов впервые позволило проследить особенности градостроительного развития Казани. Под воздействием таких факторов, как: разрушительные пожары, военные осады и захват города противником, внутригосударственные перевороты, социально-этнические конфликты и т.д. городская система Казани развивалась не прямолинейно и поступательно, а неравномерно и скачкообразно, что отражалось на качественных характеристиках города в отдельные периоды развития.

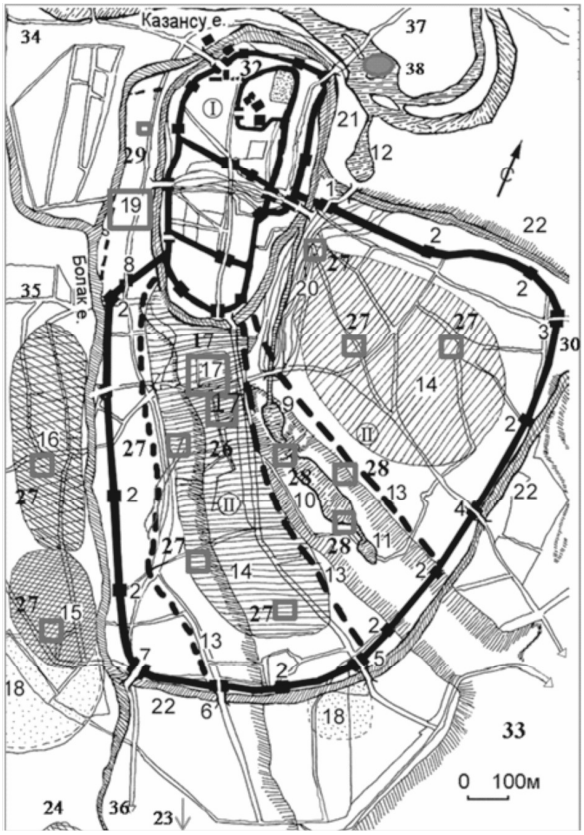


Рис. 1. Элементы посада и пригорода ханской Казани первой половины XVI в.
Реконструкция Надыровой Х.Г. по историко-графическим материалам:
I – Кремль, II – Внешний город (посад). Башни: 1. Проездная; 2. Безымянная, непроездная;
3. Кайбатская; 4. Арская; 5. (Ханская) Царская; 6. Верхняя Ногайская,; 7. Нижняя Ногайская;
8. Аталыкова. Озёра (русские названия): 9. Банное (Верхнее Поганое); 10. Чёрное; 11. Белое;
12. Нижнее Поганое; 13. Возможное расположение посадских стен; 14. Первоначальные посады;
15. Кураишева слобода с Отучевой мечетью; 16. Слобода (историческое название не сохранилось);
17. Ханский караван-сарай; 18. Мусульманские городские кладбища; 19. Ярмарка «Таш-аяк»;
20. Канал, соединявший озёра и ров (21) вокруг Кремля; 22. Ров вокруг стен внешнего города;
23. Армянская слобода; 24. Озеро Кабан; 25. Гузеево озеро; 26. Мечеть Ханского караван-сарая;
27. Вероятные места расположений мечетей; 28. Каменная баня-хаммам;
29. Тагирова (Даирова) баня-хаммам; 30. Арское поле и дорога на г. Арча;
31. Ханский луг на нижней волжской террасе; 32. Тайницкий ключ;
33. Глубокий овраг, разделявший город и Арское поле. Дороги: 34. Московская; 35. Волжская;
36. Ногайская; 37. Галицкая; 38. Городские мельницы

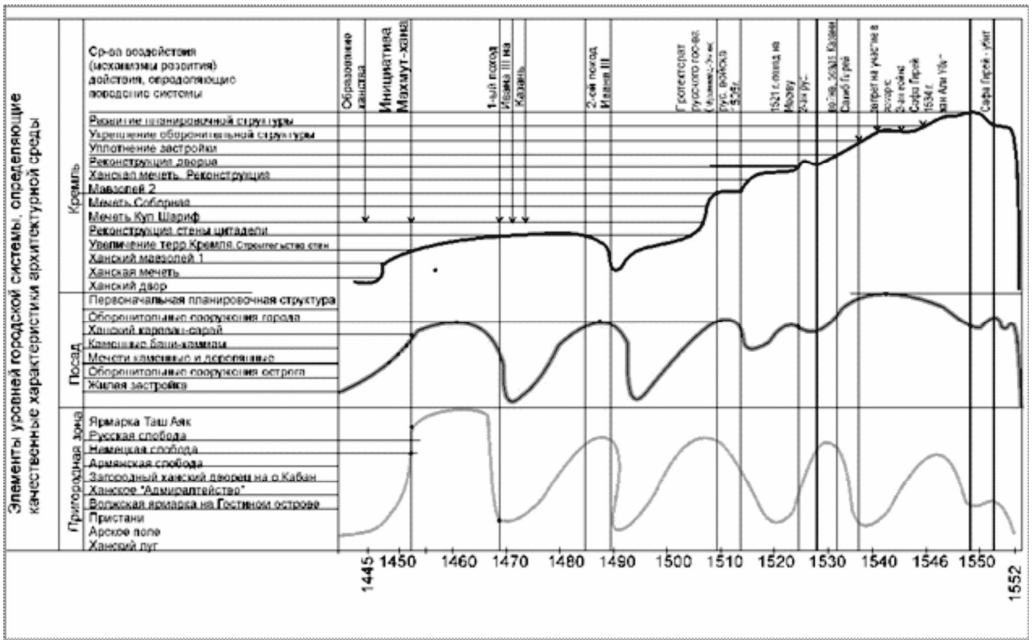


Рис. 2. Динамика развития пространственно-планировочной структуры Казани в 1445-1552 гг.

Список библиографических ссылок

1. Айдаров С.С. Монументальные каменные сооружения и комплексы Волжской Булгарии и Казанского ханства (опыт реконструкции и генетико-стилистические особенности): Автореферат дис. доктора архитектуры. – М., 1990. – 51 с.
2. Айдарова Г.Н. Взаимодействие культур в архитектурно-градостроительном развитии Среднего Поволжья середины XVI – начала XX вв.: Автореферат дис. доктора архитектуры. – М.: Изд-во НИИТАГ, 1997. – 45 с.
3. Айдарова-Волкова Г.Н. Архитектурная культура Среднего Поволжья XVI-XIX веков: модель развития, структура типов, влияния. – Казань: КГАСА, 1997. – 196 с.
4. Айдарова-Волкова Г.Н. Архитектурно-градостроительное развитие Казани X-XVI веков: Эволюция, традиции, влияния. – Казань: КГАСУ, 2012. – 150 с.
5. Бородкин Л.И. Порядок из хаоса. Концепции синергетики в методологии исторических исследований. URL: http://www.hist.msu.ru/Labs/HisLab/html/chaos.htm (дата обращения: 5.03.2014).
6. Витюк Е.Ю.Синергетический подход к градостроительству // Архитектон: известия вузов, 2007, № 19. URL: http://archvuz.ru/2007_3/6 (дата обращения: 14.02.2014).
7. Витюк Е.Ю. Синергетическое моделирование структуры города // Архитектон: известия вузов. – 2010, № 32. URL: http://archvuz.ru/2010_4/1 (дата обращения: 14.02.2014).
8. Надырова Х.Г. Градостроительная культура татарского народа и его предков. – Казань, 2012. – 294 с.
9. Ситдиков А.Г. Казанский кремль: историко-археологическое исследование. – Казань, 2006. – 188 с.
10. Фесенко Д. Теория архитектурного процесса: контуры новой парадигмы. – М.: «Журнал «Архитектурный вестник», 2010. – 240 с.
11. Халитов Н.Х. (Нияз Халит) Очерки по архитектуре ханской Казани. Гипотезы. Факты. Размышления. – Казань, 1999. – 232 с.
12. Халитов Н.Х. (Нияз Халит) Татарские дворцовые комплексы XV-XVI вв.: некоторые закономерности архитектуры // Истоки и эволюция художественной культуры тюркских народов: Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 150-летию со дня рождения педагога-просветителя, художника Ш.А. Тагирова (Казань, 17-18 апреля 2008 г.). – Казань, 2009. – 392 с.

13. Халитов Н.Х. Мечети средневековой Казани. – Казань: Татар. кн. изд-во, 2011. – 183 с.
14. Alexander Christopher. New concepts in complexity theory arising from studies in the field of architecture. – May. 2003. URL: http://www.katarxis3.com/SCIENTIFIC%20INTRODUCTION.pdf (дата обращения: 20.02.2014).
15. Portugali Juval. Self-Organization and the City. – Berlin: Springer-Verlag, 2000. URL: http://jasss.soc.surrey.ac.uk/5/2/reviews/turner.html (дата обращения: 20.02.2014).
16. Portugali Juval. Complexity Theories of Cities: Achievements, criticism and potentials. URL: http://www.bk.tudelft.nl/fileadmin/Faculteit/BK/Over_de_faculteit/Afdelingen/Urbanism/Onderzoek/Ulab/Conferences/Conference_Complexity_Theories/papers/doc/Portugali.pdf (дата обращения: 20.02.2014).

Nadyrova Kh.G. – candidate of architecture, associate professor
E-mail: Nadyrova-kh@yandex.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Urban-planning development of medieval Kazan in a context of the theory of cities complexity

Resume

In the research used a synergetic approach or the theory of cities complexity, according to which Kazan is investigated as a holistic and open system. It is organized hierarchically with interconnected mega-, media- and micro-levels and is capable of self-organization and development.

Spatial organization of the Kazan Khanate was a mega-level. The value of this level in the system of the city was in the location of Kazan on the territory of the khanate, connections with cities in other states and with centers of uluses of the khanate. Media level was formed by spatial-planning structure with its elements: landscape, communication frame, large architectural complexes. Micro-level included separate religious, memorial, public, residential buildings and household constructions.

Changes at each of these levels led to changes in the complicated system rectilinear and unpredictable. In accordance with the theory of the complexity of cities, the urban system is changed by applying the means of influence (development mechanisms) into hierarchical levels.

At the media level, these funds were laws and decrees that regulate construction, traditional principles and methods of construction various ethno-social groups, medieval towns, etc. Mechanisms of development on the mega-level were: laws and decrees of the khans, military pressure neighboring states, recognition or denial of the rights of various ethnic groups khanate on the traditional ethnic areas, etc.

Application in the research of the theory of the complexity of cities for the first time made it possible to trace the features of the urban planning development of the Kazan. In 1445-1552 Kazan as the system developed unevenly and spasmodically. At that the qualitative characteristics of the city either increased or decreased. After disaster of 1552, Kazan ceased to develop as a Muslim city.

Keywords: urban-planning, architecture, history, synergetics, complexity theories of cities.

Reference list

1. Aidarov S.S. Monumental stone constructions and complexes of Volga Bulgaria and the Kazan khanate (experience of reconstruction and genetic-stylistic peculiarities): abstract of dis. doctor of architecture. – M., 1990. – 51 p.
2. Aidarova G.N. The interaction of cultures in architecture and urban development of the Middle Volga region of the middle of the XVIth early XIXth centuries: abstract of dis. doctor of architecture. – M.: Izd-vo NIITAG, 1997. – 45 p.
3. Aidarova-Volkova G.N. Architectural culture of the Middle Volga region of the XVI-XIX centuries: development model, the structure of types of influence. – Kazan: KSABA,

1997. – 196 p.
4. Aidarova-Volkova G.N. Architectural and town-planning development of Kazan X-XVI centuries: Evolution, traditions, influence. Tutorial. – Kazan: KSABU, 2012. – 150 p.
5. Borodkin, L.I. Order out of chaos. Concepts of synergetics in the methodology of historical research. URL: http://www.hist.msu.ru/Labs/HisLab/html/chaos.htm (reference date: 05.03.2014).
6. Vityuk E.J. Synergetic approach to city planning // Architecton: Izvestia Vuzov, 2007, № 19. URL: http://archvuz.ru/2007_3/6 (reference date: 20.02.2014).
7. Vityuk E.J. Synergetic models of the structure of the city //Architecton: Izvestia Vuzov, 2010, № 32. URL: http://archvuz.ru/2010_4/1 (reference date: 20.02.2014).
8. Nadyrova Kh.G. Urban planning culture of the Tatar people and its ancestors: Monograph. – Kazan: KGASU, 2012. – 294 p.
9. Sitdikov A.G. Kazan Kremlin: historical and archaeological research. – Kazan, 2006. – 188 p.
10. Fesenko D. The theory of architectural process: contours of new paradigm. – M.: «Magazine» the Architectural bulletin», 2010. – 240 p.
11. Khalitov N.H. (Niaz Halit) Ocherki po arhitekture hanskoj Kazani. Gipotezy. Fakty. Razmyshlenija. Essays on architecture Khan of Kazan. The hypothesis. The facts. Reflections. – Kazan, 1999. – 232 p.
12. Khalitov N.H. (Niaz Halit) Tatar Palace complexes of the XV-XVI centuries: some regularities of architecture // The Origins and evolution of artistic culture of the Turkic Nations: Materials of International scientific-practical conference, dedicated to 150-anniversary from birthday of teacher-educator, artist Sh.A. Tagirova (Kazan, 17-18 April 2008). – Kazan, 2009. – 392 p.
13. Khalitov N.H. Mosque of the medieval Kazan. – Kazan: Kazan Tatars Publ. house, 2011. – 183 p.
14. Alexander Christopher. New concepts in complexity theory arising from studies in the field of architecture. May. 2003. URL: http://www.katarxis3.com/SCIENTIFIC%20 INTRODUCTION.pdf. (reference date: 20.02.2014).
15. Portugali Juval. Self-Organization and the City. – Berlin: Springer-Verlag, 2000. URL: http://jasss.soc.surrey.ac.uk/5/2/reviews/turner.html (reference date: 20.02.2014).
16. Portugali Juval. Complexity Theories of Cities: Achievements, criticism and potentials. – URL: http://www.bk.tudelft.nl/fileadmin/Faculteit/BK/Over_de_faculteit/Afdelingen/ Urbanism/Onderzoek/Ulab/Conferences/Conference_Complexity_Theories/papers/doc/ Portugali.pdf (reference date: 20.02.2014).

УДК 72.781; 94.47
Назарова И.В. – кандидат архитектуры, доцент
E-mail: Nazarova7772@rambler.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1

Чебоксарский град (Веда Суар) в XVI-XVII столетиях

Аннотация

Публикация рассматривает средневековый город Чебоксары XVI-XVII столетий в качестве оборонительно-крепостного комплекса. Выявлены основные объёмно-планировочные, композиционные и конструктивные принципы возведения Чебоксарской крепости в контексте историко-архитектурных, археологических и архивных источников. Анализируется территориальное зонирование Чебоксарского комплекса, его внутренняя планировочная структура, характер застройки.

Вопрос генезиса Чебоксар обращает к булгарскому городу Веда Суар XIII-XIV столетий и предшествующему поселению X-XI веков.

Ключевые слова: средневековый город, крепость, Волго-Камье, Чебоксары, Веда Суар, история, археология.

Морфология города Чебоксар восходит к XIII веку. Согласно археологическим данным, на месте Чебоксар размещался булгарский город Веда Суар, возникший на рубеже XIII-XIV столетий. Кроме того, предшествующее городу поселение в данной области датируется X-XI вв. [1]. Графические источники Фра-Мауро 1459 г. в виде карты для португальского короля Альфонса V также изображают на месте Чебоксар город с названием Веда Суар. Более ранние карты венецианцев Франциска и Доминика Пицигани 1367 г. и третья карта атласа Каталинского 1375 г. показывают здесь же город без указания названия [2]. По сему, возникновение Чебоксар определяется задолго до его упоминания в русских летописях в 1371 и 1469 гг. Так, описывая княжеское путешествие Дмитрия Иоанновича в орду к Мамаю в 1371 г., источники гласят: «ночевали на Чебоксаре, а отъ Чебоксара шли день и ночь и пришли подъ Казань на ранней заре». Позднее, в 1557 г, Чебоксары («Шубар-Кар» – город «шубашов» или суваров) описываются в виде новой русской крепости, возведённой на месте прежнего укреплённого града [3, с. 44; 4].

Город Чебоксары XVI-XVII столетий принадлежал к многочисленному числу крепостей Московского государства, возведённых для освоения и закрепления присоединённых территорий. Поэтому целесообразно рассмотрение средневекового Чебоксарского города в качестве оборонительно-крепостного комплекса. Для достижения данной цели необходимо выявить основные объёмно-планировочные, композиционные и конструктивные принципы возведения града в контексте историко-архитектурных, археологических и архивных источников.

В рассматриваемый период, государственное оборонительное строительство контролировалось специальным органом управления – Пушкарским приказом, разрабатывающим образцы городов-крепостей для закладки и сооружения в ограниченные сроки [5]. Подобным образом возникла и Чебоксарская крепость в 1555 году, когда по поручению Ивана IV архиепископ Казанский и Свияжский Гурий в присутствии чебоксарских воевод и горожан освятили место и окропили планировочные границы будущего города [6]. Данная система закладки русских городов, известная на Руси с IX века, описана в богослужебной книге (требнике) Петра Могилы 1646 г. [7]. По «закону градскому» план города первоначально разбивался на земле по чертежу, а затем освящался, намечались места городских укреплений, храмов, селитебные территории, расположение мостов и траектория дорог [8].

В эпоху XVI-XVII столетий Чебоксарский град принадлежал к «Казанскому разряду». Под «Казанским разрядом» подразумевалась совокупность городов и

пригородов, приписанных к Казани в военно-стратегическом отношении. Помимо Чебоксар в XVI-XVII вв. к разряду относились Астраханский и Нижегородский кремли, крепости Васильсурск, Козьмодемьянск, Свияжск, Тетюши, Лаишев, Алатырь, Арзамас, Курмыш, Кокшайск, Алат, Арск, Цивильск, Царевосанчурск, Царевококшайск, Уржум, Малмыж, Яранск, Ядрин и другие. Оборонительную силу данных городов мог применить Казанский край при необходимости [9].

Бытие Чебоксар и других крепостей Казанского края подчинялось военной регламентации. Каждый город имел своего воеводу – «наместника Ивана IV». «Наместники царя» подчинялись «Приказу Казанского дворца» – центральному правительственному учреждению в Москве, ведавшему Казанский край от Нижнего Новгорода до Астрахани. «Приказ Казанского дворца» осуществлял разрядное (военно-организационное), административное, финансовое и судебное управление подведомственной ему территории [10]. В наказе чебоксарскому воеводе 1613 г. говорилось об организации сторожевой службы в городе и остроге: «…Да и то б ему смотрити и беречи накрепко, чтобы на городе и на остроге в день и в нощчь бес караула не было» [11, с. 29]. Одновременно в обязанности служащих входила защита слободских территорий и ближайших засечных линий.

Территориальное зонирование Чебоксарского комплекса на крепость, посад и слободы являлось традиционным для крепостных комплексов Московского государства и соответствовало сословной дифференциации населения. В крепости проживали служилые дворяне (дети боярские) и стрельцы, свободные от податей, но обязанные военной службой. В «Росписи служилым людям по области Казанского дворца на 7146 (1637) г.» в Чебоксарах указываются 47 «дворян и детей боярских» [12]. На посадской и слободской территории преимущественно размещались поселения крестьян, ремесленников и местного населения (татарское слободское поселение), прикреплённые к тяглу – казённым платежам и натуральным повинностям [13, 14].

Расположение крепости на правом берегу р. Волги являлось стратегическим на пути от Нижнего Новгорода до Казани. Топография местности была схожа с формой кадки, что обусловило размещение значительной части города на трёх возвышенных местах, а меньшей – в низменности [3, с. 44]. Анализируя планы Чебоксар 1789 и 1796 гг., сохраняющих планировочные основы прежних столетий, можно сказать о траектории былых крепостных стен соответственно топографической ситуации. Северные стены города располагались по направлению Волги, восточные – по направлению небольшой реки Чебоксарки, разделяющей город и посад. Южные и западные крепостные укрепления, равным образом соответствовали топонимике рельефа, образуя нерегулярную конфигурацию плана. Нерегулярность проявлялась и во внутренней планировочной структуре крепости. План 1789 г. сохраняет неупорядоченное расположение кварталов различной формы, разделённых улицами произвольной траектории. Прослеживается концентрация планировочных зон у церковных кварталов. Сообразуя графические и исторические источники, «Атлас городов наместничества Казанского» отображает преобладающие церковные зоны Введенского собора, Покровской и Благовещенской церквей второй половины XVII века, построенных на территории крепости. Посад XVI-XVII столетий включал Троицкий, Геронтьевский и Николаевский монастыри [3, с. 45-47, 49]. Помимо культовых территорий, в Чебоксарском граде размещались зоны двора воеводы, приказной избы, казны, тюрьмы, аманатного двора для заложников, домов дворян, приказных служителей и стрельцов [15]. Имеются сведения о наличии 36 дворов в одной из слобод Чебоксар [11, с. 267]. Вероятно, это признаки порядковой системы во внутренней планировочной структуре Чебоксарского комплекса, при которой дворовые участки разбивались по «длиннику и поперечнику». Данная система порядковой (рядовой) планировки активно применялась в русских городах-крепостях XVI-XVII вв. Порядковая планировка указанного периода не обладала регулярностью, но имела элементы «упорядоченности и правильности» [16, с. 216; 11, с. 254]. Согласно археологическим исследованиям, посадские дворы Чебоксар имели незначительные размеры, в среднем 16 х 10 метров. Основные жилые постройки дворов располагались ближе к улице, тогда как хозяйственные строения находились в

глубине участка. Деревянный частокол межевал соседствующие дворовые территории, вместе с тем разделяя дворовую и уличную зоны [17]. Подобное дворовое зонирование являлось характерным для военных, ремесленных и монастырских дворов в русских городах-крепостях рассматриваемого периода.

Наряду с этим, на гравюре Н. Витсена 1682 г. в пространственном восприятии Чебоксарского града доминируют деревянные крепостные стены и башни, множество деревянных церквей с шатровыми и луковичными завершениями, композиционно взаимодействующих с формами оборонительных башен (рис.). Небольшие деревянные постройки отображены во всех зонах Чебоксар, как в структуре крепостного ядра, так и на посадских территориях. Как правило, данные постройки несли жилую, хозяйственную или осадную функции. Осадные клети являлись неотъемлемой частью застройки средневековых русских крепостей, представлявших собой невысокие срубы, размещённых вплотную друг к другу. Клети не входили в структуру дворовых территорий, так как заселялись только при осаде городов [16, с. 263, 264]. Такое изобилие небольших построек не нарушало архитектоники города, организованной по принципу построения культовых доминант в центре и во фланкирующих частях крепости. К центральной зоне тяготеет огороженное деревянными стенами пространство внутри города. Возможно, гравюра отобразила воеводский двор, где располагалась приказная изба – местное государственное учреждение. При этом топографическое положение крепости обусловило расположение композиционных вертикалей в виде крепостных башен и церквей на возвышенности и в низине, недалеко от рек Волги и Чебоксарки. Поблизости рек располагались и посадские монастыри с обительскими стенами и церквями, формируя первый композиционный план на пути к укреплённому городу. Нужно заметить, что вотчинные Чебоксарские монастыри (Троицкий, Геронтьевский – Преображенский) взаимодействовали с «Приказом Казанского дворца», выполняя военные обязанности по строительству укреплений [18].

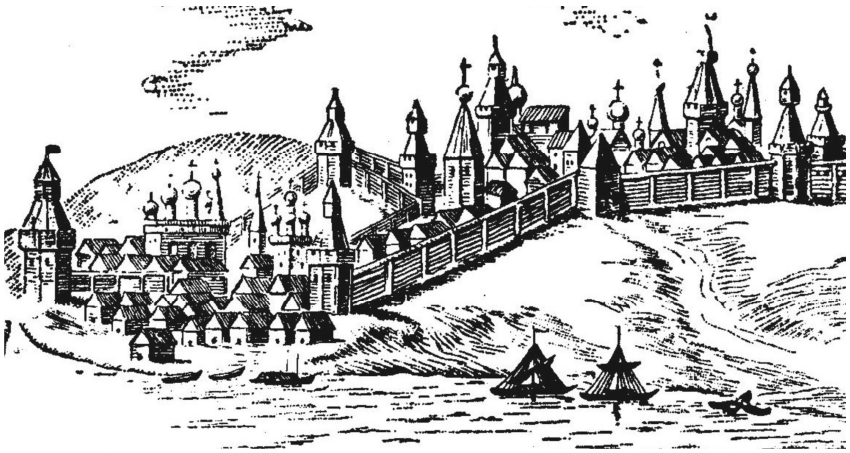


Рис. Чебоксары в 1682 г. Гравюра из книги голландского путешественника Н. Витсена

Затрагивая вопрос крепостных укреплений Чебоксарского комплекса, указанное изображение XVII столетия воспроизводит крепостные деревянные стены в виде «тарас». «Тарасная» конструкция, активно применявшаяся в оборонительном строительстве Московского государства, представляла собой две параллельно рубленые стены, соединённые с определённым шагом поперечными стенами. Образующиеся клети заполнялись землёй и камнями. Толщина стен составляла от одной до трёх саженей, высота разнилась, но не была менее одной сажени (древнерусская мерная маховая сажень составляла 176,4 см, косая сажень 216 см). Перекрывались «тарасы» двускатной стропильной кровлей [19]. Кроме того, в структуре Чебоксарского оплота прослеживается многогранная конструкция деревянных башен. Судя по всему, большинство «вежей» – башен имели шесть или восемь граней венцового строения, тогда как проездная башня на холме обладала четырёхгранной конфигурацией. Венцом,

получившим развитие в многогранных формах, являлся четверик из горизонтально уложенных брёвен, связанных по углам врубками. Венцы большинства башен запечатлены с «обламными» выносами, шатрами и дозорными вышками – «смотрильнями». Так называемые «обламы» располагались в верхних выступающих ярусах башен, выполняя дополнительную оборонительную функцию «подошвенного боя» у стен башен и крепости. Для этого в стене и полу обламов прорезались бойницы (стрельницы) [20]. Защитная функция крепости усиливалась и благодаря выступающему положению самих башен относительно линии городовых стен.

Тем самым, топографическое расположение, планировочное, композиционное и конструктивное построение Чебоксарского града XVI-XVII столетий отвечали, прежде всего, фортификационным требованиям этого периода – времени, где город и крепость имели тождественные понятия.

Результаты исследования актуальны в реставрационной и реконструктивной деятельности, направленной на сохранение и восстановление историко-архитектурного наследия Волго-Камья.

Список библиографических ссылок

1. Смолин Е.А. Василий Филиппович Каховский – историк, археолог, этнограф Среднего Поволжья второй половины XX века // Автореферат диссертации на соискание учёной степени кандидата исторических наук. – Саранск: Чуваш. гос. пед. ун-т им. И.Я. Яковлева, 2011. – С. 11, 21.
2. Николаев В.В. История чувашей. Атлас. Древняя эпоха. – Чебоксары: Фонд историко-культурологических исследований им. К.В. Иванова, 2007. – С. 76, 77.
3. Приволжские города и селения в Казанской губернии. – Казань: Издание Казанского губернского статистического комитета, 1892. – 202 с.
4. Марр Н.Я. Чуваши – яфетиды на Волге. – Чебоксары: Чувашское государственное издательство, 1926. – С. 68-72.
5. Пилявский В.И., Тиц А.А., Ушаков Ю.С. История русской архитектуры. – Ленинград: Изд-во Стройиздат, 1984. – С. 195.
6. Чувашия. URL: http: // gov.cap.ru/hierarhy_cap.asp. page /2123/2271/32483761/3766 (дата обращения: 05.08.2014).
7. Могила П. Эвхологион или молитвослов или требник. – Киев: Киево-Печерская тип., 1646. – Л. 174.
8. Алфёрова Г.В. К вопросу о строительстве городов в Московском государстве XVI-XVII вв. // Архитектурное наследство. – М.: НИИТИАГ РААСН, 1980, № 28. – С. 23, 24.
9. Загоскин Н.П. Спутник по Казани. – Казань: Типолитография Императорского университета, 1895. – С. 164-165.
10. Ермолаев И.П. Среднее Поволжье во второй половине XVI-XVII вв. – Казань: Издательство Казанского университета, 1982. – С. 58.
11. Зорин А.Н. Города и посады дореволюционного Поволжья. – Казань: Издательство Казанского университета, 2001. – 704 с.
12. Порфирьев С.И. Роспись служилым людям по области Казанского дворца на 7146 (1637) г. – Казань: Типография Имп. Ун-та ИОАИЭ, 1912, т. XXVIII, вып. 4-5.
13. Ключевский В.О. Сочинения. – М.: Изд-во соц-эк лит, 1959, Т. 6. – С. 418.
14. Димитриев В.Д. Чувашия в эпоху феодализма. – Чебоксары: Чуваш. кн. изд-во, 1986. – С. 91, 98, 106.
15. Чебоксар – город Золотой орды. URL: http: // archeologia.narod.ru/chebok.htm (дата обращения: 08.08.2014).
16. Гуляницкий Н.Ф. История русского градостроительства X-XV веков. – М.: Изд-во Стройиздат, 1993. – 392 с.
17. Краснов Ю.А., Каховский В.Ф. Средневековые Чебоксары. Материалы Чебоксарской экспедиции 1969-1973 гг. – М.: Издательство «Наука», 1978. – С. 23, 70, 72, 76.

18. Чибис А.А. Монастыри Правобережья Казанской земли во второй половине XVI-первой половине XVIII веков: функционирование, землевладение и хозяйство // Автореферат диссертации на соискание учёной степени кандидата исторических наук. – Чебоксары: ЧГУ им. И.Н. Ульянова, 2011. – С. 15, 20.
19. Красовский М.В. Энциклопедия русской архитектуры. Деревянное зодчество. – СПб: Изд-во Сатисъ, 2005. – С. 102.
20. Назарова И.В. Архитектурно-пространственная организация оборонительно-крепостных комплексов Волго-Камья середины XVI-XVII вв. // Диссертация на соискание учёной степени кандидата архитектуры. – Казань: КГАСУ, 2009. – С. 53-55.

Nazarova I.V. – candidate of architecture, associate professor
E-mail: Nazarova7772@rambler.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Cheboksary hail (Veda Suar) of XVI-XVII centuries

Resume

The morphology of the city of Cheboksary goes back to the XIIIth century. According to archaeological data, the Bulgar city the Veda Suar was at a place of Cheboksary. Therefore, emergence of the Cheboksary hail is defined long before its mention in the Russian chronicles in 1371 and 1469. In 1557 on a place of the former city there was a new Russian fortress of the Moscow state.

For research of the medieval fortified city of Cheboksary, the analysis of historical and architectural, archaeological and archival sources is made by the author. The basic planning, spatial and constructive principles of construction of Cheboksary fortress are revealed. Within the declared question the ancient system of a construction of the Russian cities is analyzed. «Law gradskij» was known in Russia since the IXth century and continued to be applied at the time of XVIth-XVIIth centuries.

Creation of the Cheboksary hail of XVIth-XVIIth centuries conformed to fortification requirements of this period. At this time the city and fortress had identical concepts.

Keywords: medieval city, fortress, Volga-Kamye, Cheboksary, Veda Suar, history, archeology.

References list

1. Smolin E.A. Vasily Filippovich Kakhovsky – the historian, the archeologist, the ethnographer Srednego Popolzhya of the second half of the XXth century // Author's abstracts a scientific degree of the candidate of historical sciences. – Saransk: Chuvash. un-t of I.Ya. Yakovlev, 2011. – P. 11, 21.
2. Nikolaev V.V. Istoriya of Chuvashs. Atlas. Ancient era. – Cheboksary: Fond istoriko-kulturologicheskih issledovanij im. K.V. Ivanova, 2007. – P. 76, 77.
3. The Volga cities and settlements in the Kazan province. – Kazan: Izdanie Kazanskogo gubernskogo statisticheskogo komiteta, 1892. – 202 p.
4. Marr N.Ja. Chuvashs – yafetida on Volga. – Cheboksary: Chuvashskoe gosudarstvennoe izdatelstvo, 1926. – P. 68-72.
5. Piljavskij V.I., Tic A.A., Ushakov Ju.S. History of the Russian architecture. – Leningrad: Izd-vo Strojizdat, 1984. – P. 195.
6. Chuvashia. URL: http: // gov.cap.ru/hierarhy_cap.asp. page /2123/2271/32483761/3766 (reference date: 05.08.2014).
7. Mogila P. Evkhologion or prayer book or breviary. – Kiev: Kievo-Pecherskaja tip., 1646. – L. 174.
8. Alfjorova G.V. To a question of city construction in the Moscow state of the XVI-XVII centuries. // Arhitekturnoe nasledstvo. – M.: NIITIAG RAASN, 1980, № 28. – P. 23, 24.

9. Zagoskin N.P. The satellite across Kazan. – Kazan: Tipolitografija Imperatorskogo universiteta, 1895. – P. 164-165.
10. Ermolaev I.P. Central Volga area in the second half of the XVI-XVII centuries. – Kazan: Izdatelstvo Kazanskogo universiteta, 1982. – P. 58.
11. Zorin A.N. Cities of the pre-revolutionary Volga region. – Kazan: Izdatelstvo Kazanskogo universiteta, 2001. – 704 p.
12. Porfirev S.I. List to people to servants on area of the Kazan palace on 7146 (1637) g. – Kazan: Tipografija Imp. Un-ta IOAIJe, 1912, t. XXVIII, vyp. 4-5.
13. Kljuchevskij V.O. Compositions – M.: Izd-vo soc-jek lit, 1959, T. 6. – P. 418.
14. Dimitriev V.D. Chuvashia during a feudalism era. – Cheboksary: Chuvash. kn. izd-vo, 1986. – P. 91, 98, 106.
15. Cheboksary – the city of the Golden Horde. URL: http://archeologia.narod.ru/chebok. htm (reference date: 08.08.2014).
16. Guljanickij N.F. History of the Russian town planning of the X-XV centuries. – M.: Izd-vo Strojizdat, 1993. – 392 p.
17. Krasnov Ju.A., Kahovskij V.F. Medieval Cheboksary. Materials of Cheboksary expedition of 1969-1973. – M.: Izdatelstvo «Nauka», 1978. – P. 23, 70, 72, 76.
18. Chibis A.A. Monasteries of the Right bank of the Kazan earth in the second half XVIth – the first half of XVIIIth centuries: functioning, land tenure and economy // Author's abstracts a scientific degree of the candidate of historical sciences. – Cheboksary: ChGU im. I.N. Uljanova, 2011. – P. 15, 20.
19. Krasovskij M.V. Encyclopedia of the Russian architecture. Wooden architecture. – SPb: Izd-vo Satis, 2005. – P. 102.
20. Nazarova I.V. The architectural and spatial organization of the defensive complexes of Volga-Kamya of XVI-XVII centuries // Dissertation of a scientific degree of the candidate of architecture. – Kazan: KGASU, 2009. – P. 53, 55.

УДК 71.0
Насыбуллина Р.А. – аспирант
E-mail: renata.nasybullina@yandex.ru
Самарский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 443001, Россия, Самара, ул. Молодогвардейская, д. 194

Свет в архитектуре советского авангарда

Аннотация

Целью работы являлось исследование влияния социокультурного и интеллектуального контекстов на процесс взаимодействия архитектуры конструктивизма и естественного света.

В ходе исследования было определено понимание роли естественного света в архитектуре советского авангарда. Среди аспектов, повлиявших на осмысление понятия «свет» в архитектуре, был рассмотрен образ «светлого будущего», сформированный в литературе постреволюционного периода, концепция беспредметности Казимира Малевича, поиски «звукового миросозерцания» композиторов-футуристов, а так же передовые знания о физических свойствах света того времени.

Выявлены принципы взаимодействия архитектуры советского авангарда с естественным светом.

Ключевые слова: естественный свет, советский авангард, конструктивизм, пространство.

Введение

Существует ряд универсалий, которые оказывают влияние на восприятие архитектурного пространства: форма, цвет, ритм, масса и, не в последнюю очередь, свет. Перемещение акцента с физических свойств света на его метафизические качества позволяет создать у зрителя определенное настроение, эмоционально наполненный образ архитектурного сооружения.

Многие ведущие современные архитекторы обращаются к теме естественного света в процессе собственных философских поисков, зачастую, в их творческих концепциях организация естественного солнечного света становится главным принципом моделирования архитектурного пространства.

Исследованиям естественного света посвящено большое количество трудов архитекторов, искусствоведов и философов. Накопленный ими опыт сегодня требует переосмысления для обогащения архитектурной практики.

Период советского авангарда неоднократно рассматривался в работах большого круга исследователей, но до сегодняшнего дня не существовало систематизированного анализа роли света в архитектуре советского авангарда.

Цель работы – исследовать влияние социокультурного и интеллектуального контекстов на процесс взаимодействия архитектуры конструктивизма и естественного света.

На определение роли света в архитектуре советского авангарда повлиял сложнейший комплекс факторов. Революция 1917 года, повлекшая за собой изменения в философской, социальной и культурной сферах, а так же развитие системы знаний о физических свойствах света заставили пересмотреть представления о мире и человеке и повлекли за собой переосмысление метафизической составляющей категории света.

Основными чертами искусства и, в частности, архитектуры начала XX века в России, стало стремление порвать со сложившейся традицией и разрушить авторитеты, построив новый идеальный мир. Авангард заявляет о разрыве с классической традицией. Но, не смотря на это, вырабатывая новую концепцию работы со светом, он все же обращается к историческому наследию – в новую световую парадигму входят архаичная, христианская и романтическая традиции.

По словам О.А. Тарасенко «первообразы едины для всех времён, потому что они истинны. Во времени происходит их модификация...» [1], а М.Н. Эпштейн, в сою очередь,

замечает, что обращение к наследию и первообразам в эпоху советского авангарда – это «... способ преодоления каноничности ... выявления того существенного, что вносил в разработку выбранной темы данный исторический момент» [2]. Путем постижения традиционных образов и нового их прочтения, искусство начала XX века выражает собственный взгляд на мир и определяет свое место в процессе развития культуры.

Осмысление света в контексте культуры советского авангарда происходит как на практике, так и на уровне философии. При этом, не смотря на тесное взаимодействие этих сфер, понимание природы естественного света в них было различным, пишет А. Л. Зайцева. Для ультимативных манифестов, отражающих ориентацию авангарда на радикальное перестроение мира характерны сатира и игра, переворот традиционных представлений, в то время как художественные произведения «сохранили связь с культурно-исторической традицией» [3].

В период начала XX века искусство ищет способы отображения новой действительности. Этот непростой момент поразительно точно охарактеризован Н. А. Бердяевым в его статье «Кризис искусства». «Померк старый идеал классически-прекраснаго искусства», а «дух человеческий вступает в иной возраст своего бытия и симптомы распластования и распыления материальнаго мира можно видеть всюду», «никогда еще так остро не стояла проблема отношения искусства и жизни, творчества и бытия...», – пишет философ [4, с. 1, 34].

В культуре России начала XX века тесно переплетаются различные виды искусств. Образ света выступает в роли одной из универсалий, олицетворяющих энтузиазм и стремление к новому «светлому будущему», на базе которых осуществляется их взаимодействие. Поэтому, для получения полного представления о роли естественного света в архитектуре советского авангарда, обратимся к исследованию его значения в литературе, живописи, театре и музыке.

Естественный свет в литературе постреволюционного периода

Важным в понимании архитектуры света советского авангарда является стремление к человеку и обществу нового типа и образ «светлого будущего», впервые появившийся в романе Н. Г. Чернышевского «Что делать?»: «Будущее светло и прекрасно. Любите его, стремитесь к нему... Настолько будет светла и добра, богата радостью и наслаждением ваша жизнь, насколько вы успеете перенести в нее из будущего» [5]. Вера в «светлое будущее» порождает активную жизненную позицию и массовый энтузиазм и позволяет легче переносить тяготы и лишения.

Например, в романе В. Кириллова «Первомайский сон» для описания будущего трудящихся часто используются эпитеты лучистый, яркий, ослепительно сверкающий. Именно таким представляется рабочим мир, в котором живут «красивые люди радостно марширующие в огромных колоннах по залитым солнцем гигантским площадям мимо ослепительных «Дворцов» [6].

В поэзии А.Е. Крученых, В. Хлебникова, Д.Д. Бурлюка свет выступает одним из основных мотивов. В. Маяковский пишет: «Мы солнца приколем любимым на платье, из звезд накуем серебрящихся брошек...» [7]. При этом «свет» и «тьма» рассматриваются, как амбивалентные явления: «С венком из молний белый чёрт…», – пишет В. Хлебников [8, с. 7, 271]. Дуализм света и тьмы, в качестве проявления энергии мира, становится центральной темой культуры авангарда: «свет и тьма являются одним и тем же веществом в двух различиях и степенях», – пишет Малевич [9].

Живопись и театр в эпоху советского авангарда

Говоря про образ света в культуре русского авангарда, отдельно нужно упомянуть о лучизме – одном из первых направлении в абстрактной живописи, основанном М. Ларионовым и Натальей Гончаровой. Художники изображали не форму предмета, а отраженные от него лучи, отражая тем самым его сущность и передавая впечатления, возникающие от пересечения в пространстве лучей, исходящих от различных предметов. «Восприятие не самого предмета, а суммы лучей от него по своему характеру гораздо ближе к символической плоскости картины, чем сам предмет…», – заявляет Ларионов в манифесте «Лучизм» [10, с. 354-371].

Непохожую тенденцию в работе со светом можно обнаружить в творчестве идеолога русского авангарда – Казимира Малевича. «Весь путь Малевича был подчинен этому стремительному и мощному движению по пространству мировой живописи к решительному обновлению», – пишет Д. Сарабьянов, оценивая роль художника в переломе к беспредметности [11, с. 29]. Казимир Малевич делает попытку перевернуть традиционное понимание метафизики света, раскрывая собственное ее понимание, как качестве образа мировой энергии.

Радикальные идеи Малевича отражены в спектакле «Победа над солнцем», над которым он работал вместе с литераторами В. Хлебниковым, А. Крученых и композитором М. Матюшкиным. По замыслу авторов оперы-мистерии образ солнца отражал отжившую земную логику, «дурман для народа», который нужно преодолеть и победить. В содержании прослеживается борьба Добра и Зла. В интервью сотруднику петербургской газеты «День» Малевич и Матюшкин рассказывают о том, что «смысл оперы – ниспровержение одной из больших художественных ценностей – Солнца в данном случае... и существующие в сознании людей установленные человеческой мыслью связи между ними» [11, с. 52]. Важно отметить, что именно в опере «Победа над солнцем» многие исследователи русского авангарда видят истоки появления супрематизма и «Черного квадрата».

Супрематизм, задуманный как квинтэссенция философского осмысления новой реальности, превосходящая все существующие знания, сводит все сущее к нулю. «Черный квадрат» – икона супрематизма, которая, вбирая в себя все явления и краски мира, сводит их к «абсолютному нулю»: нулю формы, нулю цвета, нулю света. «В мире нет ни темного, ни светлого, ни черного», – пишет Малевич в трактате «1/42. Беспредметность» [9]. Можно сказать, что «Черный квадрат» – антитеза Солнцу, манифест искусства, в котором «свет как тьма исчезает совсем, оставляя последнее понятие для идейных просвещенцев, которые собрались одурманить и ослепить народ светом знания» [9].

Не смотря на то, что Малевич, выступая за свержение культа Солнца, заявляет, что для него «существует один свет, научный, через который возможно выявить реализм видимой натуры и у инженеров, и у искусства», метафизика света с ее сложной многовековой традицией подспудно оказывает влияние на его творческий путь. Здесь мы можем наблюдать характерное для всей культуры советского авангарда, противоречие в понимании роли естественного света.

В трактате «1/42. Беспредметность», а затем в «Свете и Цвете» Казимир Малевич исследует свет, рассуждая о его природе и роли в познании окружающего мира. Художник задается вопросом, существует ли свет, способный выявлять природу вещей, или же он «равен всем элементам материи» и приходит к выводу о том, что в живописи цвет, свет и форма служат средством постижения мира: «Только при отыскании света можно все отыскать и найти дорогу и ключи к истине», – пишет Малевич [9].

Интерес так же представляет автобиографический очерк «1/42. Заметки», в котором Малевич повествует о том, как восприятие света и цвета в детстве пробудило в нем художника.

«Свободная музыка»

В русле нового миропонимания, композиторы советского авангарда, наряду с художниками и литераторами, стараются пересмотреть основы теории. Музыканты заново осмысляют понятия тембр, звук, гармония, тон. Своей главной задачей футуристы видят раскрепощение звуковой массы. Новая сонорика рождает идею пространственной музыки, которая могла бы отображать пространственную глубину звука.

Нужно отметить, что на технику и образно-духовную составляющую музыки советского авангарда немалое влияние оказал А.Н. Скрябин, и, в частности, придуманный им выразительный язык – светомузыка. Свет становится новым выразительным средством, создающим пространственные образы, используя систему соответствий цветового спектра тональностям. «Скрябин повелел наполнить светами пространство, которое пронизано игрою его колдующих звуков», – пишет Бальмонт [13].

Идея изобразить пространство с помощью света и звука находит отражение в манифесте Н. Кульбина «Свободная музыка». Композитор считает, что природа является ярчайшим примером «свободной музыки» – «музыка природы: свет, гром, свист ветра, плеск воды, пение птиц — свободна в выборе звуков». Поэтому только свободная музыка обладает способностью изобразить «свет, краски и все живое» [14, с. 3-4].

Наука и естественный свет в начале XX в.

Интерпретация понятия «свет» зависела не только от социокультурного, но и от интеллектуального контекста – на нее повлияли эксперименты и научные открытия в области свойств естественного света. Бактерицидное действие света, а так же его влияние на психоэмоциональное состояние человека сделали свет одним из важнейших факторов комфортности среды. Встает вопрос о рациональном в экономическом отношении использовании энергии солнца.

Взаимосвязь научных концепций и метафизики света советского авангарда, по мнению Д.Л. Шукурова очевидна: «тесное взаимодействие естественнонаучных законов и категорий с искусством, литературой, философией обусловлено общностью целевых установок в познании мира» [1].

Роль естественного света в архитектуре советского авангарда

Можно выделить два комплекса факторов, повлиявших на процесс взаимодействия архитектуры и света в эпоху советского авангарда: супрематизм Казимира Малевича и идеологическая составляющая понятия естественного света.

Первый фактор обусловил формообразование архитектуры конструктивизма. Через архитектоны Малевича и супрематические композиции Л. Хидекеля с их яркими светотеневыми контрастами плоскостей в архитектуру приходит понимание света, как средства выявления объемно-пространственной структуры объекта.

В композиции фасада активное участие начинает принимать естественный свет. Форма оценивается через распределение яркостей. При этом, фактор видимости – контраст, создаваемый светотенью, становится эстетической категорией, в основе которой лежит различие между создаваемым контрастом и привычным для глаза природным. Форма объекта строится в расчете на освещение: сложная конфигурация планов с глубокими западами, переходы и галереи, эркеры и лоджии, расположенные на различной высоте, придают архитектурному объекту новые качества.

Показательным примером взаимодействия архитектуры и света, как средства выявления объемно-пространственной организации объекта, является Дом Культуры имени Зуева архитектора И. Голосова (рис. 1). Основой художественного образа здания является контраст предельно лаконичного объема стеклянного цилиндра лестничной клетки и обилие мелкоразмерных элементов фасада. Разнообразная пластика: темные глубокие запады оконных проемов в холле, тонкие светотеневые отношения, заданные небольшими выступами, массивные тени консолей, вертикальный ритм витражей первого этажа – порождает нарочито измельченную массу деталей, которая позволяет воспринимающему субъекту сконцентрировать внимание на главенствующем элементе композиции – выразительном объеме цилиндра.

Рис. 1. И. Голосов. Дом Культуры имени Зуева

Примечательно, что условия рассеянного освещения, характерные для большей части России, зачастую не позволяют добиться комплексного понимания формы, поэтому для усиления эффекта от восприятия архитекторами-авангардистами был найден прием полихромии – большие плоскости стен окрашивались в интенсивные цвета. Исследователь советского авангарда С. Хан-Магомедов отмечает, что на самом деле на черно-белых изображениях фасадов залитые черным плоскости, по замыслу архитекторов, как правило, имели яркий цвет [6].

Яркий пример применения этого приема – запроектированная Мельниковым контора Ново-Сухаревского рынка (рис. 2). Подчиненный трехлучевой планировочной структуре комплекса объем здания подчеркнут вертикальным ритмом лопаток. Эффект от западающих плоскостей с оконными проемами усилен интенсивной окраской.

Рис. 2. Мельников К.С. Здание конторы Ново-Сухаревского рынка

Второй фактор, повлиявший на понимание роли света в архитектуре советского авангарда, оказал воздействие на идейно-смысловую составляющую архитектуры и формирование внутреннего пространства объектов. Борцы за «светлое будущее», веря в мировую революцию, проектируют наполненные солнцем здания. За равнодушными страницами декретов и сухими постановлениями срывается мечта о залитых солнцем улицах острова Утопии Т. Мора и «Города Солнца» Кампанеллы.

В книге «Современная фабрично-заводская архитектура» 1932 года издания отмечается, что рационально спроектированное естественное освещение зданий естественным светом преследует цели: повышения производительности труда, соблюдения требований охраны труда, соблюдения требований санитарии и гигиены, а так же уменьшения расходов на искусственное освещение [15].

Первым пунктом среди основных качеств жилья, отвечающего запросам нового коммунистического общества, Гинзбург называет «свет во всех частях здания». В статье о проекте поселка-жилкомбината для горняков Кузьмин подчеркивает, что рабочие и работницы должны жить «в светлых, удобных, теплых комнатах по 6-10 человек...» [6]. «Свет, воздух, солнце, простор, а не надуманная декорация фасадов, становились источниками красоты в жилищном строительстве», – пишет в этой связи В. Хазанова в статье «Советская архитектура первых лет Октября» [16].

Размышляя о новой социальной организации сооружений архитектор Леонидов отмечает ее неотъемлемыми признаками «труд и физкультурную зарядку, свет, воздух» [12]. Теперь, зачастую, главенствующей идеей формирования массы здания является максимальное использование естественного света. Например, жилой комплекс на Шаболовке запроектирован в виде развернутых под углом 45 градусов Г-образных корпусов, образующих полуизолированные зеленые дворы. Планировочная структура

организована таким образом, что основные жилые комнаты выходят на залитые светом южные фасады, а ванные комнаты и кухни ориентированы на северную сторону.

При строительстве пригородного поселка Москвы Приволье в кварталах городского типа по периметру проектировались трехэтажные дома, а центр предполагалось застраивать пятиэтажными зданиями. Такой планировкой, по мнению авторов, достигалось «отсутствие затемнения улиц и дворов и доступность солнечному свету всех этажей» [16].

Выводы

Понимание роли естественного света в архитектуре советского авангарда сложилось под влиянием сложного комплекса внешних факторов. Начало XX века – переломный этап в развитии культуры, искусства и общества в целом, ознаменовал изменения в материальной и духовной сферах жизни общества. Жажда решительного обновления проникает во все виды искусств, тесно переплетая их. Естественный свет в культуре советского авангарда становится одной из универсалий на основе которой осуществляется их взаимосвязь. Стремление подорвать основы и разрушить авторитеты, построив новый мир, зарождает множество новых концепций и представлений о метафизических свойствах естественного света.

Среди аспектов, повлиявших на осмысление понятия «свет» в архитектуре, можно отметить образ «светлого будущего», сформированный в литературе постреволюционного периода, концепцию беспредметности Казмимира Малевича, поиски «звукового миросозерцания» композиторов-футуристов, а так же развитие знаний о физических свойствах света.

В результате проведенного анализа можно выделить два основных принципа взаимодействия архитектуры советского авангарда с естественным светом. Во-первых, свет, является средством выявления объемно-пространственной структуры объекта, во-вторых, свет, обилие света в проектируемых зданиях новаторских типологий, выступает в качестве метафоры «светлого будущего», укрепляя идеологические позиции нового государства. Обилие естественного света становится одним из важных принципов формирования пространства.

Список библиографических ссылок

1. Шукуров Д.Л., Бандурина Н.С. Образ «света» в культуре русского авангарда. Исторические, философские, политические и юридические науки, культурология и искусствоведение. Вопросы теории и практики, № 8 (22): в 2-х ч. Ч. II. – Тамбов: Грамота, 2012. – С. 223-225.
2. Эпштейн М. Н. Парадоксы новизны: о литературном развитии XIX-XX веков. – М.: Советский писатель, 1988. – 296 с.
3. Зайцева А.Л. Онтология света в художественной культуре раннего русского авангарда. Дисс. канд. культуролог. – Киров, 2004. – 170 с.
4. Бердяев Н.А. Кризис искусства. Эстетическое самосознание русской культуры. 20-е годы XX века: антология / сост. Г.А. Белая. – М., 2003.
5. Чернышевский Н. Что делать? – СПб.: Азбука, 2012. – 446 с.
6. Хан-Магомедов. Архитектура советского авангарда. В 2 кн.: Кн 1: Проблемы формообразования. Мастера и течения. – М.: Строиздат, 1996. – 709 с.
7. Маяковский В. Стихотворения. Поэмы. – СПб.: Лениздат, 1971 – 632 с.
8. Хлебников В. Собрание сочинений: в 6-ти т. / под общ. ред. Р.В. Дуганова. – М.: Наследие, 2000, Т. 1. Литературная автобиография. Стихотворения. – 544 с.
9. Малевич К.С. 1/42. Беспредметность. // Казимир Малевич. URL: http:// kazimirmalevich.ru/t4_1/ (дата обращения: 9.01.2014).
10. Иньшаков А.Н. Лучизм в русской живописи и мировой авангард. Мифология света в новом искусстве. – М.: Искусствознание.
11. Хан-Магомедов С.О. Супрематизм и архитектура. Проблемы формообразования. – М.: Архитектура-С, 2007. – 520 с.

12. Александров П., Хан-Магомедов С. Иван Леонидов. // Архитектор Павел Алешин URL: http://www.alyoshin.ru (дата обращения: 19.08.2014).
13. Бальмонт К.Д. Светозвук в Природе и Световая симфония Скрябина. // Стихи классиков. URL: http://www.stihi-rus.ru (дата обращения: 22.08.2014).
14. Кульбин К.А. Свободная музыка. Применение новой теории художественного творчества к музыке. – СПб.: Военная типография, 1909. – 7 с.
15. Современная фабрично-заводская архитектура / Проф. В.Д. Цветаев. – М.: Госстройиздат, 1932. – 432 с.
16. Хазанова В. Советская архитектура первых лет Октября. 1917-1925 гг. // Архитектор Павел Алешин URL: http://www.alyoshin.ru (дата обращения: 17.08.2014).

Nasybullina R.A. – post-graduate student
E-mail: renata.nasybullina@yandex.ru
Samara State University of Architecture and Civil Engineering
The organization address: 443001, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 194

Light in the Soviet avant-garde architecture

Resume

The aim of the work was to research the socio-cultural and intellectual context influence over the interaction of constructivism and natural light.

In the course of the research the role of the natural light in the soviet avant-garde architecture has been defined. Image of a «bright future» formed in the literature of post-revolutionary period, Kazimir Malevich's concept of non-objectivity, Futurist's searching of «natural sound», as well as the development of knowledge about the physical properties of light influenced on the understanding of the concept «light» in the architecture were considered.

Principles of interaction of the Soviet avant-garde architecture with the natural light were elicited. Light is a mean for uncovering of the spatial structure of an object. It is also a metaphor of a «bright future», that strength the ideological positions of the new state. The abundance of the natural light becomes one of the most important principles of the space formation.

Keywords: natural light, the Soviet avant-garde, constructivism, space.

Reference list

1. Shukurov D.L., Bandurina N.S. The image of «light» in the culture of the Russian avant-garde / Historical, philosophical, political and legal sciences, cultural studies and art history. Theory and Practice, № 8 (22): in 2 parts. Part II. – Tambov: Gramota, 2012. – P. 223-225.
2. Epstein M.N. Paradoxes of novelty: the literary development of the XIX-XX centuries. – M.: Soviet writer, 1988. – 296 p.
3. Zaitsev A.L. Ontology of light in the artistic culture of the early Russian avant-garde – cultural studies candidate. Diss. – Kirov, 2004. – 170 p.
4. Berdyaev N.A. The crisis of art. Aesthetic consciousness of Russian culture. 20th years of the XXth century: an anthology / compiled. Belaya G.A. – M., 2003.
5. Chernyshevsky N. What to do? – SPb.: Azbuka, 2012. – 446 p.
6. Khan-Magomedov. Soviet avant-garde architecture. In 2 vols. Book 1: Problems of formation. Masters and flows. – M.: Stroizdat, 1996. – 709 p.
7. Mayakovsky V. Poems. – SPb.: Lenizdat, 1971. – 632 p.
8. Khlebnikov V. Collected Works: in 6 vols. Under total. ed. Duganova R.V. – M.: Nasledie, 2000, V. 1 Literary autobiography. Poems. – 544 p.
9. Malevich K.S. 1/42. Pointlessness. // Kazemir Malevich. URL: http://kazimirmalevich.ru/t4_1/ (reference date: 9.01.2014).

10. Inshakov A.N. Regionalism in Russian art and the avant-garde world. Mythology of light in the new art. – M.: Iskusstvoznanie.
11. Khan-Magomedov S.O. Suprematism and architecture. Problems of formation. – M.: C-Architecture, 2007. – 520 p.
12. Aleksandrov P.S., Khan-Magomedov S. Ivan Leonidov. // Architect Pavel Aleshin. URL: http://www.alyoshin.ru (reference date: 19.08.2014).
13. Balmont K.D. Lightsound in nature and Scriabin's Light Symphony. // Poetry classics. URL: http: //www.stihi-rus.ru (reference date: 22.08.2014).
14. Kulbin K.A. Free music. The application of the new theory of art music. – SPb.: Military Printing House, 1909. – 7 p.
15. Modern Factory Architecture / Prof. Tsvetayev V.D. – M.: Gosstroyizdat, 1932. – 432 p.
16. Khazanov V. Soviet architecture of the first years of October. 1917-1925. // Architect Pavel Aleshin. URL: http://www.alyoshin.ru (reference date: 17.08.2014).

УДК 72.035.1
Попов А.О. – кандидат технических наук
E-mail: a.o.popov@yandex.ru
Бирюлева Д.К. – кандидат технических наук, доцент
E-mail: dila899@mail.ru
Матвеев И.Ю. – кандидат экономических наук, доцент
E-mail: matigur@mail.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1

Формирование архитектурного облика Центральной башни Главного Адмиралтейства г. Санкт-Петербург

Ладья воздушная и мачта недотрога,
Служа линейкою преемникам Петра,
Он учит: красота – не прихоть полубога,
А хищный глазомер простого столяра.
О.Э. Мандельштам

Аннотация

За долгие годы существования здания Адмиралтейства г. Санкт-Петербург имеются многочисленные архивные данные о строительстве и реконструкции, однако отсутствует четкое представление о том, что и когда было сделано, кроме того многие данные противоречивы. Согласно охранному обязательству, здание заложено в 1704 г. по указу Петра I. В 1732-1738 гг. перестроено по проекту архитектора И.К. Коробова. В 1806-1823 гг. здание реконструировано по проекту архитектора А.Д. Захарова.

В настоящей статье авторами на основе инженерно-технического и историко-культурного исследования [1] раскрываются этапы изменения архитектурного облика этого уникального здания, а так же развеиваются некоторые общепринятые заблуждения.

Ключевые слова: памятники истории и культуры, инженерная реставрация, реконструкция, конструктивные решения.

Здание Главного Адмиралтейства г. Санкт-Петербург является одним из символов города и гордостью России. Это комплекс зданий, выстроенных в «каре», внешнего и внутреннего контура, между которыми находится широкий внутренний двор. Центральная башня Главного Адмиралтейства разделяет южный фасад на равные части, а «золоченый» ее шпиль является одной из высотных доминант г. Санкт-Петербург. Согласно охранному обязательству, здание заложено по указу Петра I в 1704 г. В 1732-1738 гг. перестроено по проекту архитектора И.К. Коробова. В 1806-1823 гг. здание реконструировано по проекту архитектора А.Д. Захарова.

Центральная башня здания Главного адмиралтейства является одним из наиболее ранних зданий комплекса. Первоначально это был центральный бастион, устроенный по мазанковой технологии, увенчанный обитым жестью деревянным шпилем, окончательным сроком строительства, которого является конец 1705 г.

По многочисленным данным [2-8] основание центрального бастиона и четырех других бастионов было усиленно сваями диаметром 0,3 м, погруженных с шагом 0,3 м, длина которых по различным источникам составляла от 6,3 до 8,0 м. Однако по результатам обследования фундаментов и грунтового основания, проведенного авторами [1] выявлено, что ни свай, ни продуктов их разложения не обнаружено, кроме того под подошвой бутового фундамента были обнаружены деревянные лежни, имеющие работоспособное состояние, древесина которых на срезе имела белый, не тронутый временем цвет. Причиной заблуждения о наличии свай является иконография проекта возведения бастионов, который, по всей видимости, был реализован со значительными отклонениями, либо центральная башня Главного Адмиралтейства выстроена И.К. Коробовым на другом месте.

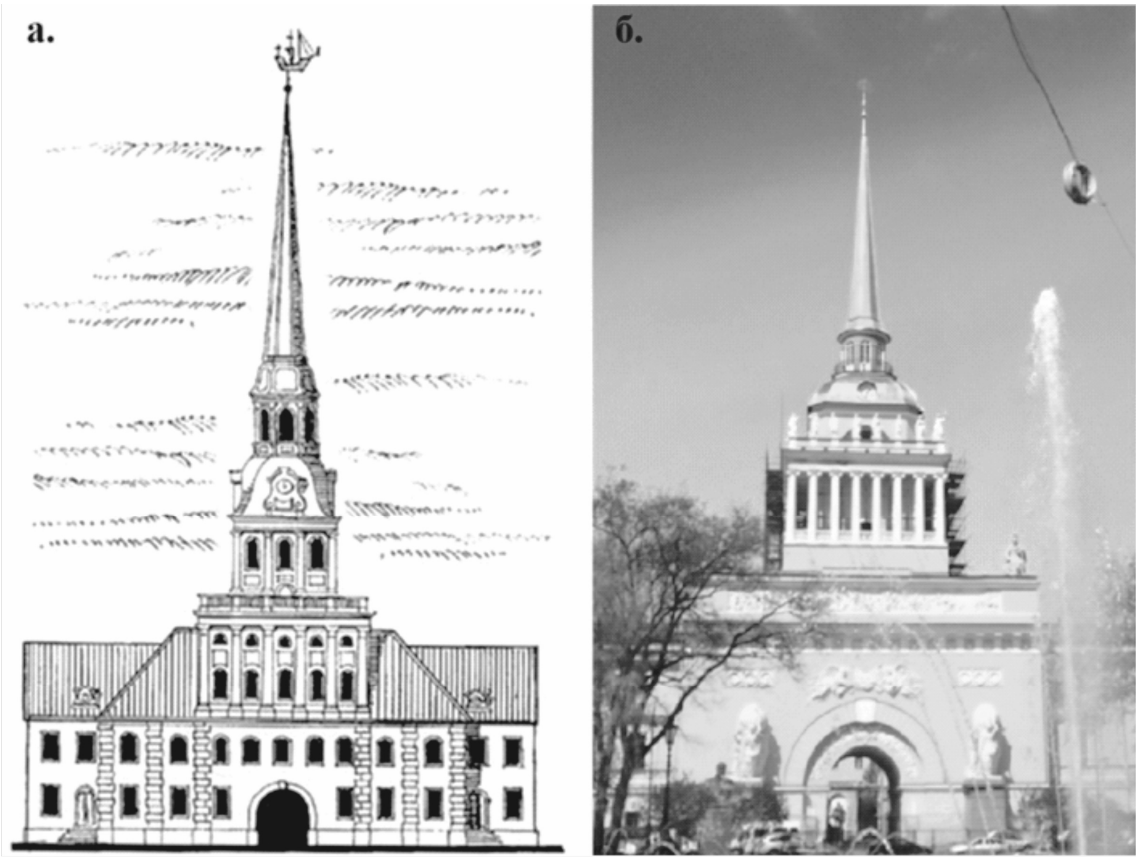


Рис. 1. Фасады Центральной башни здания Главного Адмиралтейства:
а.) Фасад центральной башни архитектор И.К. Коробов [4];
б.) Фасад центральной башни архитектор А.Д. Захаров

В 1730-1732 гг. по проекту архитектора И.К. Коробова на месте Центрального бастиона возведена Центральная башня комплекса зданий Адмиралтейства (рис 1а), разделяющая южный фасад на две равные половины. Созданная И.К. Коробовым Центральная башня имела легкие и ажурные формы, характерные для «Петровского» барокко, но, тем не менее, имела тесную связь конструктивных и декорирующих элементов.

При возведении Центральной башни И.К. Коробовым использовался классический прием ярусного нарастания уменьшающихся к верху объемов, используемый при возведении башен и колоколен. Так на широкое четырехгранное основание установлен легкий четверик первого яруса, украшенный полуколоннами в ионическом стиле, переход к которому сглаживает скатная кровля. Четверик первого яруса является опорой для открытой площадки, на которой установлен, украшенный полуколоннами и увенчанный золоченым куполом, четверик второго яруса. Венчает же Центральную башню И.К. Коробова закрытая смотровая площадка (восьмерик) с золоченым шпилем.

По проекту И.К. Коробова Центральная башня имела административное функциональное назначение. На первом этаже располагались конторские помещения, а второй этаж занимали помещения адмиральского «покоя» – помпезный зал для приемов, планы которых представлены на рис. 2. В восточном и западном крыле располагались лестничные марши с промежуточными площадками.

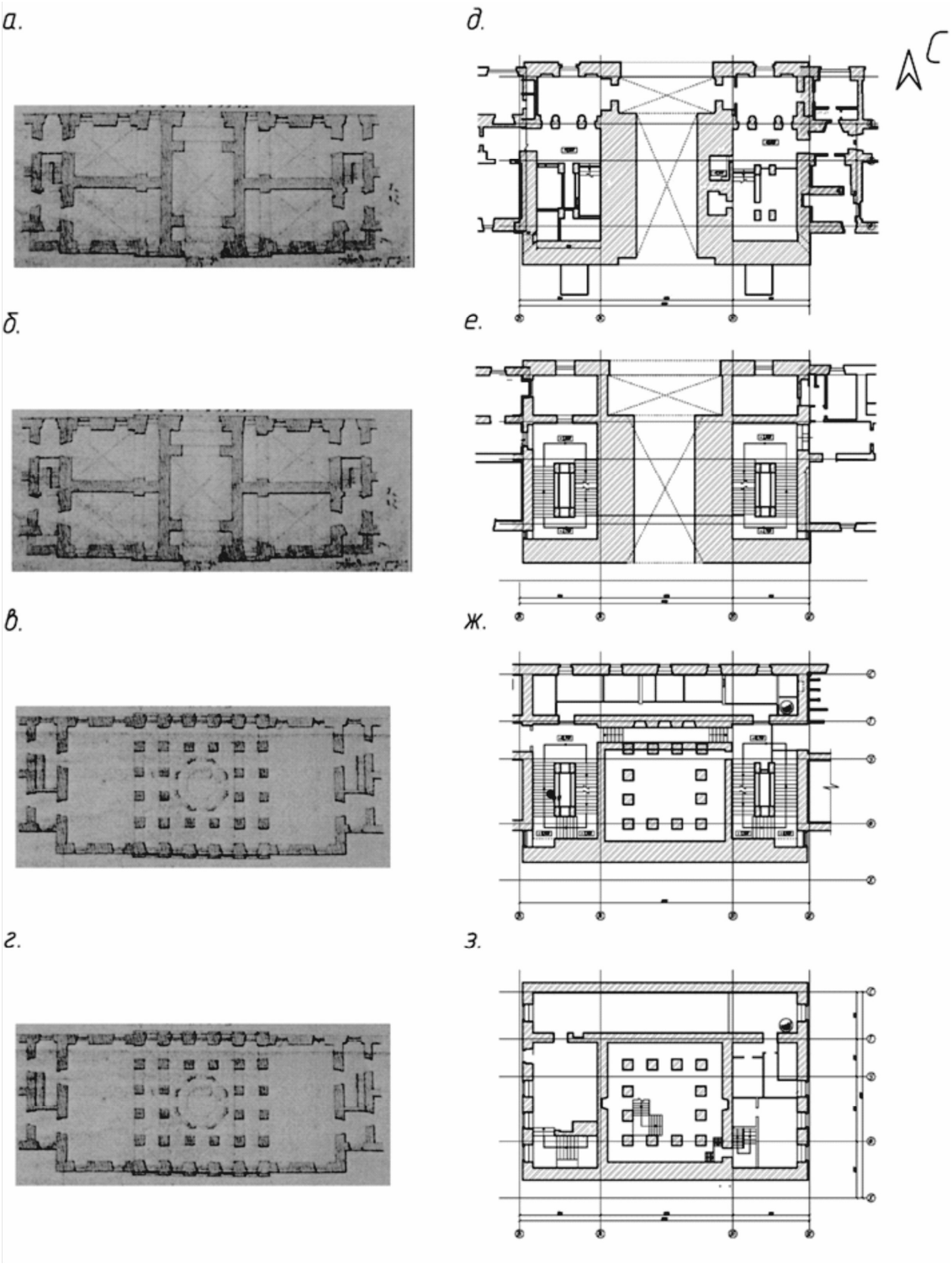


Рис. 2. Схематичные планы Центральной Башни здания Главного Адмиралтейства:
а, б. Схематичный план первого этажа (арх. И.К. Коробов) [4];
в, г. Схематичный план второго этажа первый и второй свет (арх. И.К. Коробов) [4];
д. Схематичный план первого этажа (арх. А.Д. Захаров) [1];
е. Схематичный план второго этажа (арх. А.Д. Захаров) [1];
ж. Схематичный план третьего этажа (арх. А.Д. Захаров) [1];
з. Схематичный план четвертого этажа (арх.А.Д. Захаров) [1]

Автором проекта нынешнего Адмиралтейства и Центральной башни является архитектор А.Д. Захаров, разработавший в 30-х годах XVIII века проект реконструкции. Наиболее важным изменением является новое функциональное назначение Центральной башни, по проекту Захарова все административные и представительские помещения были перенесены в прилегающие новые трехэтажные корпуса, а Башня приняла на себя логистический функционал, обеспечивая связь между прилегающими корпусами. По проекту А.Д. Захарова лестницы в восточном и западном крыле были демонтированы и устроены на месте конторских помещений первого этажа и части помещения адмиральского «покоя» (рис. 2 а-г). При проведении реставрационных работ фрагменты опорных частей свода были открыты, и оказалось, что они располагаются значительно выше существующего ныне перекрытия первого этажа, а именно между вторым и третьим этажом (рис. 3). Из последнего становится ясно, что при реконструкции А.Д. Захаровым объем первого этажа был разделен надвое, что наглядно показано на рис. 3.

Высота и ширина проездной арки была увеличена за счет того, что демонтированы разгрузочные арки, а возникающий при этом значительный горизонтальный распор был компенсирован увеличением толщи стены, как показано на рис. 2д. Зал адмиральского «покоя» рис. 2в потерял свое функциональное назначение и теперь является темным помещением, проходным помещением, в пределах которого находятся деревянные лестницы, ведущие к шпилю. Наружный контур колоннады помещения адмиральского «покоя» скрыт в толще кладки стен, а внутренний и ныне предстает взору (рис. 4). Окна северного фасада в уровне первого этажа были преобразованы в проходы либо заложены (рис. 2д), в уровне второго этажа предстают в виде ниш и проходов, показанных на рис. 2ж. Решением А.Д. Захарова северная часть башни в значительной степени была увеличена за счет пристраиваемых помещений, функциональное назначение которых не выяснено. Совместная работа существующей до реконструкции Захарова и пристраиваемой частей башни осуществлялась использованием разгрузочных арок (рис. 5), конструкция которых в значительной степени позволяла компенсировать неравномерность осадки.

Увеличение этажности прилегающих корпусов сформировало необходимость увеличения этажности самой Башни, дабы сохранить ее доминирующий облик над комплексом Главного Адмиралтейства, кроме того возникала необходимость в обеспечении перехода между корпусами, который был устроен над проездной аркой в уровне третьего этажа. При надстройке третьего (отм. 10,8) и четвертого (отм. 15,4) этажа, был закрыт четверик первого яруса, конструкции которого и по сей день находятся в удовлетворительном состоянии и представлены на рис. 3.

Четверик второго яруса скрыт легкой ионической колоннадой. При этом сам четверик претерпел незначительные изменения, а именно были заложены крайние проемы. Ионическая колоннада и четверик, объединенные цилиндрическим сводом, являются несущими конструкциями для вышележащей открытой площадки (отм. +30,0), на которой установлен четверик со срезанными углами. Венчает же Центральную башню деревянный восьмерик, с золоченым шпилем и открытой смотровой площадкой.

А.Д. Захаров максимально использовал существующую башню, перестроив ее в духе классицизма. Монументальный вид был, достигнут зрительным уменьшения длины южного фасада, за счет того, что по два крайних проема с каждой стороны были переведены в архитектурную композицию прилегающих корпусов. Для придания монументальности и установки скульптурной группы у проездной арки, с южного фасада, окна первого и второго этажей были заложены, а вновь возводимые третий и четвертый этажи выполнены вовсе без окон.

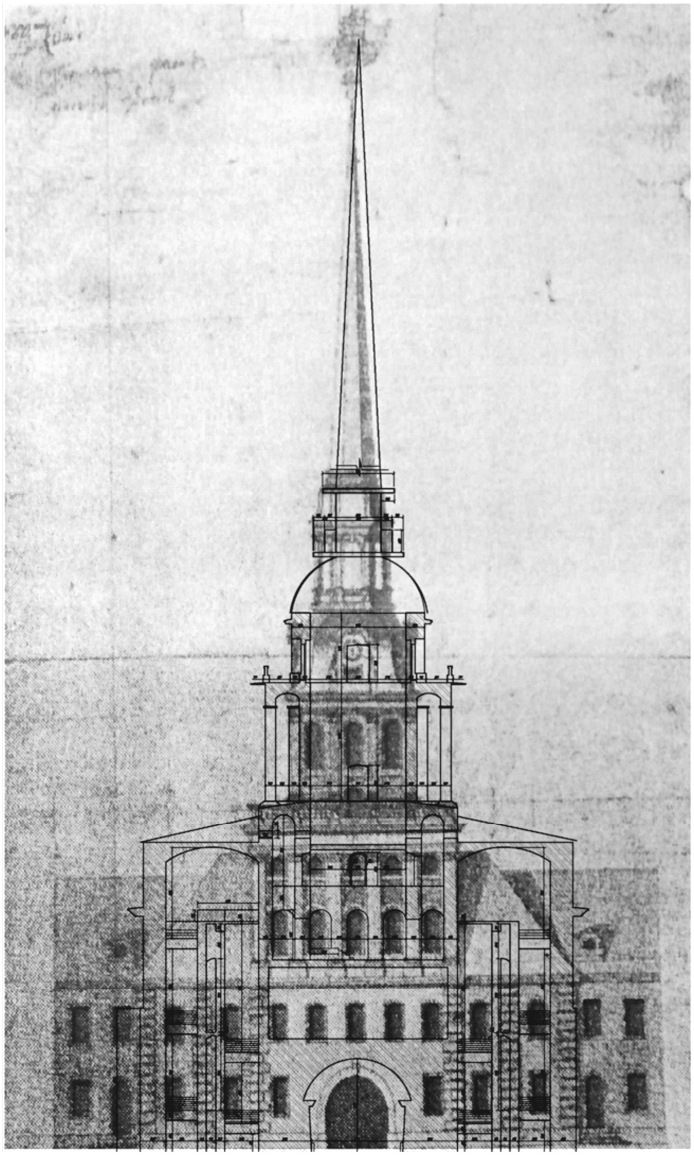


Рис. 3. Схематичное наложение разреза, построенного по обмерам авторов [1] (проект арх. А.Д. Захаров), и фасада И.К. Коробова [4]

Рис. 4. Фрагменты четверика первого яруса [1]

Рис. 5. Разгрузочная арка [1]

Список библиографических ссылок

1. Отчёт по НИР. Инв. № 370/14-А/СМ. Попов А.О., Матвеев И.Ю., Бирюлева Д.К. и др. Отчет об обследовании технического состояния строительных конструкций здания по ул. Адмиралтейский пр. д. 1, г. Санкт-Петербург. Центральная башня Главного Адмиралтейства // ООО ЦТСС «ЭкспертПроектСтрой». – Казань, 2014.
2. Сашонко В.Н. Адмиралтейство. – Л.: Изд-во Лениздат, 1982. – 124 с.
3. Штиглиц М.С., Лелина В.И., Гордеева М.А., Кириков Б.М. Памятники промышленной архитектуры Санкт-Петербурга. – СПб.: Изд-во Белое и Черное, 2003. – 223 с.
4. Иконография проекта Центральной Башни здания Главного Адмиралтейства. Архивные материалы «Комитета по государственному контролю, использованию и охране памятников истории и культуры» (КГИОП) г. Санкт-Петербург.
5. Адмиралтейские верфи. Корабли и годы. 1704-1925. – СПб.: Изд-во Гангут, 1994. – 200 с.
6. Адмиралтейские верфи. Люди, корабли, годы. 1926-1996. – СПб.: Изд-во Гангут, 1996. – 392 с.
7. Пилявский В.И. Главное Адмиралтейство в Санкт–Петербурге. – М.: Изд-во Искусство, 1945. – 78 с.
8. Главный военный порт России: от Санкт-Петербургского военного порта до тыла Ленинградской военно-морской базы (К истории развития системы обеспечения сил флота). – СПб.: Изд-во Тыл ЛенВМБ, 1999. – 182 с.

Popov A.O. – candidate of technical sciences
E-mail: a.o.popov@yandex.ru
Biryuleva D.K. – candidate of technical sciences, associate professor
E-mail: dila899@mail.ru
Matveev I.Y. – candidate of economical sciences, associate professor
E-mail: matigur@mail.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

The architectural appearance of the central tower of the Admiralty, Saint-Petersburg

Resume

With the Admiralty, which is a monument of early classicism, the birth of the fleet in Russia and the development of shipbuilding and naval power of Russia began. The Admiralty in St. Petersburg – one of the famous and beautiful monuments of the Northern capital. Construction was started in 1704 on the drawings of Peter I on the island between the Neva and the Sink (the island was named by the Admiralty). The Admiralty was conceived as the main

shipyard of Russia on the Baltic sea and was the center of building ships. The premises of the Admiralty were the ship's workshop. The shipyard was built by the letter «П», main facade had a length of 425 meters, the side walls 213 m Admiralty performed and defensive function: it was a fortress, walled earthen wall with a 5-d earthen bastions and deep ditch. Around the perimeter with 2 sides dug 2 channels. For an overview of the opponent around the building were deforested. So there Admiralty meadow. The first ship with the Admiralty shipyard was launched on April 29, 1706. During the reign of Peter I the stocks of the Admiralty came 262 warships. The construction of the ships continued until 1844. In 1711, in the center of the main facade is built tower with a spire with a ship. Under the boat were plated ball, inside of which a Golden jug with samples of coins minted In St. Petersburg. Now the Boat, the bronze horseman and divorced Palace bridge on the background of the fortress are the symbols of St. Petersburg. The Admiralty building and the area around it repeatedly reconstructed in 1732-1738, under the guidance of architect I.K. Korobov built stone building of the Admiralty. Ship weathervane raised on the spire of the 72-meter height. At the beginning of the 19th century reconstruction of the building was conducted under the supervision of the famous architect A.D. Zakharov. The complex was completely rebuilt. The three-storeyed building was decorated with 56 statues, 11 bas-reliefs and 350 stucco decorations. The idea of the architect was to glorify the power of the Russian fleet, enhancing the image of Russia as a naval power.

In this paper the authors on the basis of engineering, historical and cultural research [1] reveals the steps of changing the architectural appearance of this unique building, as well as dispelled some common misconceptions.

Keywords: historical and cultural monuments, engineering restoration, reconstruction, structural solutions.

Reference list

1. Report on the research. Inv. № 370 / 14 A / Popov A.O., Matveev I.Y., Biryuleva D.K. and others. Survey report technical condition of construction of the building on the street. Admiralty Ave. D.1. – SPb. The central tower of the Admiralty // Ltd. CTSC «EkspertProetkStroy». – Kazan, 2014.
2. Sosonko N.R. The Admiralty. – Leningrad: Izd-vo Lenizdat, 1982. – 124 p.
3. Stiglitz M.S., Lelina V.I., Gordeeva M.A., Kirikov B.M. Monuments of industrial architecture of St. Petersburg. – SPb.: Publishing house of Black and White, 2003. – 223 p.
4. The iconography of the project of the Central Tower of the Main building of the Admiralty. Archival materials of the «Committee on state control, use and protection of monuments of history and culture monuments» (KGIOP). – SPb.
5. Admiralty shipyards. Ships and years. 1704-1925. – SPb.: Publisher Gaunt, 1994. – 200 p.
6. Admiralty shipyards. People, vehicles, years. 1926-1996. – SPb.: Publisher Gaunt, 1996. – 392 p.
7. Pilawski V.I. Admiralty in St. Petersburg. – M.: Publisher Art, 1945. – 78 p.
8. The main military port of Russia: from St. Petersburg military port to the rear of the Leningrad naval base (the history of development of system of support of naval forces). – Publishing house of the Rear LenVMB, 1999. – 182 p.

УДК [514.8:004.9]:378
Ахметзянов Р.И. – студент
E-mail: nrustem@bk.ru
Данченко Л.В. – старший преподаватель
E-mail: d9700@yandex.ru
Рыбалкина Р.И. – старший преподаватель
E-mail: pr1948@yandex.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1

Геометрические и конструктивные особенности гиперболоидных конструкций

Аннотация

Данная статья содержит сведения из истории применения гиперболоидных конструкций в архитектуре и строительстве. Рассмотрены особенности зданий и сооружений различных эпох, с конца XIX века и до наших дней. На основе данных анализа творческих концепций, архитектурной формы и конструкторских решений значимых гиперболоидных сооружений делаются выводы о роли исследуемых поверхностей в истории архитектуры и строительной практике.

Ключевые слова: гипар, гиперболический параболоид, однополостный гиперболоид, гиперболоидные конструкции, оболочка, телебашня, стержневая конструкция.

В современном мире использование в архитектуре и строительстве необычных, смелых форм и конструкций приобретает немыслимые масштабы. Архитекторы стремятся создать поверхности, которые порой нельзя задать кинематически или системой уравнений. Они рисуются «от руки», задаются сложной математической моделью, дополнительно дорабатываются с помощью 3D-программ. Но несомненно, что среди всего разнообразия поверхностей, используемых в архитектуре, линейчатые являются самыми распространенными. Они используются для образования как классических, так и экстравагантных форм.

Формы древних сооружений близки к многогранникам, а грань – участок плоскости, как простейшей линейчатой поверхности.

Самые заметные виды сооружений романского периода – храмы-крепости и замки-крепости. А их главные компоненты – башня, колонна и арка, простейшие цилиндрические поверхноси. Эти детали составляют конструкционную базу неф и базилик. Эти компоненты сохраняются и в готических сооружениях, но они удлиняются и усложняются, образуя просторные помещения с высоким потолком. Вертикальное расположение образующих доминирует, чтобы подчеркнуть мрачное изящество и стремление готических сооружений ввысь. Яркий пример здания этого периода – Миланский Собор со множеством шпилей и скульптур, мраморных остроконечных башенок и колонн. Последовавшие позже периоды в архитектуре не были отмечены использованием радикально новых видов линейчатых поверхностей.

С наступлением XX века пришло время модернизма во всех видах искусства. Творческие поиски привели к необходимости перенести знания пространственной геометрии на архитектурные чертежи и строительную площадку. Мастера инженерно-архитектурной мысли, такие как первопроходцы модернизма Фрэнк Ллойд Райт, Рихард Нойтра, Ле Корбюзье, Алвар Аалто, Оскар Нимейер и наши современники Цезарь Пелли, Норман Фостер, Заха Хадид обратились к нестандартным линейчатым поверхностям – торсам, цилиндроидам, коноидам, геликоидам, гиперболическим поверхностям и др. Последние оказались одними из наиболее интересных, так как они сочетают в себе уникальные свойства, оригинальный и приятный глазу вид, а также простоту организации каркаса, что позволяет использовать их в архитектурной практике.

Гипербола – геометрическое место точек на плоскости, для которых разность расстояний до двух точек, называемых фокусами, постоянна. При вращении гиперболы вокруг мнимой оси получаем однополосный гиперболоид, а при вращении вокруг действительной – двуполостный. При таком определении двуполостный гиперболоид представляет собой две отдельные поверхности [1].

Меридианом и очерковой линией однополостного гиперболоида является гипербола. Диаметр горла поверхности вращения равен длине большой оси гиперболы. В большинстве случаев в архитектуре и строительстве эта поверхность ограничивается двумя окружностями – сечениями плоскостями, перпендикулярными оси вращения. Чаще всего эти плоскости расположены на разном расстоянии от горловины, чтобы радиусы сечений отличались и относились друг к другу по канонам «золотого сечения».

Одним из интересных свойств однополостного гиперболоида является то, что он является не только поверхностью вращения, но и дважды линейчатой поверхностью. Она образуется вращением вокруг оси скрещивающейся с ней прямой. Поверхность называется дважды линейчатой, потому что прямая, проведенная через любую точку образующей, расположенная под тем же углом к оси, на том же расстоянии от нее и не совпадающая с ней, также представляет собой образующую данной поверхности. Это свойство позволяет создавать строительные конструкции из прямых балок [1].

Гиперболоидная башня авторства В.Г. Шухова – самый известный пример применения однополостного гиперболоида на практике. Башня в Полибино стала первой в мире гиперболоидной конструкцией и вошла во все учебники по архитектуре и строительным конструкциям. Сооружение было построено для Всероссийской промышленной и художественной выставки в Нижнем Новгороде. Форму, которую имеет эта башня, ввёл в архитектуру сам В.Г. Шухов (патент Российской Империи № 1896; от 12 марта 1899 года). Имя В.Г. Шухова в народе ассоциируется исключительно с упомянутой «шуховской башней», однако этот великий инженер разработал множество других инженерных объектов и решений. Например, при увеличении высоты башни, чтобы сохранить ритм пересечений стержней, приходится увеличивать их количество. Однако, есть и другой выход – увеличивая высоту, ставить один гиперболоид на другой. Впервые эту идею В.Г. Шухов реализовал в 1911 г. при строительстве двухъярусной водонапорной башни в Ярославле (общая высота 39,5 м) [2].

Жесткость гиперболоидным башням придают не только специальные кольца жесткости, но и соединение стержней между собой. На практике балки чаще всего свариваются между собой в местах пересечений. Но конструкция все равно сохранит жесткость, даже если стержни будут закреплены лишь с двух концов и даже шарнирно. Причина, по которой балки сооружений все же свариваются между собой, – исключение вероятности потери устойчивости стержня в сжатом состоянии. Чтобы обеспечить правильную работу конструкции с учетом этого факта, необязательно скреплять стержни во всех точках пересечения. Конечное решение принимается инженером исходя из данных конкретного проекта.

Отдельного упоминания заслуживают два способа организации каркаса. В первом случае образующие каркаса не являются едиными стержнями, а собираются из более коротких элементов. Это делается для того, чтобы стала возможной их сварка «встык». Такую разновидность гиперболоидного каркаса мы видим в башне города Кобе, Япония. Во втором случае стержни свариваются «внахлест». Примеры – башня в Полибино, Аджигольский маяк на Украине. Кроме того, этот вид каркаса выгоден и при постройке сооружений небольшой высоты, так как каждая образующая каркаса может быть выполнена в виде единого стержня. Такую конструкцию легко монтировать, закрепив один конец балки на фундаменте и поднимая другой с помощью подъемного крана. В польском г. Цыхануве подобным образом устроена необычная водонапорная башня. Гиперболоидная конструкция шуховского типа поддерживает бак для воды в форме тора. Как видно на этом примере, описанная технология настолько рациональна, что ей нашли применение даже в таком обыденном сооружении, как водонапорная башня. Примечательно, что диаметр сечения основания меньше, чем у вершины сооружения.

Основа башни порта в г. Кобе (рис. 1) – центральный железобетонный стержень с обзорной площадкой большего диаметра вверху. Оболочка, несущая часть нагрузки и придающая сооружению жесткость и устойчивость выполнена в форме однополостного гиперболоида. Каркас выполнен на основе двух семейств образующих и меридиан. Меридианы каркаса есть дополнительные кольца жесткости, приваренные в местах пересечения стержней. В нижней и верхней частях башни элементы каркаса имеют большую длину, поэтому для сохранения эстетичности было добавлено несколько промежуточных колец. Ночная подсветка башни подчеркивает её ажурный каркас.

Рис. 1. Башня порта в г. Кобе

В промышленном строительстве в форме однополостного гиперболоида чаще всего сооружают градирни – сооружения для охлаждения больших объемов воды направленным потоком атмосферного воздуха, например на АЭС, тепловых станциях, некоторых заводах. Если башня градирни имеет форму гиперболической оболочки, обеспечивается естественная тяга воздуха. Такая форма оптимальна и по условиям внутренней аэродинамики и устойчивости. Гиперболоидные градирни можно увидеть, например, на ТЭЦ-21 в Москве, атомной электростанции THTR-300 в Германии [3].

В 20-е годы прошлого века архитекторы-конструктивисты находились в постоянном поиске новых дизайнерских решений. Однако уровень развития строительной механики не позволял многим проектам воплотиться в жизнь. Именно тогда многие архитекторы буквально «зацепились» за гиперболоидную форму. Шуховская конструкция явилась неким компромиссом между замечательными конструктивными качествами и необычной для того времени формой. С одной стороны, сооружение из прямых балок легко рассчитывалось, с другой стороны оно было достаточно экстравагантно для наблюдателя. Казалось бы, с развитием строительной техники и появлением новых материалов гиперболоидная поверхность должна была полностью уступить место сетчатым оболочкам общей формы. И как мы видим на сегодняшний день, этого не произошло. Однополостной гиперболоид по прежнему актуален как формообразующая поверхность в архитектуре. В рассмотренных примерах стержневая система позволяет раскрыть геометрические особенности используемой поверхности. Но уже к середине XX века она начинает использоваться по-другому. Например, построенный в 1963 году научный центр в Сент-Луисе, США покрыт сплошной бетонной оболочкой в форме однополостного гиперболоида. Однако арматурный каркас здания создан по той же шуховской схеме. Для всех подобных зданий это самое экономически рациональное решение [2].

Построенная в 2010 году гиперболоидная телебашня в Гуаньчжоу – вторая по высоте телебашня в мире – это ли не доказательство актуальности данной поверхности? Каркас оболочки сооружения состоит всего из одного семейства прямолинейных

образующих большого диаметра и еще из двух серий колец жесткости меньшей толщины. Эти элементы расположены согласно сечениям однополостного гиперболоида параллельными плоскостями. Описанные кольца имеют форму эллипса.

Форму однополостного гиперболоида могут иметь и висячие покрытия, например спроектированный знаменитым британским архитектором Норманом Фостером торгово-развлекательный комплекс «Хан-Шатыр» в Астане. Гиперболоидная форма сооружения продолжается от покрытия к первому этажу и далее распространяется на окружающий ландшафт. Оболочка поддерживается металлической ферменной конструкцией в области горловины поверхности.

В большинстве случаев каркас гиперболоидных оболочек создается из большого количества элементов, чтобы «сгладить» форму поверхности. Испанский архитектор Рикардо Бофиль решил отказаться от традиционного подхода и создал диспетчерскую башню в аэропорте Барселоны в минималистическом стиле. Количество железобетонных балок специально сведено к минимуму. Нужно признать, что оболочка получилась очень индивидуалистичной, ажурной.

Гиперболический параболоид (гипар) – это седлообразная поверхность, определяемая в декартовых координатах уравнением:

$$z = \frac{x^2}{a^2} - \frac{y^2}{b^2}.$$

Гипар задается и кинематически двумя способами:

1) Движение прямолинейной образующей по двум прямолинейным направляющим с заданной плоскостью параллелизма. Интересно, что та же самая поверхность получится, если за направляющие выбрать прямые, проведенные через соответствующие концы отрезков, а плоскость параллелизма заменить на перпендикулярную. Таким образом, в гипаре присутствуют две группы перпендикулярных образующих.

2) Движение параболы с ветвями, направленными вверх по параболе с ветвями, направленными вниз при условии, что образующая касается направляющей только вершиной. Эти параболы называются главными.

Пусть поверхность задана вышеописанным уравнением. Тогда сечения гипара плоскостями, параллельными O_{xz} и O_{yz} есть параболы. Сечения плоскостями, параллельными O_{xy} – гиперболы с вершинами, лежащими на главных параболах. В случае самой плоскости Oxy гипербола вырождается в две пересекающиеся прямые [1].

Первым инженером, теоретически обосновавшим эффективность конструкции на основе гиперболического параболоида, стала Т.М. Макарова. Это выдающееся изобретение было запатентовано в 1928 году в СССР. Т.М. Макарова представила две принципиальные схемы покрытия квадратного в плане помещения на основе гиперболического параболоида, собиравшиеся только из прямых элементов. В первом случае оболочка имеет пирамидальную форму и опирается на весь периметр стен, во втором – покрытие куполообразное и поддерживается только по углам [4].

Оболочки в форме гиперболического параболоида получили всемирное распространение лишь после окончания Второй мировой войны. В это время оболочки сооружались как из металла, так и из бетона путем монолитной заливки опалубки с прямыми стержнями арматуры без единого сгиба. Павильон «Космические лучи» для кампуса Национального Автономного Университета Мехико, разработанный выдающимся архитектором и конструктором Феликсом Канделой, стал первым сооружением с покрытием на основе гипара. В этом здании мы видим и продуманные пропорции, и четко выверенные параметры поверхности. Феликс Кандела внес значительный вклад в технологии расчета конструкций-оболочек, в частности оболочек двоякой кривизны и гиперболических параболоидов. Примечательно сооружение океанографического музея, в городе искусств и наук в Валенсии (рис. 2).

Форма здания музея образована серией отсеков гиперболического параболоида. Параметры поверхности и расположение плоскостей сечения выбраны так, что эти отсеки, будучи соединенными вместе, образуют гладкую поверхность без изломов.

Покрытие причудливо выступает над стеклянным фасадом. Выступ создается сечением гипара наклонной плоскостью.

Конструкцию из четырех «лепестков» гиперболического параболоида мы видим в другом проекте Феликса Канделы – заводе по разливу рома «Бакарди» в пригороде Мехико Куаутитлане. Известно, что при определенных условиях отсек поверхности сохраняет механико-геометрические свойства исходной поверхности. Именно это свойство позволяет опереть четырехчастную структуру покрытия завода лишь в четырех точках так же, как это возможно и для самого гипара.

Рис. 2. Океанографический музей в г. Валенсия

Одним из непростых решений, стоящих перед проектировщиками, работающими с гиперболическими оболочками, является выбор материала для покрытия каркаса. Оригинальный выбор сделали архитекторы Элизабет Диллер и Рикардо Скофидио при разработке павильона «Гипар» Линкольн-центра в Нью-Йорке. На крыше в форме гипара расположился газон, на котором могут отдохнуть посетители.

По всему миру разбросано большое количество стадионов с крышей в форме гиперболического параболоида. Например, Saddledome в канадском Калгари, небольшой стадион в минском парке Горького, открытый к Олимпийским играм 1967 года Дворец спорта в Гренобле, крытый каток в г. Коломне. Благодаря такой форме крыши, на стадионе можно устроить как низкие, так и высокие трибуны.

Рассмотрев особенности и свойства гиперболических поверхностей, можно сделать вывод, что они очень удачно подходят для использования в архитектуре и строительстве. Применение гиперболических поверхностей в строительном деле стало революцией и большим техническим прорывом. Обобщим самые важные их свойства.

Во-первых, они приятны человеческому глазу. Общепризнано, что человек лучше всего воспринимает простые формы и поверхности. Ажурный каркас башни на основе однополостного гиперболоида, масштабные шатровые конструкции, необычная форма оболочки на основе гиперболического параболоида очень эффектно смотрятся, а также гармонично вписываются в окружающий ландшафт.

Во-вторых, геометрические свойства этих поверхностей обосновывают их конструкционные качества. Возможность создания каркаса из прямых балок – самая главная особенность сооружений на основе гиперболических поверхностей.

В-третьих, почти все поверхности, которые образуются в результате пересечения гиперболических поверхностей с другими поверхностями, сохраняют их свойства – жесткость и прочность. По этой причине в одном сооружении можно сочетать разные виды поверхностей.

Список библиографических ссылок

1. Дыховичный Ю.А. Современные пространственные конструкции. – М.: Высш. шк., 1991. – 543 с.

2. Хан-Магомедов С.О. Архитектура советского авангарда, Кн. 1. Проблемы формообразования. Мастера и течения. – М.: Стройиздат, 1996. – 715 с.
3. Абрамов Н.Н. Водоснабжение. Стройиздат, 1974. – 371 с.
4. Макарова Т.М. Патент на изобретение «Перекрытие помещений», № 5568. 30 марта, 1925.
5. Феликс Кандела. URL: http://www.liveinternet.ru (дата обращения: 9.04.2014).
6. Аристова Л.В., Быкова Г.И. Физкультурно-спортивные сооружения. Деревянные клееные конструкции. – М.: Изд-во «СпортАкадемПресс», 1999. – 536 с.
7. Бартонь Н.Э., Чернов И.Е. Архитектурные конструкции. – М.: Высш. шк., 1974. – 320 с.
8. Савельев А.А. Конструкции крыш. Стропильные системы. – М.: Аделант, 2009. – 119 с.

Akhmetzyanov R.I. – student
E-mail: nrustem@bk.ru
Danchenko L.V. – senior lecturer
E-mail: d9700@yandex.ru
Rybalkina R.I. – senior lecturer
E-mail: pr1948@yandex.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Geometric and structural features of hyperboloid structures

Resume

Since the XXth century till present, in architecture and construction hyperbolic surfaces have been often used. Hyperbolic surfaces are surfaces which have an infinite number of sections forming the hyperbole.

Humanity has accumulated rich experience in the use of these surfaces as basic formation of the entire structure and its individual parts. Rationality of design based on hyperbolic surfaces was proved long ago, and in this regard one can see how often they are used in the coatings of individual and large span structures.

On the basis of the one-sheet hyperboloid tent structures are built, such as the Khan Shatyr in Astana, high-rise buildings of various types – television towers, such as in Guangzhou, China. Hyperboloids have a potential to be used as a spatial coverings. This is hanging membrane kind of structures, coverings of sports facilities (the ice rink Saddledome in Calgary, Canada), public buildings (the airport in St. Louis, the USA).

Keywords: hyperbolic paraboloid, one-sheet hyperboloid, hyperboloid structures, shell, television tower, rod design.

Reference list

1. Dykhovichny Y.A. Modern dimensional structures. – M.: Higher school, 1991. – 543 p.
2. Khan-Magomedov S.O. Architecture of the Soviet Avant-Garde, Book 1. Problems of Forming. Masters and Trends. – M.: Stroiizdat, 1996. – 715 p.
3. Abramov N.N. Water Supply. Stroiizdat, 1974. – 371 p.
4. Makarova T.M. Patent for the Invention «Facility Floors» № 5568. March 30, 1925.
5. Felix Candela. URL: http://www.liveinternet.ru (reference date: 9.04.2014).
6. Aristova L.V., Bykov L.V. Sports Facilities. Wooden Glued Constructions. – M.: Publishing house «SportAcademPress», 1999. – 536 p.
7. Barton N.E., Chernov I.E. Architectural structures. – M.: Higher school, 1974. – 320 p.
8. Saveliev A.A. Roof constructions. Truss systems. – M.: Adelant, 2009. – 119 p.

УДК 747.012
Бурова Т.Ю. – кандидат архитектуры, доцент
E-mail: tadrik@yandex.ru
Егоров Д.А. – старший преподаватель
E-mail: egorov_dan@mail.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1

Формирование дизайн-концепции в рамках курса художественное проектирование интерьера

Аннотация

Требования современности постоянно ставят перед дизайнерами задачи поиска новых решений при генерировании идей. Решения многих интерьеров с точки зрения раскрытия идеи-образа, принятых для конкретных условий, являются уникальными.

В процессе обучения у студентов возникает проблема трансформации идеи-образа в дизайн-концепцию. Как показывает практика не всякий студент может представить свою идею в виде дизайн-концепции. При этом многие ставят между этими понятиями знак равенства.

В статье рассматриваются основные этапы формирования дизай-концепции.

Ключевые слова: художественное проектирование интерьера, дизайн-концепция, концепция интерьера, образ интерьера.

Понятие дизайн-концепции является одним из ключевых для курса Художественное Проектирование Интерьера на специальности 070603.

«Дизайн-концепция это четкая мысль, выраженная средствами архитектуры. Литературная, эмоциональная или пространственная идея, которая объединяет вокруг себя все решения в проекте». (Фёдор Ращевский, гл. архитектор проектов департамента интерьеров ABD ARCHITECTS).

Создание дизайн-концепции – самостоятельный абсолютно авторский раздел проектной работы. Идея, в отличие от дизайн-концепции, может быть представлена в текстовом виде, в виде комиксов-картинок, в виде аналогового цветового или иллюстративного ряда. Дизайн-концепцию следует раскрывать при помощи средств архитектурной композиции. Для успешного представления необходимо не только «интуитивное озарение» и «чутье на гармоническое построение», но и рациональное восприятие действительности. Следует единовременно сформулировать главную мысль, объединяющую образ и функциональное начало. Дизайн-концепция вырабатывает своего рода предпроектную идею будущего решения, формулирующую принципы работы. Средства архитектурной композиции и способы формообразования позволяют задуманную образную идею представить в реальном пространстве. При этом дизайн-концепция не является готовым проектом, оставляя творческое поле для дальнейшего преобразования и реализации идеи.

Концепция в переводе с латыни (лат. conceptio) – понимание, систематизация. Если собрать воедино ключевые слова, определяющие понятие концепции, то мы получаем, что концепция – это:

- трактовка каких-либо явлений;
- приоритетная точка зрения;
- центральная идея для представления творческого понимания ситуации;
- система взглядов на явления в мире, в природе, в обществе;
- ведущий принцип в научно-технической, художественной, экономической, политической и других видах деятельности;

Концепция (лат. conceptio – понимание, познание) – основная идея, замысел, ведущая мысль, план какого-либо научного труда, произведения искусства и т.п. (Словарь иностранных слов. Комлев Н.Г., 2006).

Концепция определяет систему путей решения выбранной задачи и стратегию действий.

Понятие концепция можно встретить во многих сферах человеческой деятельности. Оно встречается не только в дизайне, архитектуре, художественном творчестве, но и в политике, экономике, менеджменте, инженерии, рекламе, в других отраслях научно-технической деятельности.

Понятие дизайн-концепции определяет единство визуального и смыслового начала любого проекта, причем в разных, перечисленных выше сферах деятельности. Применительно к художественному проектированию можно сказать, что дизайн-концепция – это одновременно пространственная и эмоциональная идея. Она выражена художественными средствами представления информации, такими как иллюстрации, зарисовки и графические материалы. Дизайн-концепция концентрирует предполагаемые решения проекта.

С формирования концепции необходимо начинать работу над любым проектом. В художественном проектировании концепция – это визуально-вербальное изложение, пересказ всей функциональной стратегии. Благодаря этому можно «собрать» необходимые ресурсы в виде изображений, иллюстраций, схем и таблиц и в дальнейшем сформировать полноценный образно-функциональный сценарий. Структурирование и систематизация отдельных разрозненных мыслей и идей на бумаге обязательная составляющая в курсе художественного проектирования. Это необходимо как для самого автора, в данном случае студента, так и для потенциального заказчика, в роли которого в процессе обучения выступает преподаватель.

Перед тем, как приступить к формированию дизайн-концепции проекта, нужно последовательно реализовать следующие задачи:

1. Проанализировать специальную, научную, техническую и периодическую литературу по исследуемой проблеме проекта;

2. Выявить основные образные и функциональные составляющие, отражающие задуманную идею;

3. Определить ключевые характерные и понятные для реализации визуально-вербальные приемы, которые позволят автору выразить проектную мысль.

Дизайн-концепция проекта – это образно-функциональная модель проекта. Она отражает на определенном уровне обобщения ключевые принципы и приемы для дальнейшей реализации проекта. Кроме этого она учитывает комплекс исходных факторов, влияющих на формирование как образа, так и функционального сценария. И, наконец, дизай-концепция определяет весь алгоритм работы и по сути должна ответить на ключевой вопрос «что делать?» и какими средствами достичь результата.

В рамках курса художественное проектирование при формировании дизайн-концепции студенту предлагается раскрыть свое видение поставленной в проекте проблемы, пути ее решения, средства, которыми может быть достигнут результат и предполагаемый алгоритм реализации. После подготовки дизайн-концепции целесообразно представить ее в графическом, иллюстративном, табличном виде. Это позволит автору комплексно оценить свой результат и исключить заведомо неграмотные решения поставленных задач.

В дизайн-концепции необходимо отразить творческую новизну и индивидуальность решения. Тут автор концепции должен четко представить, что нового он лично вносит в проектное решение своим предложением. Это может быть образная и (или) функциональная и (или) конструктивная составляющие. Причем творческая новизна концепции не означает, что вся работа должна быть совершенно новой. Формирование концепции невозможно без использования и творческой эксплуатации существующих идей.

Для художественного проектирования дизайн-концепция – это система опорных точек построения проекта, творчески описанная и позволяющая достичь результата. Это визуальный образ проекта и инструкция по воплощению, записанная на бумаге в графическом виде.

Дизайн-концепция проекта – это понятие образное и абстрактное, сформированное на уровне структуры и идей. В этом ракурсе дизайн-концепция не должна содержать ничего лишнего, что может отвлечь от центральной идеи. Для формирования такой идеальной концепции нужно хорошее знание «базы данных» или информационного материала. Для формирования дизайн-концепции нами выделены моменты, на которые следует обратить внимание:

1. Дать необычное, но понятное название. Оно должно быть емким, образным, удобно читаемым, понятно написанным. Кроме этого название должно отражать как содержание, так и основную идею проекта;

2. Определить цель проекта. При этом важно помнить, что цель отображает желаемый результат;

3. Четко сформулировать основные задачи, выделяя в качестве основных не более пяти. Задачи выявляют действия, которые необходимо осуществить для достижения результата;

4. Сформировать образно-функциональную палитру из понятных терминов, изображений, схем и эскизов, отражающих название, основную идею, цель и поставленные задачи;

5. Дать описание (вербальное и текстовое) проекта на основе ранее сформированной палитры образов и эскизов.
Здесь необходимо написать несколько абзацев текста, описывающих проект, подчеркивающих его сущность, уникальность и достоинства. Текст должен быть понятным и увлекательным. В дальнейшем в реальной практике это пригодится для привлечения потенциальных инвесторов.

После анализа большого количества форумов с изложениями разного рода коцепций, мы сформулировали общие советы по написанию дизайн-концепции:

- Используйте уникальную идею;
- Пишите грамотно по-русски, с соблюдением морфологии и семантики языка;
- Общайтесь с людьми, представляющими интерес для потенциальной реализации проекта;
- Изучайте профессиональную литературу, выделяя важные и интересные части;
- Составьте журнал сделанных ошибок. Кроме этого записывайте туда всё, что является недостатком или не нравиться в проекте, а потом исправляйте;
- Составьте журнал идей. Записывайте туда все, даже безумные, идеи относительно проекта.

Однако не стоит беспрекословно следовать им, надеясь, что именно это приведет к созданию идеальной концепции. Дизайнеру следует постепенно выработать свой индивидуальный набор принципов, который позволит комфортно работать над задачей.

Для реализации дизайн-концепции необходимо появление большого количества идей. При этом очень важно не зацикливаться на своих удачных приемах, следует постоянно совершенствоваться, чтобы быстро уметь перестраиваться к новым условиям. В процессе обучения очень важно уметь выразить концепцию именно на бумаге, в графическом виде. Прежде всего, следует думать об идее, ее содержании и функциональности. Любую идею необходимо представить в систематизированном, удобном для графической подачи, виде. Сетка или условная табличная форма поможет структурировать расположение различных графических и текстовых составляющих относительно друг друга. Такой способ подачи информации позволяет представить образную идею в виде логической цепочки.

Немаловажным для дизайн-концепции является выбор шрифта. Поскольку она включает не менее 25 % текстовой информации, иногда и больше. Из этого следует, что необходимо выбирать базовый шрифт, с которым легко прочитать основную мысль, и шрифт более неформальный, который позволяет расшифровать графическую информацию, дать пояснения.

Для рационального формирования дизайн-концепции следует ограничить палитру цветов, чтобы избежать эмоциональной, информационной визуальной перегрузки при ее восприятии. Чтобы создать понятную дизайн-концепцию следует избегать некоторых моментов. Так, например, «размытые» края в графических элементах, «размытые»

шрифты, нечеткие границы разных изобразительных рядов с эстетической точки зрения отрицательно влияют на полноценное восприятие целого. Примеров можно приводить бесконечное множество, поэтому следует анализировать каждый выбранный для дизайн-концепции элемент в отдельности более тщательно.

Дизайн-концепция должна включать в себя четко структурированную информацию, предварительно классифицированную по какому-либо признаку. Необходимо понимать, что следует делить графическую информацию, прежде чем вставлять ее в общую структуру дизайн-концепции. Чем проще и понятнее классификационный признак, тем логичнее концепция, тем проще она для восприятия. Каждый раздел концепции должен раскрывать какую-то составляющую всей идеи. Так, например, в качестве отдельных классификационных признаков могут выступать стиль, цвет, форма, материал, эмоциональный образ, технологические приемы и т.д. Общий дизайн всей концепции должен помогать обращать при восприятии внимание на наиболее важные блоки. В целом, не должно быть слишком много главного. Необходимо регулярно задавать себе вопрос: «Насколько важен тот или иной графический элемент в общем контексте всей концепции?» Следует разумно оценивать не только графическое содержание элементов, но и их смысловое содержание, т.е. насколько каждый элемент способствует полноценной реализации всей дизайн-концепции. И как следствие, могут ли быть удалены какие-либо элементы (графические или текстовые. Это будет способствовать тому, что концепция становится более легкой и элегантной для восприятия.

Последовательное формирование дизайн-концепций в рамках курса художественное проектирование приводит к тому, что у каждого студента вырабатывается свой собственный индивидуальный стиль подачи информации. Параллельно с этим необходимо избегать типовых приемов графического изображения. Следовательно, кроме «фирменного стиля» формирование дизайн-концепции способствует постоянному творческому росту. Поскольку существует вопрос к самому себе, который требует придумать и, главное, сформировать новое решение той или иной задачи. Поэтому необходимо бросать вызов самому себе на каждом новом проекте. В качестве приемов это может быть: использование новой сетки для расположения информационных блоков, изменение цветовых предпочтений при подаче или смена классификационных признаков при формировании информации. Кроме этого следует обращать внимание на детали. В целом, они должны выглядеть неотъемлемыми элементами одного целого и также естественно вписываться в него. Дизайн – он ведь в мелочах. Поэтому необходимо анализировать и используемые графические приемы: тени, текстуры, прозрачность (непрозрачность), контрастность и т.д.

И наконец, дизайн-концепция не может считаться законченной без хорошей защиты. «Идеальная» дизайн-концепция может быть проигнорирована или как минимум не понята, если нет возможности достойно ее преподнести. Всегда следует иметь в виду: если все абсолютно ясно автору, то это не значит, что также абсолютно ясно для тех, кто видит эту концепцию впервые.

Построение дизайн-концепции любого объекта может включать следующие информационные блоки:

1. Описание идеи. Здесь возможно использование любого приема визуализации, как, например, текстовая таблица, набор образных сюжетов, иллюстрации и изображения;

2. Определение наиболее выгодной ценовой и целевой аудитории. На уровне построения дизайн-концепции необходимо точно представлять для кого будет формироваться пространство. Данный материал проще представлять в табличном виде;

3. Планировочные решения. В этом информационном блоке имеют место аналоговые планировочные решения, на которые следует обращать внимание при формировании проекта. Здесь необходимо уделить внимание и нормативным параметрам, если таковые имеются при проектировании заданного интерьера;

4. Описание стилистической концепции оформления интерьеров. В данном разделе желательно представить иллюстративный ряд, характеризующий стилевое решение будущего интерьера. В отдельный блок можно вынести характерные детали определенного стиля, цветовые сочетания, примеры фактур и т.д.;

5. Предварительный подбор отделочных материалов. Данный раздел дизайн-концепции является смежным с предыдущим, может составлять с ним единое целое. Наилучшим образом он иллюстрируется при помощи изображений, представленных в виде цвето-фактурной карты.

Таким образом, дизайн-концепция включает в себя эмоциональный образ, стилистическое и цветовое решение интерьера, планировочные схемы, предварительный обзор мебели, светильников и отделочных материалов. Весь материал должен быть представлен в систематизированном виде. Дизайн-концепция **–** это художественный образ, творческая мысль и функциональная идея, воплощенная в доступном и удобочитаемом виде. Дизайн-концепция **–** это важнейший информативный блок, оформленный умелой рукой специалиста. Задача концепции – получить понимание конечной цели, сформировав визуальный ряд по ключевым вопросам проекта.

В рамках курса художественное проектирование у студента формируется индивидуальный алгоритм разработки дизайн-концепции. Студент, ограниченный рамками тем и условий, решает последовательно ряд задач, каждый раз совершенствуя очередную форму представления дизайн-концепции. Результатом подобного построения является индивидуальная модель, отражающая образную и материальную сторону проекта. Следовательно, от дизайн-концепции зависит новизна и перспективность авторских предложений, особенности их дальнейшего развития и даже судьба приятия их зрителем.

Список библиографических ссылок

1. Гидион З. Пространство, время, архитектура. – М.: Стройиздат, 1984. – 456 с.
2. Глазычев В.Л. Дизайн как он есть. – М.: Европа, 2006. – 317 с.
3. Лаврентьев А.Н. История дизайна // Учебное пособие. – М.: Гардарики, 2007. – 303 с.
4. Холмянский Л.М., Щипанов А.С. Дизайн. – М.: Просвещение, 1985. – 240 с.
5. URL: http://cinemalib.narod.ru/concept.html (дата обращения: 30.06.2014).
6. URL: http://dic.academic.ru/dic.nsf/dic_fwords/20524/%D0%9A%D0%9E%D0%9D%D0%A6%D0%95%D0%9F%D0%A6%D0%98%D0%AF (дата обращения: 30.06.2014).
7. URL: http://www.nadprof.ru/projects/bp/concept.htm (дата обращения: 30.06.2014).

Burova T.Y. – candidate of architecture, associate professor
E-mail: tadrik@yandex.ru
Egorov D.A. – senior lecturer
E-mail: egorov_dan@mail.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Formation design-concept within a course art design of an interior

Resume

The notion of the design-concept defines unity of the visual and semantic beginning of any project. It is expressed by art means of submission of information, such as illustrations, sketches and graphic materials. It reflects the key principles and receptions for further implementation of the project. Besides it considers a complex of the initial factors influencing formation of an image and the functional scenario. Design-concept defines algorithm of work.

Within a course art design when forming design-concept to the student is offered to open the vision of the problem put in the project, a way of its decision, means by which the result and estimated algorithm of realization can be reached. After preparation of the design-concept it is expedient to present it in a graphic, illustrative, tabular look. In the course of training at the student the individual algorithm of development of the design concept is formed. The author's model reflecting a figurative and material aspect of the project is result.

Keywords: art design of an interior, design-concept, concept of an interior, image of an interior.

Reference list

1. Gidion Z. Space, time, architecture. – M.: Stroyizdat, 1984. – 456 p.
2. Glazychev V.L. Design as it is. – M.: Evropa, 2006. – 317 p.
3. Lavrentyev A.N. History of design // Manual. – M.: Gardariki, 2007. – 303 p.
4. Holmyansky L.M., Shchipanov A.S. Design. – M.: Obrazovanie, 1985. – 240 p.
5. URL: http://cinemalib.narod.ru/concept.html (reference date: 30.06.2014).
6. URL: http://dic.academic.ru/dic.nsf/dic_fwords/20524/%D0%9A%D0%9E%D0%9D%D0%A6%D0%95%D0%9F%D0%A6%D0%98%D0%AF (reference date: 30.06.2014).
7. URL: http://www.nadprof.ru/projects/bp/concept.htm (reference date: 30.06.2014).

УДК 74.01.09
Гимадиева Л.И. – студент
E-mail: lisan85@mail.ru
Кулеева Л.М. – кандидат архитектуры, профессор
E-mail: la_mur@rambler.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1

Развитие органической архитектуры в XXI в. на примере творчества Барта Принса

Аннотация

Данная статья посвящена изучению органической архитектуры и анализу её развития в 21 в. на примере творчества Барта Принса. В ней рассмотрены ключевые этапы становления, описан опыт работы представителей данного архитектурного направления и характерные особенности.

Целью статьи является анализ развития органической архитектуры в нашем веке, поэтому основное содержание составляет обзор творчества современных архитекторов, в особенности творчество Барта Принса.

Изучены сходства и отличительные особенности подхода к проектированию объектов, в сравнении с архитектурой основоположников и современников, проведен анализ.

Ключевые слова: органическая архитектура, истоки, основатели, представители, Фрэнк Ллойд Райт, основные принципы, Барт Принс.

Органическая архитектура – направление в архитектуре XX в. (особенно распространённое в 30-50-е гг., главным образом в США и Западной Европе), провозгласившее своей задачей создание таких произведений, форма которых вытекала бы из их конкретного назначения и конкретных условий среды, подобно форме естественных организмов [1].

Данное направление занимает значимое место в архитектуре конца XIX и начала XXI вв.. В век высоких технологий некоторые архитекторы по-прежнему стремятся к природным формам и это явление имеет глубокие корни.

Впервые термин органической архитектуры сформулировал американский архитектор Л. Салливен в 1890-е гг.

Основными принципами и композиционными приёмами этого направления в архитектуре являются: соответствие отдельного сооружения индивидуальным требованиям, условиям и задачам конкретного строительства; учёт местных социокультурных, этнических, бытовых и строительных традиций; «интегральность» (единство, цельность) в архитектуре, «свободное пространство», не разделённое внутри здания на изолированные помещения и по возможности объединённое с окружающим внешним пространством; упрощение и укрупнение архитектурных форм. Наряду с прогрессивными принципами органической архитектуры, иногда на первый план выступают такие отрицательные её черты, как тенденция к иррационализму, формальное подражание природным органическим конструкциям [2].

Историк архитектуры Берендт считает, что органическая архитектура определяется как форма, не основанная на геометрии, вытекающая из природной среды, так и правильная форма, т.е. основанная на геометрии, следующая пропорциям золотого сечения [3].

Наиболее ярко и убедительно приемы и принципы органической архитектуры проявились в теоретических работах и проектной деятельности американского архитектора Ф.Л. Райта. Противопоставление подчёркнутому выделению архитектурного пространства отдельных частей в классицистической архитектуре с её непрерывностью - основа концепции Райта. Естественный материал с его специфическими свойствами сочетался у Райта с природным ландшафтом, неотъемлемой частью которого по мнению Райта, должны являться постройки. В то же время Райт не допускал внешнее сходство с формами органической природы. Райт однозначно не приемлет «архитектуру-дизайн», которая может «переехать в любое место». Его дома связаны с ландшафтом.

Огромный интерес вызывают собственные резиденции Райта: Северный Тейлизин в штате Висконсин и Западный Тейлизин в штате Аризона. Некоторые критики утверждали, что по своему решению они отличаются, что позволяет, по их мнению, обвинять Райта в погоне за сенсационностью, но, по сути дела, расхождения в архитектуре были следствием влияния ландшафтов Висконсина и Аризоны на архитектуру домов. Влияние ландшафта сказалось и на выборе строительных материалов. Поэтому он с великим уважением относился к историческому опыту. В основе искусства архитектуры древних, по мнению Райта, было применение местных материалов в зависимости от их свойств. К тому же, в органичном здании, по его мнению, ничто не является законченным само по себе, но является законченным лишь как часть целого [4].

Подход проектирования органической архитектуры Ф.Л. Райта по сути своей отказывается от классицистического принципа организации целого из законченных по своей структуре элементов. Однако, архитектор, в то же время не приемлет и монолитное, по своему характеру целое, высказывая утверждение о том, что характер участка является исходной точкой для строительства.

Под влиянием положений органической архитектуры были организованы местные архитектурные школы в скандинавских странах и в Финляндии. Наиболее влиятельным представителем органической архитектуры в Европе был Алвар Аалто.

Основные принципы его взгляда на проектирование: свободное внутреннее пространство, развертывающееся как правило в горизонтальной плоскости; постоянное сочетание железобетона и стекла с более традиционными материалами: деревом, кирпичом и камнем. Наряду с этим, каждому строительному материалу, как считал Аалто, предназначена своя область применения. Функциональная архитектура Аалто вследствие всему этому стала архитектурой органической во всех отношениях, которая представляла собой сдержанный европейский аналог творчества Фрэнка Ллойда Райта. К тому же архитектор обращается к природным формам не только как к контексту, но и как к примеру структурной организации и связи с окружающей средой. Возможно, по этой причине его архитектура не имеют никакой связи с аналогами природных образцов.

В дальнейшем концепции органической архитектуры стала популярной и в Италии. Группа APAO (Associazione per l'Architettura Organica, Ассоциация органической архитектуры) была создана в 1945 в Риме. Однако насущные социальные задач были не совместимы с идеями направления и уводили от решений, стоящих перед архитектурой.

Устремленная к индивидуализму органическая архитектура отвергала применение в строительстве методов стандартизации и индустриализации. Элементы дезурбанизма противоречили реальным архитектурно-строительными задачами, возникшими после Второй мировой войны 1939-1945гг. В это время стало необходимым массовое индустриальное строительство. Строительство особняков, вилл, загородных отелей стало неактуальным. Смерть Райта (1959) послужило разделению направления на различные тенденции архитектуры 60-х гг., направленных на развитие рационалистических методов архитектурного творчества. Некоторые общие принципы формообразования, отдельные приёмы, выработанные органической архитектурой, широко применяются и по сей день.

Становление эстетики био-тека в начале XXI века повлияло на возрождение интереса к органической архитектуре, которая, в отличие от Райта, признаёт возможность и значимость прямых внешних аналогий архитектурных форм с формами органической природы.

Один из самых известных современников органической архитектуры является архитектор Барт Принс (Bart Prins). Его строения исходят из ландшафта, принятых материалов и являются их органичным продолжением. Барт Принс специализируется на частных домах, стремясь соединить в них индивидуальность заказчика, закономерности структуры, материала, пространства и света, а также топографию территории. Он воспринимается в профессиональных кругах как последователь органической архитектуры Фрэнка Ллойда Райта. Основной принцип его подхода к проектированию – природная пластика форм и гармония с окружающей средой. Проекты Принса начинаются изнутри наружу, и каждый его дом имеет под собой свой особый уникальный замысел.

Приведем самые яркие примеры проектов Принса. Особой красотой отличается Усадьба Генри Уайтинга в «дачном» районе штата Айдахо – Солнечной долине (США)

(рис. 1). Безусловно, успеху способствовало индивидуальный подход проектировщика к идеям заказчика. Уайтинг, будучи сам архитектором, имел собственное видение проекта. Он выбрал открытый и сухой участок, на фоне которого располагаются высокие холмы – отроги Сотус Маунтинз (горы – «Зубья пилы»), задание на проектирование было разработано им же, а Барт Принс, в свою очередь, воплотил его идеи в реализованный проект. План здания имеет очень простую и ясную архитектуру. Стены имеют 8-образную форму, которые частично обвивают друг друга и связывают продольной осью общее рекреационное пространство, являясь основой формообразования. Также здание делится S-образными стенами на три группы помещений. Северная группа – приватные помещения владельца усадьбы. Южная группа – зона гостевых помещений. Центр же предназначен для парадного помещения. Изогнутые шедовые кровли на изогнутых деревоклееных фермах перекрывают каждую пространственную ячейку. С двух сторон – с запада и востока – охвачена кровлями центральная группа помещений. Чтобы организовать верхний свет был использован пространственный разрыв. Криволинейные проходы, выступающие из наружных стен, ведут к помещениям владельцев и гостей. Стены цокольного этажа имеют хорошо вписывающиеся криволинейные очертания, создавая гармонию здания в природном контексте. Там же размещены стоянки для машин, а также стены, охватывающие подъезды и подходы к усадьбе.

Рис. 1. Резиденция Генри Уайтинга, неподалеку от Солнечной Долины, Айдахо, 1989-1991 гг. [5]

Дом американского бизнесмена Стива Скилкена является одной из последних работ Барта Принса (рис. 2). Эффект восприятия этого здания раскрывается сверху, с птичьего полёта. Это здание спроектировано таким образом, чтобы плавные линии остеклённых поверхностей раскрывались, когда хозяин дома подлетает к дому на вертолёте. Основные инженерные коммуникации проведены в центральной опоре здания. Окружность служит основой формообразования. Самая большая из этих окружностей разделена пополам. Основные помещения дома находятся в этих половинах. Две другие окружности меньшего размера образуют рекреационные помещения. Своеобразные конструкции в форме гриба, сделанные из дерева, служат материальным и пластическим организатором пространственной среды. Ажурная опора каждой из этих конструкций фиксирует центр окружности. Площадка второго уровня дома крепится на каждой из этих опор. Длинный бассейн, находящийся на первом уровне здания, плавно перетекает из природной среды в архитектуру здания. Бассейн окружают пальмы и банановые деревья. Рядом с домом был ручей, но его перекрыли и устроили декоративный водоем. Карьер, который служил для добычи камня, также заполнили водой. По нашему мнению, здесь прослеживается аналогия с домом над водопадом архитектора Ф.Л. Райта.

Рис. 2. Резиденция Стива Скилкена. Колумбус, штат Огайо, США, 1996-1999 гг.,1989-1991 гг. [6]

На наш взгляд, наиболее выразительно современный подход органической архитектуры Барта Принса был выражен в следующем проекте виллы для Джозефа Прайса.

В 1984 г. архитектор получил от Джозефа Прайса заказ на строительство на живописном участке на берегу Тихого океана в Корона дель Мар (рис. 3). Перед Принсом стояла следующая задача – построить уединенное жилище, которое бы гармонично вписывалось в окружающую среду и имела связь с морем. Волнистая поверхность необычной формы отделанная гонтом, объединяет все жилые помещения и изолирует виллу от соседей. Извилистая волна направлена к морю, постепенно раскрываясь и обнажая «вплавленные» в нее круглые в плане конструкции раскрывающейся к морю виллы. Три врезанных друг в друга объемные конструкции напоминают огромные коконы. Каждая из этих окружностей подпирается колонной, похожая на ствол дерева. Внутри этих окружностей расположены кабинет, кухня и детская спальня. Комнаты обшиты деревом и перекрыты фонарями верхнего света из разноцветных стекол. Ручей впадает в маленький бассейн, огибая стволы колонн. В ландшафте прослеживаются мотивы Японии – кусты бамбука, пологий мостик над водой, скрытый в зарослях чайный домик и крупные валуны. Дом расположен на скальной пароде, которая выглядывает из под плитки пола. Вода в сочетании с причудливыми формами дома, а также дерево, гонт, валуны – все это создает чувство гармонии и ощущение, что сооружение создано самой природой.

Рис. 3. Вилла Прайса. Лос-Анджелес, штат Калифорния, США, 1984-1989 гг., 1994-1996 гг. [7]

Интересен подход к проектированию собственного дома Барта Принса в Альбукерке, Нью-Мексико, располагающегося на небольшом уступе (рис. 4). На первом этаже находятся жилые помещения, а наверху в металлической надстройке змеевидной формы собственно архитектурная студия. Окна-иллюминаторы, винтовые пожарные лестницы и торчащие по всему зданию антенны добавляют таинственности и без того авангардной конструкции.

Рис. 4. Собственный дом архитектора Барта Принса в Альбукерке, Нью-Мексико, 1983-1984 гг. [8]

Барт Принс имеет особый метод работы над проектом. Он сочетает в своих работах творческие эксперименты и уважение к мнению заказчика. Он ломает привычные представления о форме и конструкции зданий и вместо унылых многоэтажных коробок предлагает оригинальные проекты домов, полные динамики и новаторских решений. Барт убежден, что замысел каждого из его творений раскрывается от внутреннего к внешнему, от интерьера к экстерьеру, и имеет нестандартную организацию пространства и света. Его архитектура образуется путем взаимодействия ландшафта, материалов и планировки. Красота подобной архитектуры спорна, но несомненно она поражает и развивает воображение.

Подводя итоги анализа развития органической архитектуры XX в. на примере творчества Барта Принса, следует отметить, что органическая архитектура, ориентированная на природную среду и на естественные потребности человека как части природы, способна придать архитектурному мышлению новый импульс, может послужить примером нового отношения к природе и научно-техническому прогрессу, и, что еще важнее, примером более глубокого осмысления внутренней жизни человека. Идея взаимосвязи со средой для архитектурных объектов является рациональной и разумной, вполне отвечает современной тенденции. С самого зачатия органической архитектуры и до сегодняшних дней архитекторы проповедуют через свои произведения философскую картину мира и образ жизни в единении с природой. По мнению современных архитекторов за органической архитектурой – будущее.

Список библиографических ссылок

1. Словарь архитектурных терминов // ARCHI.RU: URL: http://www.archi.ru/files/terms/term_o.htm#Органическая архитектура (дата обращения: 18.05.2010).
2. Бхаскаран Л. Органический дизайн. Дизайн и время. Стили и направления в современном искусстве и архитектуре. – М.: Изд-во Арт-Родник, 2009. – 22 с.
3. Справочник по архитектуре и проектированию. Органическая архитектура // ARX.NOVOSIBOM.RU: URL: http://arx.novosibdom.ru/node/484 (дата обращения: 03.11.2011).

4. Анисимова И.И. Уникальные дома от Райта до Гери. – М.: Архитектура-С, 2009. – 160 с.
5. Архитектура Барта Принса. Вилла Прайса // BARTPRINCE.COM: URL: http://www.bartprince.com/price.html (дата обращения: 24.07.2013).
6. Архитектура Барта Принса. Резиденция Генри Уайтинга // BARTPRINCE.COM: URL: http://www.bartprince.com/whiting.html (дата обращения: 24.07.2013).
7. Архитектура Барта Принса. Резиденция Стива Скилкена // BARTPRINCE.COM: URL: http://www.bartprince.com/skilken.html (дата обращения: 24.07.2013).
8. Архитектура Барта Принса. Собственный дом архитектора Барта Принса // BARTPRINCE.COM: URL: http://www.bartprince.com/bart.html (дата обращения: 24.07.2013).

Gimadieva L.I. – student
E-mail: lisan85@mail.ru
Kuleeva L.M. – candidate of architecture, professor
E-mail: la_mur@rambler.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Development of organic architecture in the XXI century on the example of Bart Prince

Resume

Today the tendency of withdrawing from the organization of activity standard for mechanistic model is still observed all over the world. Return to organic model of a universe was outlined. The organic architecture existed initially as the purposeful movement which has appeared at 19-20 centuries, and it was really issued and found its force just now within the last 10 years. For this reason, it is necessary to isolate the basic principles, characteristic for organic architecture today, and also methods and the directions of its further development. In modern architecture there is a set of various directions, concepts, methodologies and approaches. Nevertheless, it is possible to distinguish architectural objects in which description is possible to find the positions connected with new organic architecture from this variety.

Such objects which we investigated in Bart Prins' creativity aren't integrated by external similarity but they can be referred to the architecture created on the basis of organic approach at the heart of which the idea of coordination of the world of the person and the nature human life as an integral part of the general organic whole is. We deal with organic approach in design which, unlike mechanical, allows objects to develop from within, constantly evolving and improving themselves, gradually turning into the whole systems in which any making part is self-sufficient.

Keywords: organic architecture, sources, founders, representatives, Frank Lloyd Wright, the basic principles, Bart Prins.

Reference list

1. Dictionary of architectural terms // ARCHI.RU: URL: http://www.archi.ru/files/terms/term_o.htm#Organic architecture (reference date: 18.05.2010).
2. Bkhaskaran L. Organic design. Design and time. Styles and the directions in the modern art and architecture. – M.: Publishing house Art Rodnik, 2009. – 22 p.
3. Reference book on architecture and design. Organic architecture // ARX.NOVOSIBOM.RU: URL: http://arx.novosibdom.ru/node/484 (reference date: 03.11.2011).
4. Anisimova I.I. Unique houses from Wright to Gehry. – M.: Arkhitektura-S, 2009. – 160 p.
5. Bart Prince Architect. Price Residence // BARTPRINCE.COM: URL: http://www.bartprince.com/price.html (reference date: 24.07.2013).
6. Bart Prince Architect. Whiting Residence // BARTPRINCE.COM: URL: http://www.bartprince.com/whiting.html (reference date: 24.07.2013).
7. Bart Prince Architect. Skilken Residence // BARTPRINCE.COM: URL: http://www.bartprince.com/skilken.html (reference date: 24.07.2013).
8. Bart Prince Architect. Prince Studio // BARTPRINCE.COM: URL: http://www.bartprince.com/bart.html (reference date: 24.07.2013).

УДК 725.85:711.6
Николаенко В.А. – доктор архитектуры, профессор
E-mail: Dastam@i.ua
Петрук Ю.А. – доцент
E-mail: Oksanasoz@yandex.ua
Полтавский национальный технический университет им. Юрия Кондратюка
Адрес организации: 36000, Украина, г. Полтава, пр. Первомайский, д. 24

Особенности реконструкции системы физкультурно-спортивных объектов

Аннотация
Целью работы является выявление особенностей реконструкции сети физкультурно-спортивных объектов. В статье рассмотрены важнейшие свойства реконструкции, особенности реконструкции общественного центра, общегородской системы обслуживания и системы физкультурно-спортивныхо бъектов. Выявлены четыре уровня иерархии системы физкультурно-спортивных объектов с учетом их зоны влияния и радиуса доступности. В работе отображены основные принципы при реконструкции градостроительных систем и главные задачи реконструкции системы физкультурно-спортивных объектов.
Ключевые слова: система, принцип, физкультурно-спортивные сооружения, градостроительство, иерархия, реконструкция, системная модель.

Социально-политические и экономические преобразования обусловили новые тенденции приоритетных направлений в архитектурной теории и практике. Развитие общества, его социальный и научно-технический прогресс порождают необходимость совершенствования сферы жизнедеятельности человека, в том числе системы физкультурно-спортивных сооружений.

В процессе переходагосударства к экономической системе, основанной на рыночных началах и ускорения научно-технического прогресса актуальным стало переосмысление и поиск новых подходов к рациональному использованию трудовых, материальных и финансовых ресурсов. Рост требований населения к качеству и комфорту обслуживания, появление новых технологий в строительстве и архитектуре привели к необходимости модернизации и реконструкции уже существующих и строительства новых физкультурно-спортивных сооружений.

Важнейшими свойствами реконструкции должны быть привлекательность и универсальность среды обеспечивающих место и условия для различных форм общения и проведения досуга.

В зависимости от частоты пользования учреждения обслуживания делятся на 3 основные группы:

1) эпизодического пользования – обслуживающих население всего города размещаются в общегородских общественных центрах (ООЦ). Доступность – 25-30 мин;

2) периодического пользования – в общественных районных центрах;

3) ежедневного пользования – в непосредственной близости от жилых домам, в структуре жилых кварталах.

Расположение общегородского центра зависит от структуры плана города.

Рост градостроительной значимости, повышение социальной роли общественных центров, связанные с увеличением количества городского населения, расширением городских территорий, приводят к перерастанию общегородских центров в сложные пространственные образования.

Реконструкция общественного центра связана с совершенствованием их функционального и структурного построения, с составлением общегородской системы.

Главная задача при реконструкции системы обслуживания – увеличение размеров и «емкости» с применением новых, усовершенствованных технологий организации культурно-бытового обслуживания. Основные требования к реконструкции системы обслуживания:

1) формирование выразительных архитектурно-пространственных композиций;

2) достижение комплексности развития структуры;

3) совершенствование технологии общественного обслуживания;

4) применение прогрессивных объемно-планировочных решений;

5) совершенствование транспортных и пешеходных связей центра с жилыми районами.

Важное условие достижения социально-экономического эффекта при реконструкции – организация транспортных систем. При этом должен увеличиваться радиус влияния крупных объектов, расположенных в общественном центре, что достигается путем повышения:

1) скорости транспортного движения;

2) безопасности движения (за счет рациональной организации транспортных потоков);

3) эффективности использования территории за счет рациональной организации транспортных потоков, стоянок, вспомогательных сооружений, а так-же снижение уровня транспортного шума и загазованности.

Основные принципы при реконструкции систем:

– реализация первого принципа – расширение объема «центраных» функций – может быть обеспечена за счет вытеснения не центральных функций, так называемая «скрытая реконструкция», когда происходит изменение функционального зонирования территории центра без существенного преобразования объемно-планировочных параметров застройки. Например, сохранение промышленных предприятий в центре города становится экономически невыгодным (т.к. приводит к усложнению его развития и модернизации, перегрузки уличной сети грузовым транспортом), поэтому на перспективу целесообразно их преобразования на спортивные сооружения и т.д.

– принцип выборочной реконструкции должен реализовываться через комплексный подход к проблеме реконструкции. Это позволит обеспечить увеличение емкости центра в т.ч. и за счет подземного пространства (автостоянки, транспортные сооружения, объекты обслуживания). Существуют примеры наполнения подземного пространства: кинотеатры, выставочные залы, рестораны, складские помещения, учреждения торговли.

– принцип целостности свойственный градостроительных объектов, в которых каждый элемент отображает часть качеств целого, обеспечивает узнаваемость района или города. Реализация этого принципа обеспечивается:

– согласованию масштабности старого и нового центра за счет пластики фасадов и поверхности земли, насыщенности малыми архитектурными формами.

Главной причиной реконструкции системы физкультурно-спортивных объектов является рост численности населения и необходимость увеличения спортивных сооружений (поскольку существующая система физкультурно-спортивных объектов не всегда соответствует современным требованиям).

Главные задачи реконструкции системы физкультурно-спортивных объектов:

1) увеличение фонда спортивных объектов в связи с ростом городского населения и норм обеспечения;

2) обновление спортивных объектов и сооруженийв жилых кварталах;

3) повышение уровня благоустройства;

4) обеспечение удобных связей физкультурно-спортивных объектов с основными объектами трудового и культурно-бытового обслуживания;

5) повышение архитектурно-художественных качеств физкультурно-спортивных объектов.

Реконструкция физкультурно-спортивных объектов в зависимости от района ее расположения в историческом городе имеет следующие три основные особенности:

1) обновление физкультурно-спортивных объектов в центральных исторических районах;

2) развитие физкультурно-спортивных объектов в срединной зоне города;

3) формирование новых физкультурно-спортивных объектов в периферийной зоне.

При реконструкции физкультурно-спортивных объектов необходимо определиться, какое место сооружение должно занимать в градостроительной ситуации,необходимо ли оно вообще, т.е. какое место оно должно занимать в системе физкультурно-спортивной сети. Общегородская система физкультурно-спортивных сооружений занимает одну из

важнейшийших мест в общей системе общественного обслуживания. Она тесно связана в первую очередь с пешеходно-транспортной общегородской системой, а также с системой дошкольных учреждений, учебных заведений, развлекательных заведений.

Объективно можно выделить четыре иерархически связанные уровня системы физкультурно-спортивных сооружений. Такая общая модель иерархии системы физкультурно-спортивных сооружений может быть изучена по терминам системного анализа. На каждом уровне иерархии главный объект исследования и проектирования определяется как система, состоящая из относительно неделимых элементов, соединенных системообразующих связями, и может быть охарактеризована определенными функциональными и количественными параметрами.

Общегородская система физкультурно-спортивных сооружений города формируется из спортивных объектов, которые имеют определенный радиус обслуживания и зону влияния на все расположенные в этом радиусе множества отдельных спортивных объектов, являющиеся элементами низших уровней иерархической структуры.

Первый уровень. Физкультурно-спортивные комплексы. Эти сооружения образуют крупные спортивные центры, а сам уровень является наиболее полной подсистемой, включающей все уровни обслуживания.

Второй уровень. Физкультурно-спортивные центры. Характеризуются как наиболее полные по своим функциональным показателям элементы сети города. К ним относятся наиболее крупные спортивные залы, дворцы спорта, катки с искусственным льдом, велотреки, сооружения для видов спорта, зависящих от местных условий, стадионы.

Третий уровень. Физкультурно-спортивные секции. Это спортивные объекты районного значения. К ним относятся спортивные залы при учебных заведениях, залы спортивных секций, спортивные зоны торговых и развлекательных центров. Размещаются, как правило, в составе других объектов.

Четвертый уровень. Физкультурно-спортивные субъекты. Отличаются отсутствием помещений и строительных объемов. К ним относятся спортивные площадки для занятий различными видами спорта при учебных заведениях, многофункциональные плоскостных физкультурно-спортивных сооружений в жилых кварталах.

Сущность взаимоотношений архитектурных систем разных уровней в том, что результат архитектурного формирования системы данного уровня определяет поле возможных решений для системы рангом ниже.

Особый подход составляет формирования спортивных комплексов как высшей формы организации объектов спорта. Многофункциональные спортивные комплексы – это теоретически системная модель максимально развитого комплекса – самостоятельного, саморазвивающаяся градостроительного или природного объекта. Основу построения спортивного комплекса составляют спортивные центры регионального, городского и районного значения, характеризующихся относительно полным составом функционально-технологической структуры. Системная модель спортивных комплексов развивается по двум направлениям:

1) однообъектная структура (компактная) – в пределах пространственной оболочки (или стилобата);

2) многообъектная структура (свободная) – в пределах позволяют территориально и функционально развивать все подсистемы комплекса.

Все структуры спортивного комплекса характеризуются многоуровневой построением, что позволяет достаточно гибко решать сложные взаимосвязи между разноплановыми элементами системы.

Однако функциональная организация и объемно-пространственное воплощение, как показывает практика, могут иметь самые различные проектные решения, разнообразие которых продиктовано:

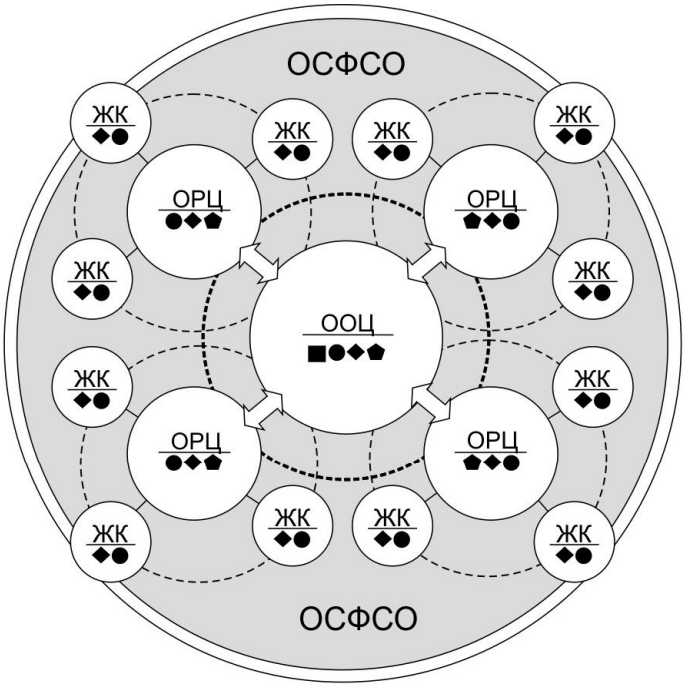
– средой, вокруг многофункционального спортивного комплекса (городская среда, парковая, естественная);

– требованиями к функциональному наполнению с перспективой возможных изменений;

– морфологическим аспектом пространственной организации;

– применением конструктивной системы, в зависимости от эксплуатационных, технологических и других требований.

Вместе с тем, настоящее архитектурное произведение связано со средой не только композиционными средствами, но и пронизано историей, энергией среды, способно провоцировать поток ассоциаций, мыслей, образов. Поэтому, если применить семиотические механизмы образа интерпретации, которые связывают архитектурный объект с множественностью культурных значений и смыслов, можно представить смысловую сущность пространственной формы многофункционального спортивного комплекса как взаимодействие ядра и поля значений.



■ – объекты 1-го уровня иерархии
⬟ – объекты 2-го уровня иерархии
◆ – объекты 3-го уровня иерархии
● – объекты 4-го уровня иерархии

ОСФСО – общегородская система физкультурно-спортивных объектов
ООЦ – общественный общегородской центр
ОРЦ – общественный районный центр
ЖК – жилой квартал

Рис. Модель общегородской системы физкультурно-спортивных объектов

Предпосылка реконструкции системы – динамика системы расселения и рост числа физкультурно-спортивных сооружений. Наиболее сложна она для города. Реконструкцию системы следует вести в рамках общего проекта реконструкции города. Проектная цель работ по реконструкции системы определяет задачи проекта: повышение уровня обеспеченности населения физкультурно-спортивными сооружениями; приведение сети к четкой системе, а радиусов обслуживания и состава сооружений к рекомендуемым; улучшение среды, в которой размещены физкультурно-спортивные сооружения, и микроклимата их участков. Прежде всего надо привести систему к четкой структурной схеме, соответствующей структуре города и размещению его основных элементов (функциональных зон, общественных центров, озелененных территорий общественной зелени, коммуникаций). Следует выбрать комплекс, который должен стать общегородским физкультурно-спортивным центром, исходя из общей концепции развития города, а также наличия (или возможности расширения) демонстрационных сооружений.

При этом необходимо стремиться к достижению равномерности в размещении физкультурно-спортивных сооружений на территории города. Там, где наблюдается излишняя концентрация мелких физкультурно-спортивных секций 3-го уровня иерархии,

потребуется функциональное (а если возможно и организационное) объединение близко расположенных сооружений в спортивный комплекс с распределением между его составляющими нормируемых для него сооружений.

Важные задачи реконструкции системы физкультурно-спортивных сооружений – укрупнение ее элементов и улучшение микроклимата озеленением территории.

Реконструкция различных уровней системы имеет свои особенности. При реконструкции физкультурно-спортивных комплексов жилых и планировочных районов действенны все описанные выше приемы.

При реконструкции общегородских физкультурно-спортивных центров необходимо, как правило, расширить участок и обеспечить его удобными связями со всеми городскими территориями. Чтобы расширить участок комплекса, который в соответствии с проектом реконструкции системы должен стать общегородским физкультурно-спортивным центром (при отсутствии по его границам незастроенных территорий), иногда приходится сносить малоценную застройку, превращать моноцентрическую систему в полицентрическую.

Реконструкция системы требует творческого применения ее теоретической модели, преобразования и размещения. Но она всегда должна быть единой системой, расположение и функции каждого ее элемента обусловлены расположением и функцией других элементов, а также взаимосвязью с другими учреждениями общественного обслуживания и планировочной структурой города и системы расселения. При этом и городские физкультурно-спортивные комплексы должны обладать резервами для непредсказуемого развития, т.е., как всякая система, обладать некоторой избыточностью функциональных связей, материалов и пространств.

Основными принципами развития системы физкультурно-спортивных сооруженийявляются:

– многофункциональность плоскостных физкультурно-спортивных сооружений;

– создание оптимальных условий для организации и проведения занятий по физической культуре;

– возможность использования физкультурно-спортивной инфраструктуры всеми возрастными группами с целью их максимального привлечения к физической культуре и спорту;

– ориентация на виды спорта, наиболее популярные;

– максимальное использование возможностей проектных решений для привлечения к физической культуре и спорту через игру;

– эстетическая привлекательность проектных решений (современный дизайн, яркая окраска, озеленение, использование современных материалов и т.д.).

Список библиографических ссылок

1. Аристова Л.В. Физкультурно-спортивные сооружения. – М.: Изд-во «СпортАкадемПресс», 1999. – 536 с.
2. Бархин М.Г. Город, структура и композиция. – М.: Изд-во Наука, 1986. – 263 с.
3. Гутнов А.Э. Эволюция градостроительства. – М.: Изд-во Стройиздат, 1984. – 256 с.
4. Ефимов А.В. Дизайн архитектурной среды центры. – М.: Изд-во «Архитектура-С», 2005. – 504 с.
5. Иконников А.В. Функция, форма, образ в архитектуре. – М.: Изд-во «Стройиздат», 1986. – 288 с.
6. Машинский В.А. Физкультурно-спортивные центры. – М.: Изд-во «Стройиздат», 1989. – 219 с.
7. Посохин М.В. Архитектура окружающей среды. – М.: Изд-во «Стройиздат», 1989. – 248 с.
8. Сосновский В.А. Планировка городов. Реконструкция и модернизация зданий и комплексов. – М.: Изд-во «Высшая школа», 1988. – 103 с.

Nikolaenko V.A. – doctor of architecture, professor
E-Mail: dastam@i.ua
Petruk J.O. – associate professor
E-Mail: oksanasoz@yandex.ua
Poltava National Technical University named in honor of Yuri Kondratyuk
The organization address: 36000, Ukraine, Poltava, ave. Pervomajskij, 24

Features reconstruction system of sports facilities

Resume

The aim is to determine the characteristics of the reconstruction of the network of fitness and sports facilities. The article describes the most important properties of the reconstruction, especially the reconstruction of a community center, a city-wide service system and the system of physical culture and sports facilities. Reconstruction of the community center is associated with the improvement of their functional and structural construction, with the preparation of a citywide system.

It is proved that the reconstruction of the system requires the creative application of its theoretical model transformation and distribution. But it must always be a single system, the location and function of each of its elements due to the location and function of other elements, as well as links with other agencies, public services and planning structure of the city and settling system.

The premise of the reconstruction system is the dynamics of the system of settlement and growth in the number of sports and sports facilities. Four levels of the hierarchy of fitness and sports facilities with regard to their area of influence and range availability are identified. In this paper, the basic principles in the reconstruction of urban systems and the main problem of the reconstruction of the system of physical culture and sports facilities are displayed. Reconstruction of the system requires the creative application of its theoretical model transformation and distribution.

Keywords: system, the principle, physical culture, sports, facilities, hierarchy, upgrade, system model.

Reference list

1. Aristova L.V. Sport and sports facilities. – M.: Publishers «SportAkademPress», 1999. – 536 p.
2. Barkhin M.G. The city, the structure and composition. – M.: Publishers «Science», 1986. – 263 p.
3. Gutnov A.E. Evolution of Urban Development. – M.: Publishers «Stroyizdat», 1984. – 256 p.
4. Efimov A.V. Design of Architectural Environment Centres. – M.: Publishers «Architecture-C», 2005. – 504 p.
5. Ikonnikov A.V. Function, form, image architecture. – M.: Publishers «Stroyizdat», 1986. – 288 p.
6. Mashinskii V.A. Sport and sports centers. – M.: Publishers «Stroyizdat», 1989. – 219 p.
7. Posokhin M.V. Architecture Environment. – M.: Publishers «Stroyizdat», 1989. – 248 p.
8. Sosnovski V.A. Urban planning. Reconstruction and modernization of buildings and complexes. – M.: Publishers «Graduate School», 1988. – 103 p.

УДК 72.07
Рябов Н.Ф. – старший преподаватель
E-mail: ryabov.kazan@gmail.com
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

Архитектурный аспект «Серебряной фабрики» Э. Уорхола

Аннотация

Появление в крупных российских городах различных арт площадок – специфических выразителей духа современности – нуждается в концептуальном осмыслении со стороны художников, архитекторов, историков искусств. «Серебряная фабрика» лидера американского поп-арта Энди Уорхола – своеобразный универсальный стандарт, заданный в шестидесятые годы XX века; знакомство с многомерным пространством которого позволяет обнаружить истоки, типические черты, действенные приемы организации последующих подобных ему образований, а также очертить границы поиска образной выразительности неклассического архитектурного пространства, способного формировать новые поведенческие модели.

Ключевые слова: Энди Уорхол, поп-арт, «Серебряная фабрика», арт модель, архитектурное пространство, сценарно-декорационное моделирование.

Несмотря на короткий отрезок, отпущенной ему жизни, и относительно давний уход с художественный сцены, как культурный персонаж Энди Уорхол (1928-1987) смог не только войти в число значительнейших персон мировой культуры, но и продолжает оказывать влияние на современный культурный процесс. О его значимости говорят художники, философы, историки искусства. Очевидно, что значение этого мастера определяется не только объемом и качеством его художнического наследия. Авторитет Урхола прежде всего базируется на универсальности его дарования: художник, продюсер, издатель, комментатор, организатор празднеств, оформитель арт пространств. И все это в одном лице.

Казанский философ Р.К. Бажанов, определяя направление вектора культурной информации сегодняшнего дня, вводит понятие «артистическая модель». Ее определение дает возможность понять феномен американского художника. Именно арт модели, как невероятно пластичные феномены, творят неповторимую художественную атмосферу каждой культурной эпохи. Они наделены способностью ярко, лаконично и эмоционально выражать сущностные смыслы своего времени, до поры скрытые для современников. Эта нацеленность заставляет их создавать своего рода субкультуру и собственные театрализованные пространства [2, с. 88].

Эксперименты Эорхола по организации и оформлению собственных мастерских, помещений дискотек и клубов позволяют говорить об архитектурной составляющей его наследия (восприятии, осмыслении, обживании и переустройстве пространства в соответствии с потребностями, идеалами конкретного человека или группы людей).

Данное исследование, опираясь на тексты самого Уорхола [13, 14, 15], свидетельства его современников [3, 11] и комментарии современных исследователей [1, 6, 7, 8, 10], ставит целью выявление специфики его представлений об архитектуре, ее образном насыщении, степени влияния опыта «Фабрики» на современный арт-процесс, а также определение методов и приемов работы мастера в реальном пространстве.

Уже изначально стиль поп-арт включал в круг своих интересов вопросы архитектурной проблематики. Стоявшая у истоков стиля группа «IG» («Независимая группа») объединяла лондонских художников, критиков и архитекторов. Статья участников группы – архитекторов А. и П. Смитсонов «Но сегодня мы собираем рекламы» (1956) – один из первых манифестов поп-арта [12, с. 42]. По воспоминаниям Р. Бэнема, на выставке «Это завтра» (1956), организованной группой в лондонской галерее «Уайтчепл», посетителю открывались пространственные эффекты, широкий набор

материалов и конструкций (все это, вместе взятое, превращало искусство и архитектуру в многогранную сферу деятельности, настолько же далекую от идеальных стандартов, как жизнь улицы за окном [3, с. 64]). Интерес к жизни современного города, выражение настроения через переживание пространства; включение в композиции реальных, «найденных» объектов, нетрадиционных материалов; групповой стиль работы – все это спустя десятилетие нашло отражение в пограничных практиках (между изобразительным и пространственным искусствами) Э. Уорхола и его окружения, когда в 60-е центр активности поп-арта переместился в США.

Пространство галереи «Уайтчепл», освоенное «Независимой группой» – один из возможных прообразов проекта «Фабрика», не имевшего постоянного места; возможный, но не единственный. За время своей карьеры Уорхол сменил четыре «Фабрики». Самая известная из них – «Серебряная» (1963-1967), расположившаяся в бывшем промышленном здании – доме 281 на Сорок седьмой улице Нью-Йорка, отправляет в поисках аналога к более давним истокам. Еще в 1872 году один из зачинателей импрессионизма Эдуард Мане снимает и приспосабливает под мастерскую бывший фехтовальный зал, расположенный на первом этаже одного из домов парижской улицы Санкт-Петербург. Описание жизни «мастерской живописца, обласканного первыми лучами славы» [9, с. 206], данное его биографом А. Перрюшо во многом схоже с тем, что рассказывает о своей «Фабрике» Уорхол (у Мане теснится множество всякого народа – элегантных женщин, светских людей, любителей, артистов, журналистов, писателей, просто бездельников. Все это ему ничуть не мешает, напротив, он получает стимул для работы. Пока вокруг болтают, он продолжает писать, принимая при этом участие в разговоре, отпуская остроумные словечки. Светский образ жизни как нельзя лучше соответствует его натуре [9, с. 214]). Особое настроение пространству мастерской задавало подобие лоджии, переделанной из трибуны фехтовального зала.

В 1973 году каталонский архитектор Рикардо Бофилл, только набиравший тогда «темп своего стремительного забега» [5, с. 33], оборудовал в бункерах одного из заброшенных цементных заводов Барселоны арт-центр, включающий офисы, макетную лабораторию, архив, библиотеку, смотровой зал и огромное универсальное пространство – «Собор». Сохранив «четыре километра подземных тоннелей, лестницы, ведущие в никуда, абсурдные элементы, зависающие над пустотами, чистые объемы, бесполезные, но завораживающие своей диспропорцией и внутренней напряженностью пространства» [5, с. 33], он живет здесь последние десятилетия, отведя для себя частный уголок с садом. Здесь же работает его команда «Taller de Arquitectura».

Приведенные примеры показывают, что мастерская Эорхола не была исключительным, безаналоговым пространством; схожие, в чем-то более интересные были как до, так и после нее. Роднит все три примера выбора для мастерской изначально предназначенного для иных целей пространства некий экспериментальный посыл, характерный для начальных поисков себя, своего места.

Подробное описание причин возникновения, условий жизни «Серебряной фабрики», приемов оформления пространства, его предметного заполнения, характеров обитателей, данное Уорхолом [14] позволяет составить достаточно полное представление об архитектурном аспекте жизни ставшего легендарным пространства.

Изначально потребность в аренде помещения под мастерскую определялась весьма прозаическими причинами. Объяснение их можно найти при знакомстве с описанием домашней студии, в которой художник работал в начале 60-х: «Дом мой располагался на четырех этажах, включая цоколь, где была кухня и жила моя мать. Мать занимала нижние этажи, а я верхние. Работал я в такой шизоидной зале – наполовину студии с кучей рисунков и всяких принадлежностей для рисования, наполовину нормальной гостиной. Шторы у меня всегда были задернуты – окна выходили на запад, так что света от них не было, а стены были обшиты деревянными панелями» [14, с. 17]. Уорхол дает подробный перечень (внимание к деталям – отличительная черта всех его описаний) предметного заполнения мастерской: викторианская мебель, лампы Тиффани, чучела павлинов, старая деревянная лошадка с карусели, фигура индейца, ярмарочный силомер, игровой автомат. Очевиден образ пространства, мало пригодного для работы – между

лавкой старьевщика-антиквара (известна сохранившаяся до последних дней привычка художника помещать ненужные вещи в так называемые «временные капсулы», хранящиеся ныне в питтсбургском музее Уорхола) и кинодекорацией (известен и его последующий киноопыт) – образ-греза, сшитый художником «по своей мерке из китча, чувств и произведений искусства» [15, с. 8].

Домашняя мастерская – матрица, отразившаяся во всех следующих пространствах, осваиваемых художником («Серебряная фабрика» – не исключение; так, выбирая здесь место для своего верстака, он размещает его поближе к окнам, по привычке, отгородившись от света [14, с. 84]). Она – пространственный слепок внутреннего мира провинциала из индустриального Питтсбурга, попавшего в Нью-Йорк, – город, который один из лидеров современной архитектуры Р. Колхас определяет как «каталог моделей и прецедентов: все важнейшие элементы, которые ранее были разбросаны по Старому Свету, наконец-то собраны в одном месте» [8, с. 15]. В рамках поиска образа пространства домашней мастерской художника его «важнейшим элементом» представляется фигура индейца – представителя коренного населения того места, на котором вырос Нью-Йорк (исходный персонаж, обозначающий начало истории освоения пространства пришлым человеком).

В начале 1963 года Уорхол арендует под мастерскую часть помещений старой пожарной станции на Восемьдесят седьмой улице (следующий шаг на пути «завоевания» Нью-Йорка). Пока это место только работы, в отрыве от которой художник активно посещает арт-подвалы, квартирные вечеринки андеграундных кинематографистов и поэтов, танцевальные перфомансы, мастерские художников, галереи, накапливая нужные знакомства и впечатления. Новое понимание арт пространства, как пространства общения, поиска впечатлений, а не уединенной работы и самораскрытия, и сделали следующую мастерскую художника, арендованную им в конце 1963 года, эталонной для последующих поколений «Серебряной фабрикой».

Художник описывает место расположения своей новой мастерской с пониманием важности возможной доступности, а значит контактов (квартал был не из тех, где мечтают иметь студию: прямо в центре, недалеко от Центрального вокзала, дальше по улице от штаба ООН [14, с. 84]. Своеобразными «маркерами», определяющими высокую степень презентабельности места, в его описании выступают персонажи, прямого отношения к «Фабрике» не имеющие: «Как-то раз по 47-й стрит проехал папа римский в церковь Св. Патрика. Хрущев тоже однажды проезжал. Это была хорошая широкая улица» [13, с. 37]. Как немаловажное достоинство указывается то, что поблизости находилось модельное агентство (следовательно, множество фотолабораторий в окрестностях) [14, с. 84]. Обязательным в описании «Фабрики» (пространства медийного, озаряемого светом «звезд») является перечень знаменитостей, ее посетивших: Керуак, Гинсберг, Фонда, Хоппер, «Роллинг Стоунз».

Звездный антураж «озаряет» реальное пространство мастерской – помещения размером где-то 50 на 100 метров, с окнами по всей длине, выходившими на улицу, на юг (хорошо для наблюдения за проезжающей знаменитостью, но плохо для работы рисовальщика), на последнем этаже бывшего промышленного здания из кирпича (здание потихоньку обваливалось – особенно плохи были стены [14, с. 84]).

Детально описан грузовой лифт (подъемная площадка с решеткой), доставляющий гостей и членов коллектива «Фабрики» на место. Графический дизайнер Нельсон Лайон называет его «вратами ада» [14, с. 207]. Подобное сравнение не случайно – маргинальность, эксперименты с сакральным пространством (сам Уорхол описывает танцевальные перфомансы в церкви Джансона, называя их «главными питательными каналами «Фабрики» в плане персонажей и идей» [14, с.76]) дают возможность говорить об ее обитателях как о своеобразной секте, пародии на католичество, разыгранной людьми, которые были или должны были быть католиками [1, с. 179]. Богоборническая образная составляющая, характерная для всего актуального искусства, нашла дальнейшее воплощение во многих акциях, в том числе и российских арт-персонажей, и заслуживает отдельного исследования.

Скандальная эпатажность обитателей «Фабрики» и ее лидера не может заслонить ее первоначального и основного предназначения – это мастерская художника. К нему нас

возвращает подробное описание предметного наполнения мастерской. Прежде всего это принадлежности, связанные с рисованием: стол, верстаки, холсты и подрамники, принты, ветошь, краски, кисти. Среди прочих предметов особое внимание уделяется красному дивану и граммофону, найденным и принесенным со многими другими вещами с улицы (в 60-е умение подбирать нужные вещи на улице ценилось [14, с. 87]). Именно эти два, не имеющих прямого отношения к творческому процессу, предмета становятся зафиксированными в воспоминаниях, на фото и кинопленке узлами, вокруг которых формируется самая важная зона новой мастерской – зона общения. С одной стороны – подобранные на улице объекты – дань памяти первой домашней студии (лавке древностей); с другой – они – важные для художника поп-арта знаки жизни улицы. Знаменитый коллаж Р. Хамильтона «Не это ли делает наши сегодняшние дома такими разными, такими привлекательными?» (1956), представленный на выставке «Это завтра», наряду с иронически осмысленным портретом Джона Рескина, вдохновлявшего своими идеями движение «Искусства и ремесла», включает изображения «поющей машины» (магнитофона), дивана и красного кресла. Пристальное рассмотрение этой работы позволяет предположить, что Уорхолл при оформлении мастерской использовал ее как своеобразное руководство к действию. Стоит заметить, что диван, как знак своего времени, «вдохновлял» на работу не только обитателей «Фабрики»; не менее уорхоловского красного, мохнатого дивана знамениты объекты команды итальянских дизайнеров (Д. Де Пас, Д. Урбино, П. Ломацци): надувное кресло «Дуновение» (1967) и «Диван Джо» (1971) в виде гигантской перчатки бейсболиста. Описывая переезд «Фабрики» с 47 улицы, Уорхол особым смыслом наделяет факт утраты именно дивана. Образ новой «Белой фабрики» (места, где зарабатывают деньги) нуждался в новых символах и смысловых акцентах.

Едва открывшись, «Серебряная фабрика» сразу стала местом постоянного жительства для одного из ассистентов художника – Билли Линча (Уорхол называет его Билли Неймом), который покрасил полы, потолки серебряной краской и покрыл стены алюминиевой фольгой. Это и дало часть названия проекту «Фабрика» – «Серебряная». Сам Уорхол этот оформительский ход объясняет так: «Было здорово, самое время для серебра. Оно символизировало будущее, такое космическое. Оно же было прошлым – серебряный экран, фото голливудских актрис в серебряных рамках. И, наверное, в первую очередь серебро означало нарциссизм – из него делались зеркала» [14, с. 88].

Для Билли и других обитателей «Фабрики» зеркала были более чем декором. Поверхности, улавливающие и многократно повторяющие динамику пространственных изменений, нашедшие свое применение в клубных экспериментах с зеркальными шарами, выступали выразителями перцептуального пространства-времени. По мнению архитектора В.И. Иовлева, ищущего в наши дни новые подходы к изучению архитектурного пространства, перцептуальное – одно из представлений пространства психологического, отличного от реального, сущностного. Его характеризует высокая изменяемость, а высокая зависимость от восприятия позволяет рассматривать его как форму художественного произведения [7, с. 21], героями которого, очевидно, и представляли себя Билли Нейм и другие. Последующие десятилетия показали, что подобный «нарциссизм» – своеобразный пролог реалий наших дней, оторванных от непосредственной реальности и ориентированных на мир виртуальный, находящий выражение в практиках компьютерных искусств, интернет-арта.

Томас Соколовски – директор музея Уорхола в Питтсбурге, рассуждая о «находке» Билли Нейма, пишет: «В то время как эта отражающая поверхность служила прекрасным фоном для чудачеств обитателей «Фабрики», она также напоминала изоляцию на стенах завода в родном городе Энди. Часто отмечалось, что выбор названия «Фабрики» был данью уважения Уорхола своим пролетарским корням. Летописец современной жизни работал на фабрике с массой ассистентов в манере, схожей с работой на конвейере» [10, с. 4]. Раскрывая образ возможного насыщения психологического пространства (пространства памяти), хранитель художественного наследия мастера выявляет еще один немаловажный аспект в моделировании отношений человека и пространства – социальный (аспект, увязывающий частное с общим, элитарное с популярным).

Интересно в рамках расширенного представления о возможности арт пространства

выражать социальные процессы и явления суждение современника «Серебряной фабрики» В. Тихонова (главного редактора журнала «Архитектура СССР» в его последнее десятилетие). Анализируя коммунальный эксперимент молодежных групп западных стран (студентов, представителей религиозных сообществ, коммун хиппи), он дает примеры различных форм и приемов организации совместного существования: отказ от межкомнатных перегородок в пользу общего внутреннего пространства, проемы в межэтажных перекрытиях, обеспечивающие дополнительную ауди-визуальную коммуникацию, переоборудование старых домов под кооперативы [11]. Особое внимание в описании пространственно-объектной среды обитания западных неформалов он уделяет, уже знакомым нам по опыту «Фабрики», экспериментам со светомузыкой и отражающими материалами. Несколько ироничный взгляд на описываемые явления (у «культурной революции» свои драматурги, режиссеры и провизоры, поставляющие пестрый инвентарь для «плодотворных оазисов внутренней сверхжизни» [11, с. 43]) не мешает ему заметить их концептуальную составляющую – нацеленность на выстраивание новых коммуникаций, когда закрытое обращается в открытое, «улица входит в дом, дом открывается в улицу» [11, с. 41].

Характеризуя участие профессиональных архитекторов в коммунальном эксперименте, В. Тихонов в качестве примера приводит купольные системы Б. Фуллера (в 1966 году Фуллер получил специальную премию «Dymaxion-prize» за поэтические, хозяйственные и конструктивные достижения в Дроп-Сити, одной из первых «образцовых» коммун [11, с. 42]). Критически настроенный исследователь замечает: «Занимательно, что одни и те же пространственные решения оказываются равно употребительными и для лояльного прославления буржуазной системы на Всемирной выставке в Монреале, и для выражения мировосприятия «новых левых» [11, с. 42]. Подобное высказывание – свидетельство непонимания духа того времени, роли в его выражении и формировании архитектуры. Уорхол – непосредственный участник монреальской выставки дает свое описание павильона: «Американский павильон представлял собой геодезическую сферу работы Бакминстера Фуллера, с алюминиевыми солнцезащитными шторами, капсулой с «Аполлона» и длинной открытой лестницей. Такое и ожидаешь увидеть на международной экспозиции. А неожиданным было то, что в остальном американское искусство составлял поп-арт – секция называлась «Креативная Америка» [14, с. 260]. Кроме шести автопортретов самого Уорхола, работ Раушенберга, Розенквиста, Джонса, Ольденбурга и других американских художников в секции были представлены фильмы, бутафория, ремесла, индейские промыслы, гитары Элвиса Пресли.

Пространство павильона Фуллера (как и поп-пространство «Фабрики» с его узнаваемыми декорациями, сумевшее отразить и приумножить коллективный опыт самодеятельных и профессиональных проектантов) – вовсе не выражение обострившихся капиталистических отношений, а пространство диалога, характерного для всей культуры постмодернизма. Уорхол обозначает позицию творца новой формации, применимую в равной степени как в изобразительной сфере, так и проектной: «Представлять контркультуру и добиться массового коммерческого успеха – значит говорить и делать радикальные вещи в консервативной форме. Это как поставить спектакль с отличным сценарием и прекрасной хореографией про сборище хиппи, выступающих против Устроенности, в театре с кондиционером в хорошем районе» [14, с. 294].

Представление Уорхолом своих работ в постройке Фуллера и ее последующий культурологический разбор – далеко не единственный пример интереса художника к архитектурной проблематике. Особое место в его «Попизме» [14] занимает Филип Джонсон. Художника был лично знаком с архитектором (летом 1964 года в Флашинг-Медоу проходила Всемирная выставка и Джонсон, спроектировавший для нее здание, предложил Уорхолу сделать настенную фреску; работа была выполнена, но по политическим причинам организаторы ее закрасили [14, с. 93]). Не обойдена вниманием автора и самая знаменитый постройка мастера – «Стеклянный дом» (Нью-Ханаан, Коннектикут). Именно в его стенах, а точнее в рамках конструкции из восьми стоек, удерживающих стеклянные стены, разворачивается одна из важнейших в книге сцен.

На бенефисе хореографа Мерса Каннингема, проходившем здесь (1967), один из

гостей (Пол Морриси – член коллектива «Фабрики») произносит монолог, в котором обличает модернистский подход в искусстве: «Нет больше искусства, один плохой графический дизайн, который отчаянно пытаются наполнить каким-то смыслом» [14, с. 258]. Не забыта и новая архитектурная классика: «Все эти глупости в жалких журналах – об оконных и дверных проемах в современных стеклянных панелях. Здания никакие, вот они и изобретают язык, чтобы хоть звучало весомо» [14, с. 259]. Друг Уорхола, одетый в камзол XVIII века, своим внешним видом демонстрирует действенность позиции художника (говорить и делать радикальные вещи в консервативной форме). Запальчивое суждение дилетанта несколько лет спустя поддержит автор «Языка постмодернизма в архитектуре» (1977) – Чарльз Дженкс. Рассуждая о языке типового проектирования, символизирующем процессы и изменения в области технологии и строительных материалов, он напишет: «Получилось, что архитектуре вроде бы стало не о чем говорить, кроме как о собственном строительном процессе, о способах сочленения частей между собой» [4, с. 66].

Обращает на себя внимание особый символизм, описанной Уорхолом сцены – ряженый поп-персонаж превращает пространство «Стеклянного дома», лишенное привычных непроницаемых границ, в подобие сцены. Уже не крепость, а сцена, или киноплощадка – новый образ дома, выражающий поведенческую программу нового человека (в жизнь играющего). Через это содержательное насыщение «Серебряная фабрика» Уорхола с ее открытостью и нарциссической сосредоточенностью наследует опыт пространства «Стеклянного дома», чтобы транслировать его дальше: в образы актуального искусства, кино, телевизионных реалити-шоу.

Описывая атмосферу своей уже не столько мастерской, сколько сценической площадки, Уорхол акцентирует внимание на особом ритме существования (точно предписанном неким драматургом) ее обитателей: «В любой день 1965-го Билли наверняка слушал Каллас, Джерард писал стихи или помогал мне натягивать холсты, Джоуи Фриман приходил и уходил с рисовальными принадлежностями, Ондин курсировал от меня к Билли и телефону, какие-то ребята просто дурачились, танцуя, а Эди, наверное, делала макияж. Приезжали репортеры и фотографы и пытались понять, что же происходит» [14, с. 159]. Так художник и его окружение становились обладающими всеми свойствами театральности артмоделями (Денди, Актриса, Знаменитость), выражая тем самым культурно-экзистенциональную проблему своего времени [2, с. 88].

Приход новых персонажей во второй половине 60-х повлек за собой неизбежные изменения на «Серебряной фабрике». Пол Морриси, чтобы превратить «Фабрику» в воображаемый им офис, треть ее площади заставил перегородками. Изменения характера пространства давали понять, что теперь здесь занимаются бизнесом – делопроизводством с пишущими машинками, папками и офисными отсеками. Превращение поп-пространства в «кинопроизводственную-деньгодобывающую компанию» [14, с. 261] означало конец прежней концепции места, а значит и скорый переезд на новое, более подходящее изменившимся реалиям.

Подводя итог опыта работы «Серебряной фабрики», Уорхол говорит о выражении индивидуальности в оформлении пространства, что доказывает важность архитектурной компоненты в его творчестве: «Оглядываясь назад, я понимаю, что самые серьезные споры на «Фабрике» всегда вызывало оформление. В остальных вопросах никто не настаивал, но коль речь заходила о том, как место должно выглядеть, каждый был готов бороться за свою точку зрения» [14, с. 309].

Не дожидаясь того, как Р. Вентури объявит дом – декорированным сараем, команда Уорхола декорирует свой «потихоньку обваливающийся» сарай; опережая П. Эйзенмана, использует принцип вытеснения, заставляя работать привычное в роли необычного, подчас кощунственного. Образная многомерность (из лавки древностей, минуя «врата ада», на сцену, в цех, чтобы оказаться в офисе) пространства, определяемая сменой персонажей и предлагаемых ими сценарных ходов, может рассматриваться как выражение захватывающего поиска новой архитектурной образности обстоятельств времени, места, конъюнктуры рынка.

Многие из идей и находок мастера актуализировались в разнообразных пространственных арт-практиках последних десятилетий. Особого интереса заслуживает

культурная адаптация его «открытий» в постсоветской России. Широко известный рисунок В. Дубосарского и А. Виноградова «Уорхол в Москве» (2001), изображает художника, кормящего голубей, на фоне храма Христа Спасителя. Восстановленный православный храм и культовая фигура западной поп-сцены – удачно найденные знаки непрекращающегося диалога с западом в российской культуре, определяющие его темы и накал.

Полновесное присутствие художника в постсоветском культурном пространстве обозначила выставка произведений Энди Уорхола в Эрмитаже (2000, Петербург). Ей предшествовали выставка из шести работ в галерее М. Гельмана (1993, Москва, ЦДХ) и событие 1985 года, когда Уорхол прислал подписанные им портреты М. Монро, изображения томатного супа «Кэмпбел», сами банки супа и книги ленинградским художникам и музыкантам: С. Курехину, Т. Новикову, С. Бугаеву и другим. Понятно, что разовый контакт не описывает степени влияния лидера «Фабрики» на ориентированную на ценности западной культуры творческую молодежь. По мнению куратора выставки «Русский поп-арт» (2005) А. Ерофеева, с возвращением капитализма в России началось активное строительство общества массового потребления и индустрии массовых маркетинговых зрелищ. Ситуация требовала от представителей творческих профессий скорого освоения международного опыта нео-поп-арта – былые художественные поиски оказались бесценным подспорьем в работе [6, с. 2].

Контркультура, субкультура, игры с освещением, дискотеки – все, что было связано с новым типом чувственности, свободным от интеллектуального осмысления, выплеснулось в пространства первых специализированных клубов с «говорящими» названиями («Тоннель», «Планетарий», «Танцпол»), появившихся в Санкт-Петербурге в начале 90-х (тридцатилетие спустя осваивался опыт оформления командой Уорхола танцплощадок Нью-Йорка: «Церковь», «Дом», «Спортзал»).

Один из самых обсуждаемых частных интерьеров конца 90-х, названный его проектантами «Под знаком «пи» (А. Козырь, И. Чувелев, Н. Лобанова, 1996), стал буквальным отражением пространства «Серебряной Фабрики» как по сути, так и по форме. В двухкомнатной квартире на третьем этаже давно обжитого 12-этажного московского дома у станции метро «Авиамоторная», на небольшой площади совместились детали корпуса самолета, выкрашенные алюминиевой краской, кресла XVIII века, гигантская розовая свинья – игрушка в роли дивана, зеркальные поверхности, множащие различные источники света (плод коллективной работы в доме со своей историей, недалеко от транспортного узла – аналогия полная).

Другой хорошо «читаемой» московской цитатой из «копилки» находок «Фабрики» стало оформление выставок «Хроника. 1987-2007» (2007), занявшей весь ЦДХ на Крымском валу, и «Москва. ЦУМ» (2009), расположившейся на четвертом и пятом этажах знаменитого универмага, российского художника и куратора О. Кулика. Так внушительное выставочное пространство ЦДХ (7000 м^2) художник с помощью молодого архитектора Б. Бернаскони – все, от пола до потолка – обтянул упаковочным пластиком, а на выставке в ЦУМе на натянутых белых полотнах воспроизвел московские перфомансы и акции 1960-2000 годов. О. Кулик, как артмодель, подобная Уорхолу, смог вырваться за рамки своих персональных мастерских. Одна из них находится на территории центра современной культуры «Винзавод» (Москва, 4-й Сыромятнический переулок, 1). Открытый в 2007 году центр, включающий в себя выставочные площадки, галереи, творческие мастерские и многое другое, представляет собой уникальный комплекс (недалеко от Курского вокзала) из семи, сохранивших неизменным свой внешний вид, промышленных построек конца XIX века.

«Винзавод» – первый пример освоения современным российским арт-сообществом пространств объектов, изначально для творческих практик не предназначенных, с максимально бережным сохранением их внешнего вида и отражением в названиях новых образований прежнего назначения. За ним последовали открытие еще одного московского культурного центра «Гараж» (с 2008 по 2012 год центр располагался в памятнике архитектуры 20-х годов XX века – гараже, спроектированном К. Мельниковым и В. Шуховым для английских автобусов «Лейланд»), пермская выставка современного искусства «Русское бедное» (2008) в здании речного вокзала,

многочисленные художественные лофты Санкт-Петербурга: «Проект Этажи» (арт-площадки на пяти этажах пустующего корпуса Смольнинского хлебозавода), «RAF» (занимает два последних этажа солодовни пивоваренного завода, построенного в 1876 году), «Креативное пространство Ткачи» (один из корпусов бывшей прядильной фабрики, построенной в 1846 году), «Пространство Звездочка» (в корпусе прядильно-ниточного комбината «Советская звезда»). Этот далеко не полный перечень – свидетельство востребованности опыта многоликой мастерской Уорхола, оказавшегося востребованной традицией, суть которой наиболее емко выражает вошедшее в название одного из российских арт-центров определение – «креативное пространство».

Особого упоминания в рамках рассматриваемой темы заслуживает казанский центр современной культуры «Смена» (улица Б. Шахиди, 7), открывшийся в декабре 2013 года. Возможно, в рамках ставшего почти обязательным к исполнению хода сохранять в названии память места, его следовало назвать «Конюшня» – центр располагается на втором и третьем этажах здания, построенного в конце XIX века (изначально здесь располагались конюшня и сенохранилище, в советские времена – склады МВД).

Арт-площадка в стенах бывшей конюшни – невольная цитата, связанная с Уорхолом. Его первая нью-йоркская выставка, состоялась осенью 1962 года в «Стейбл-галерее» (угол Седьмой авеню и Пятьдесят восьмой улицы, раньше здесь была конюшня). Возможно, именно это пространство, давшее художнику толчок к полноценному развитию (было очень волнительно устроить наконец персональную выставку в Нью-Йорке [14, с. 42]), стало для него своеобразным ориентиром в концептуальном осмыслении будущей мастерской.

В случае казанского центра, название которого выражает наметившийся вектор обновления провинциальной арт-сцены, традиция работает на уровне соответствия заданным «Фабрикой» пространственно-предметным стандартам: угол вокзальной площади, на который выходит окно перед рабочим местом графического дизайнера; старая кирпичная кладка в соседстве с белыми перегородками, напоминающими о позднем периоде «Серебряной фабрики» (нарезка пространства третьего этажа на офисные отсеки – наследие, доставшееся центру от прежнего арендатора, их сохранение – дань традиции «позволять вещам оставаться такими, какие они есть» [14, с. 41]); металлическая лестница в решетке защитного ограждения, напоминающая о лифте-клетке. Следование традиции постмодернистского диалога диктует соседство с коллективом, весьма далеким от реалий и проблем арт-сообщества (на первом этаже работает автомойка), а эстетическую и идеологическую направленность работы во многом определяет участие в руководстве и жизни центра художников Роберта и Ильгизара Хасановых (мастерская последнего – еще один пример «превращения» рабочего места в «лавку древностей»).

Особый интерес устроители центра питают к архитектурной проблематике (организация выставок, лекций, творческих мастерских, затрагивающих вопросы осмысления многомерного городского пространства, в жизни которого важную роль играет художник-универсал). Очевидно понимание важности продолжения еще одной традиции, частью которой является «Серебряная фабрика», – пространственной адаптации программы синтетического творчества, основы которой были заложены еще в XIX веке (крепить союз соподчиненных искусств в специально организуемых для этого артистических колониях, или посредством других объединений дискуссионного, издательского, педагогического, коммерческого характера [12, с. 8]).

Предполагаемый программой синтетического творчества тип художника-универсала (У. Моррис, П. Беренс, Ле Корбюзье, Ф. Хундертвассер, Ф. Старк) определяет характер творческих устремлений и Энди Уорхола. Рассматриваемый нами как архитектурный эксперимент смешения материалов, предметов, персонажей и смыслов в изменчивом (перцептуальном) пространстве художественной мастерской – одновременное выражение как жизненной философии художника, так и специфики социальных и культурных процессов, протекающих за ее стенами. Свежие проектные метафоры, выразившиеся в интерьере «Фабрики» (проникновение образов поп-арта в архитектуру происходило через освоение именно этого типа пространства), определяются характером (коллективным) и

методом (сценарно-декорационного моделирования) работы. Структурной единицей организованного подобным методом пространства выступает поведенческая ситуация, в которой задействованы люди, вещи, материалы; эффективность метода доказывает его востребованность в последние десятилетия.

Список библиографических ссылок

1. Андреева Е. Реинкарнация Энди Уорхола // ОМ, 1997, № 11. – С. 179-180.
2. Бажанов Р.К. «Артмодель» в ракурсе культурной антропологии // Сб. науч. трудов «Антропологическая соразмерность». – Казань: КНИТУ, 2011. – С. 88-93.
3. Бэнем Р. Новый брутализм. Этика или эстетика? – М.: Стройиздат, 1973. – 200 с.
4. Дженкс Чарльз А. Язык архитектуры постмодернизма. – М.: Стройиздат, 1985. – 136 с.
5. Дронова К. La Fabrica // Seasons, 2014, № 19. – С. 32-37.
6. Ерофеев А. Забытый стиль // Газета выставки «Русский поп-арт» в Третьяковской галерее на Крымском валу, 2005. – С. 1-2.
7. Иовлев В.И. Подходы к изучению архитектурного пространства // Сб. научно-методических трудов № 4 «Архитектурно-художественная композиция». – Екатеринбург: Архитектон, 2012. – С. 18-25.
8. Колхас Р. Нью-Йорк вне себя: Ретроспективный манифест Манхэттена / Пер. с англ. – М.: Strelka Press, 2013. – 336 с.
9. Перрюшо А. Эдуард Мане / Пер. с франц. – М.: Молодая гвардия, 1976. – 320 с.
10. Соколовски Т. Сцена-тусовка // Газета выставки «Энди Уорхол – художник современной жизни» в Третьяковской галерее на Крымском валу, 2005. – С. 4-5.
11. Тихонов В. Коммунальное Зазеркалье // Декоративное искусство СССР, 1973, № 11. – С. 40-44.
12. Шукурова А.Н. Архитектура Запада и мир искусства XX века. – М.: Стройиздат, 1989. – 318 с.
13. Уорхол Э. Философия Энди Уорхола (от А к Б и наоборот) / Пер. с англ. – М.: Изд. Д. Аронов, 2001. – 256 с.
14. Уорхол Э., Хэкетт П. Попизм: Уорхоловские 60-е / Пер. с англ. – СПб.: Амфора, 2012. – 350 с.
15. Уорхол Э. Америка / Пер. с англ. – М.: Ад Маргинем Пресс, 2014. – 224 с.

Ryabov N.F. – senior lecture
E-mail: ryabov.kazan@gmail.com
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Architectural aspect of «Silver factory» of A. Warhol

Resume

Popularity and the importance of the leader of the American pop art Andy Warhol defines a variety of its interests: painting, producing, literary activity, organization and registration of substandard spaces. The last in this list can be considered as area of architectural creativity. It is obvious that «The silver factory» (1963-1967) became Warhol's most considerable spatial experiment. Being guided by the description of «Factory» given by the artist in the texts, certificates of contemporaries, judgments of modern commentators, the author investigates this art space as at the same time real and psychological. Nature of collective work on transformation of one of floors of the former industrial building defines a method of scenario and decorative modeling. The world of images of the artist, his interests, visions of reality finds expression in subject filling of a workshop. Examples of similar spaces of different years are given: workshop of the French artist impressionist E. Manet, the multipurpose art center of the Catalan architect R. Bofill, the Russian art platforms which have arisen in the last decade.

Comparison with them shows that space of «Silver factory» – practical expression of the program of the synthetic creativity having the traditions and canons.

Keywords: Andy Warhol, pop art, «Silver factory», art model, architectural space, scenario and decorative modeling.

Reference list

1. Andreyeva E. Andy Warhol reincarnation // OM, 1997, № 11. – P. 179-180.
2. Bazhanov R. K. «Artmodel» in a foreshortening of cultural anthropology // Sb. scientific works «Anthropological Harmony». – Kazan: KNITU, 2011. – P. 88-93.
3. Benem R. New brutalism. Ethics or esthetics? – M.: Stroyizdat, 1973. – 200 p.
4. Jenks Charles A. Language of architecture of a postmodernism. – M.: Stroyizdat, 1985. – 136 p.
5. Dronova K. La Fabrica // Seasons, 2014, № 19. – P. 32-37.
6. Erofeyev A. The forgotten style // Newspaper of the Russian Pop-Art exhibition in the Tretyakov gallery on Crimean to a shaft, 2005. – P. 1-2.
7. Iovlev V. I. Approaches to studying of architectural space // Sb. scientific and methodical works № 4 «Architectural and art composition». – Ekaterinburg: Arkhitekton, 2012. – P. 18-25.
8. Koolhaas R. Delirious New York: A Retroactive Manifesto for Manhattan / Lane with English – M.: Strelka Press, 2013. – 336 p.
9. Perryusho A. Eduard Manya / Lane with fr. – M.: Molodaya gvardia, 1976. – 320 p.
10. Sokolovski T. Stsena-tusovka // Newspaper of the Andy Warhol — the Artist of Modern Life exhibition in the Tretyakov gallery on Crimean to a shaft, 2005. – P. 4-5.
11. Tikhonov V. Municipal World behind the looking-glass // Decorative art of the USSR, 1973, № 11. – P. 40-44.
12. Shukurova A.N. Architecture of the West and world of art of the XX century. – M.: Stroyizdat, 1989. – 318 p.
13. Warhol A. The philosophy of Andy Warhol (from A to B and back aqain) / the Lane with English. – M.: Prod. D. Aronov, 2001. – 256 p.
14. Warhol A., Hekett P. Popizm: The Warhol 60s / the Lane with English – SPb.: Amphora, 2012. – 350 p.
15. Warhol A. America / the Lane with English. – M.: Ad Marginem Press, 2014. – 224 p.

УДК 725: 699.86
Хабибулина А.Г. – кандидат экономических наук, старший преподаватель
E-mail: albgomer@mail.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

Анализ функции энергетической оценки проекта в программе архитектурно-строительного проектирования ArchiCAD

Аннотация

В современном строительстве энергоэффективности возводимых зданий уделяется особое внимание. Инструмент Graphisoft EcoDesigner, интегрированный в программу архитектурно-строительного проектирования ArchiCAD, позволяет произвести энергетические расчеты на начальной стадии работы над проектом. В статье приводится сравнение результатов вычислений энергетических параметров жилого дома, полученных при помощи EcoDesigner и типовых расчетов. EcoDesigner является эффективным вспомогательным расчетным инструментом для контроля энергоэффективности проектируемого здания.

Ключевые слова: энергоэффективность проектных решений, энергетическая оценка зданий, энергетические потери жилого дома, EcoDesigner.

Энергоэффективность здания один из наиболее актуальных атрибутов современного жилищного строительства. Дефицит мировых запасов нефти, газа и угля, являющихся основными источниками энергии для функционирования жилого сектора, ставит проблему развития направления в строительстве – создания энергоэффективных домов. При проектировании зданий необходимо учитывать и минимизировать возможные энергетические потери при эксплуатации объекта, что позволит принять наиболее эффективные и рациональные проектные решения. За рубежом строительство энергосберегающих зданий исчисляется тысячами. Целевые государственные программы по энергосберегающему строительству приняты в Дании, Германии и Финляндии [1]. Федеральным законом от 23 ноября 2009 г. № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» с 2012 года регламентирует проведение энергоаудита жилого фонда, а для новостроек, вводимых в эксплуатацию, получение по проектной документации энергетического паспорта [2].

В 2009 году компания Graphisoft специализирующая в BIM-проектировании (Building Information Modeling), разработчик ArchiCAD, анонсировала программное решение, для оценки энергетических потерь здания – EcoDesigner [3]. Graphisoft EcoDesigner – это инструмент, интегрированный в ArchiCAD, графический программный пакет архитектурно-строительного проектирования. EcoDesigner продолжает свое развитие как неотъемлемая часть новой версии программы ArchiCad 18 выпущенной в 2014 году [4]. Компанией Graphisoft приложение EcoDesigner позиционируется как инструмент, ориентированный на архитекторов, с возможностью проведения энергетических расчетов на начальной стадии проектирования зданий любого размера. Тем самым исключается возможность выявления серьезных недочетов в подобных инженерных расчетах на завершающей стадии проектных работ. Контрольный отчет содержит информацию о ежегодном потреблении энергии, ежемесячном энергетическом балансе и углеродном следе.

EcoDesigner использует технологические возможности BIM-проектирования, позволяющей в динамическом режиме произвести анализ компьютерной модели здания, учитывая конструкционные особенности, функциональное назначение проектируемого объекта, параметры окружающей среды (расположение проектируемого здания, климатические данные, защита от ветра, данные по грунту и т.д.). Программа построена на алгоритме расчета VIPCore, разработанного шведской компанией Strusoft AB [5, 6]. StruSoft AB является ведущим мировым разработчиком программного обеспечения для строительной отрасли.

Для сравнения энергоэффективности объекта по результатам типового расчета приведенного в пособие к МР 23-345-2008 УР [7] и вычислений в EcoDesigner, были взяты данные проекта 9-этажного двухсекционного жилого дома по ул. Светлой г. Ижевска. В программе ArchiCAD 18 (версия 3006 RUS FULL) была построена 3D модель дома с учетом проектных характеристик здания (рис. 1).

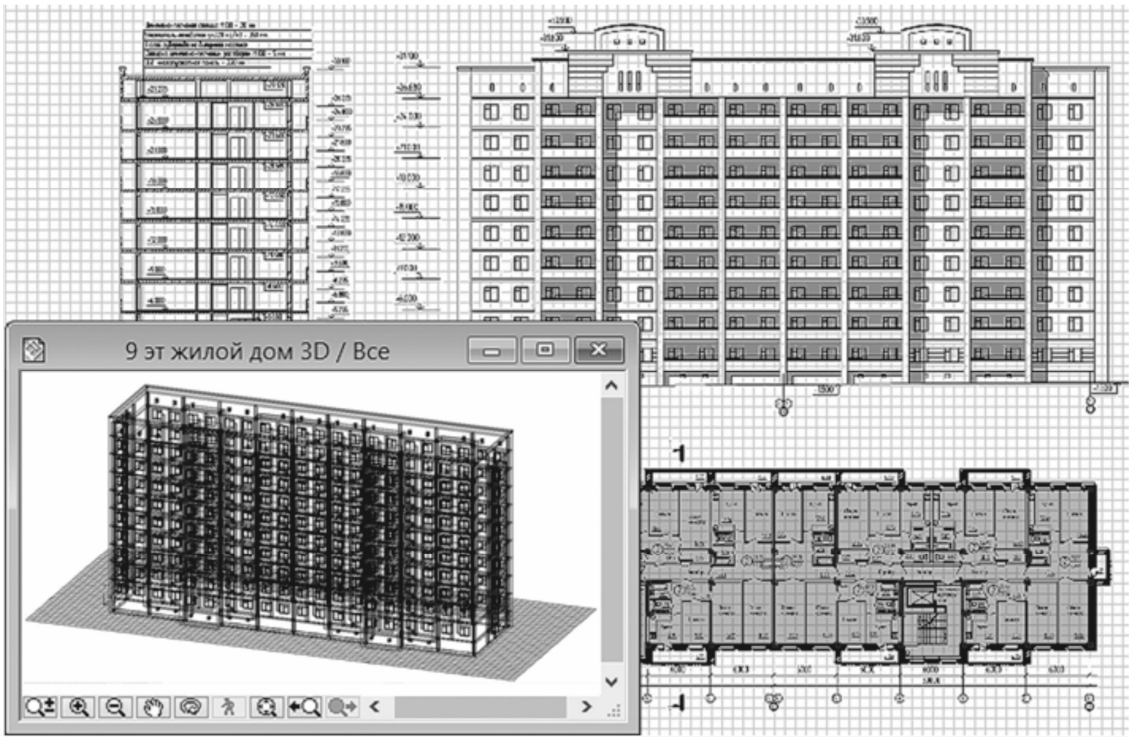


Рис. 1. 3D-модель жилого дома, построенная в программе ArchiCad
для проведения энергетической оценки в EcoDesigner

Во вкладке меню Параметры – Реквизиты элементов – Строительные материалы программы были заданы соответствующие материалы ограждающих конструкций жилого дома. Справиться с этой задачей позволил обширный каталог современных строительных материалов с учетом физических свойств, встроенный по умолчанию в ArchiCad (рис. 2). Основное окно приложения EcoDesigner активизируется из меню Конструирование – Оценка энергоэффективности – Просмотр энергетической модели. Для расчета было смоделировано 10 термоблоков в соответствии с количеством отапливаемых этажей здания. Во вкладке EcoDesigner Инженерные системы для термоблоков было задано центральное теплоснабжение и естественная система вентиляции. Расчетная продолжительность отопительного периода в соответствии с МР 23-345-2008 УР – 222 сутки. EcoDesigner также позволяет задать характеристики источников энергии и их стоимость.

Для считывания климатических данных с сервера StruSoft необходим ввод данных о расположении объекта по широте и долготе. Данные по широте и долготе территории строительства были взяты из приложения для персонального компьютера с картой г. Ижевска предоставленной сервисом 2ГИС [8]. Корректность ввода координат была подтверждена показателями Google Maps запускаемого из самого приложения EcoDesigner. Программа учитывает данные по защите от ветра и затенению здания по сторонам света в соответствии с окружающей средой. Климатические данные, поступающие в онлайн режиме с сервера StruSoft вполне коррелируются с нормативными показателями района строительства (рис. 3).

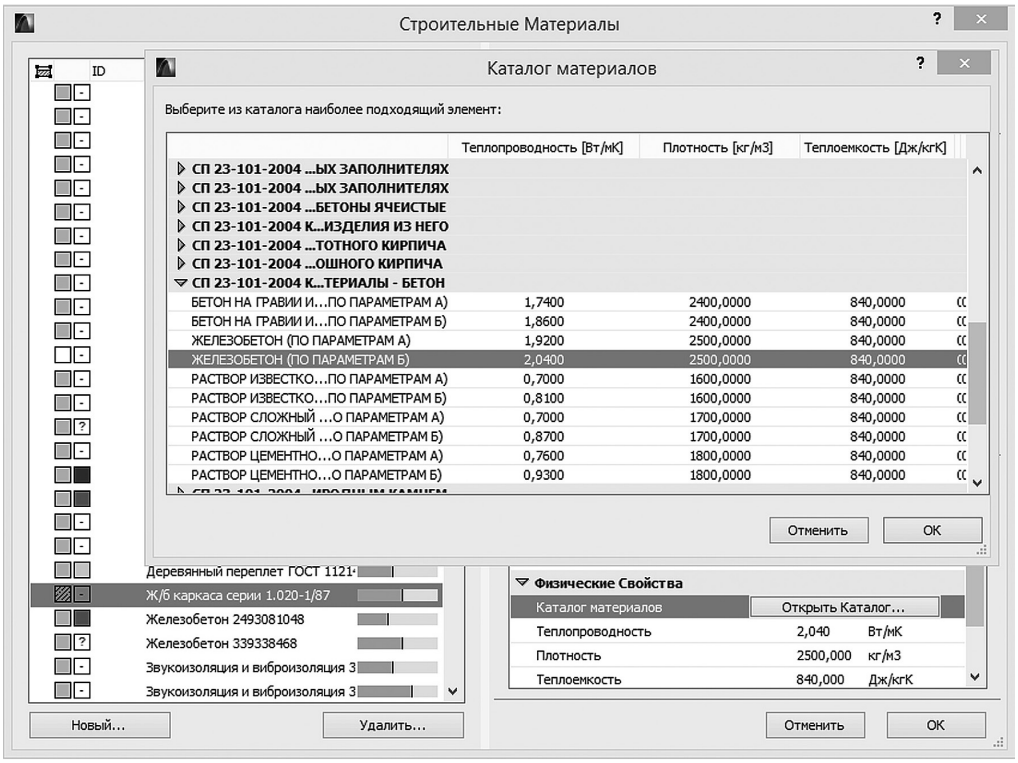


Рис. 2

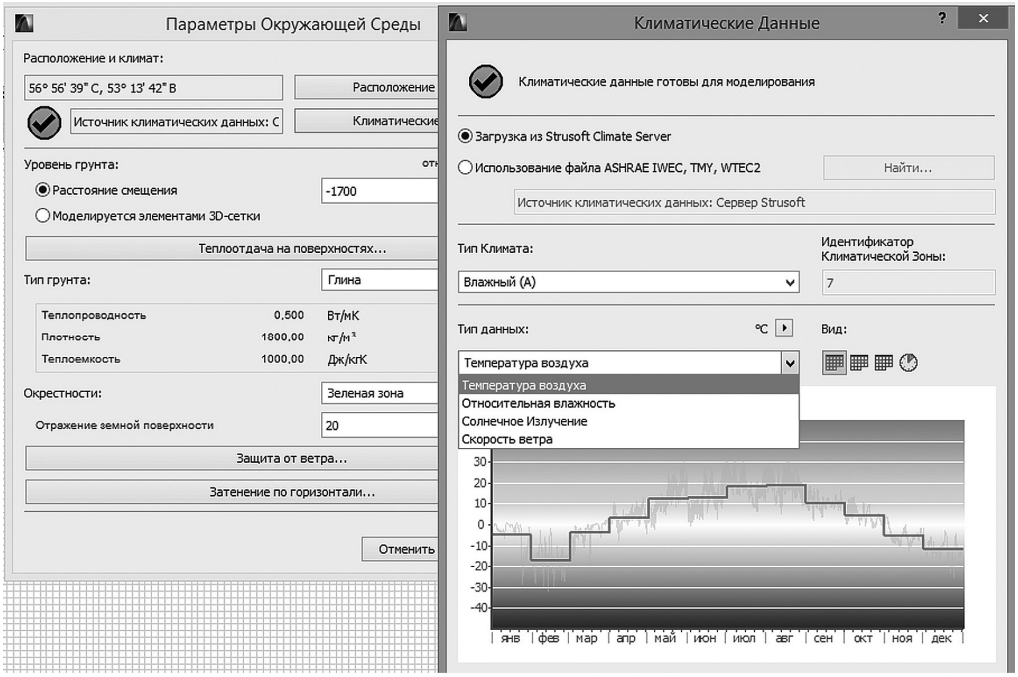


Рис. 3

Расчет энергетической эффективности здания на персональном компьютере Intel Core i5, 1600 МГц, 6 Гб, 500 Гб, NVIDIA GeForce GT 750M производился около минуты. Единицы измерения энергии показателей оценки энергетической эффективности объекта, по выбору, могут быть назначены в кВт·ч, кБте (британская термическая единица) и Мега Дж. Вывод результатов вычислений показателей энергопотребления жилого дома был задан в Мега Дж/м^{2}год (рис. 4).

Соотнося результаты вычислений здания EcoDesigner с типовым расчетом, мы видим определенные различия основных теплоэнергетических показателей: приведенный коэффициент теплопередачи здания – +3,1, общий коэффициент теплопередачи здания – +2,3 %, потребность в тепловой энергии на отопление здания за отопительный период – -2,1 %, расчетный удельный расход тепловой энергии на отопление здания – -1,8 %. Разница показателей расчетов может свидетельствовать о точности программного алгоритма вычислений EcoDesigner. Полученные данные подтвердили высокий класс энергетической эффективности жилого дома (класс В) и соответствие здания нормативным требованиям.

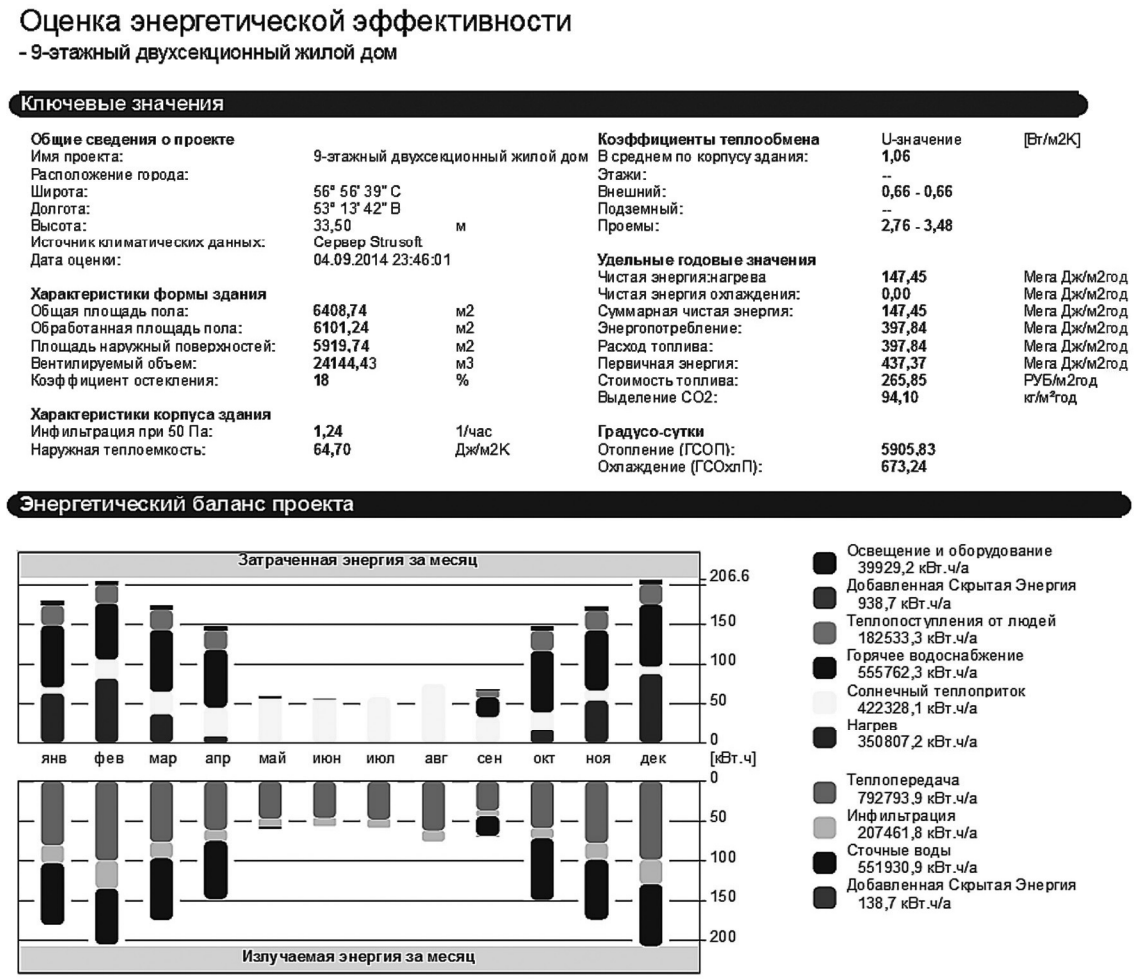


Рис. 4

EcoDesigner является эффективным вспомогательным расчетным инструментом для контроля энергоэффективности проектируемого здания. Кроме того, этот расчетный комплекс может быть рекомендован к использованию в курсовом и дипломном проектировании при подготовке студентов строительных специальностей. Удобный интерфейс приложения исключает сложности ввода данных параметров объекта и для его освоения достаточен средний уровень подготовки оператора программы ArchiCad. Данные по выделению CO_2 объектом (углеродный след) является актуальным дополнением позволяющим учесть экологичность проекта. EcoDesigner предоставляет возможность оперативно принимать решения для оптимизации энергетических показателей здания при проектировании и позволяет рассчитать базовые экономические показатели энергопотребления при эксплуатации объекта в будущем.

Список библиографических ссылок

1. Жигулина А.Ю. Энергоэффективные жилые дома. Мировая и отечественная практика проектирования и строительства // Градостроительство, 2012, № 2. – С. 84-86.
2. Федеральный закон Российской Федерации от 23 ноября 2009 г. № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» // Rg.ru Российская газета. URL: http://www.rg.ru/2009/11/27/energo-dok.html (дата обращения 25.05.2014).
3. Graphisoft EcoDesigner – экология органически вписывается в процесс архитектурного проектирования // CADmaster. Журнал для профессионалов в области САПР. URL: http://www.cadmaster.ru/press/news/news_20090428.html (дата обращения: 30.05.2014).
4. URL: http://www.graphisoft.com/archicad/ecodesigner_star/ (дата обращения: 27.05.2014).
5. VIP-Core Dynamic Simulation Engine. URL: http://helpcenter.graphisoft.com/guides/archicad-18-int-reference-guide/energy-evaluation/energy-performance-evaluation/vip-core-dynamic-simulation-engine/ (дата обращения: 28.05.2014).
6. URL: http://strusoft.com/products/vip-energy (дата обращения: 28.05.2014).
7. Эталоны энергопаспорта и раздела «Энергоэффективность» для зданий жилых, общественных и смешанного типа (пособие к МР 23-345-2008 УР), 2009.
8. Сервис 2ГИС. URL: http://info.2gis.ru/izhevsk/products/download (дата обращения: 29.05.2014).

Khabibulina A.G. – candidate of economical sciences, senior lecturer
E-mail: albgomer@mail.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Analysis of function of an energy estimation of the project in the program of architectural design ArchiCAD

Resume

Energy efficiency of the building is one of the most actual attributes of modern housing construction. Deficiency of world reserves of oil, gas and coal – the basic energy sources for functioning of inhabited sector – poses the problem of creation energy efficient houses. At designing of buildings it is necessary to consider and minimize the possible power losses at object operation that will allow making the most effective and rational design decisions. Tool Graphisoft EcoDesigner integrated into the program of architectural design ArchiCAD, allows making power calculations at an initial stage of work on the project. In article the comparison of results of calculations of power parameters of the apartment house obtained using EcoDesigner and typical calculations is resulted. EcoDesigner is the effective auxiliary settlement tool for the control energy efficiency a projected building. Besides, this settlement complex can be recommended to use in course and degree designing by preparation of students of building specialties. The convenient interface of the application excludes complexities of data input of parameters of object and for its development the average level of preparation of the operator of program ArchiCad is sufficient. EcoDesigner gives possibility to make decision operatively for optimization the power indicators of the building at designing and allows calculating base economic indicators of object operation in the future.

Keywords: energy efficiency of design solutions, building energy assessment, energy loss within an apartment house, EcoDesigner.

Reference list

1. Zhigulina A.Iu. Energy-efficient residential buildings. The world and domestic practice of design and construction // Gradostoitelstvo, 2012, № 2. – P. 84-86.
2. The federal law of the Russian Federation from November, 23rd, 2009 № 261-FZ «About energy-savings and about increase of energy efficiency and about modification of separate acts of the Russian Federation» // Rg.ru Rossiyskaia gazeta. URL: http://www.rg.ru/2009/11/27/energo-dok.html (reference date: 25.05.2014).
3. Graphisoft EcoDesigner – the ecology is integrally entered in process of architectural designing // CADmaster. Magazine for professionals in area CAD. URL: http://www.cadmaster.ru/press/news/news_20090428.html (reference date: 30.05.2014).
4. URL: http://www.graphisoft.com/archicad/ecodesigner_star/ (reference date: 27.05.2014).
5. VIP-Core Dynamic Simulation Engine. URL: http://helpcenter.graphisoft.com/guides/archicad-18-int-reference-guide/energy-evaluation/energy-performance-evaluation/vip-core-dynamic-simulation-engine/ (reference date: 28.05.2014).
6. URL: http://strusoft.com/products/vip-energy (reference date: 28.05.2014).
7. Standards energetical passport and section «Energy efficiency» for buildings inhabited, public and the mixed type (the training aids to MR 23-345-2008 UR), 2009.
8. Service 2GIS. URL: http://info.2gis.ru/izhevsk/products/download (reference date: 29.05.2014).

УДК 711.5:34
Арсентьева Ю.П. – аспирант
E-mail: arsenburg@yandex.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

Правовые особенности градостроительного формирования жилой среды в прибрежных зонах поселений

Аннотация

Статья рассматривает аспект правового регулирования градостроительной деятельности на прибрежных территориях и его влияние на формирование жилой среды в береговых зонах. В статье анализируется зарубежный опыт правового регулирования градостроительной деятельности вблизи водных объектов – освещается история возникновения доктрины прибрежного права, применение специфических методов градостроительного зонирования прибрежных территорий, а также обозначаются проблемы, имеющие место в Российской Федерации в рамках вышеуказанной темы и приводятся рекомендации, сформированные с учетом изученного зарубежного опыта, способствующие их решению.

Ключевые слова: прибрежные территории, жилая среда, правовое регулирование градостроительной деятельности, прибрежное право, градостроительное зонирование.

Введение

Начиная со второй половины XX века, в странах Запада активно идет процесс реновации пришедших в запустение прибрежных территорий. В конце XX века возрождение заброшенных береговых зон начинается и в отечественных крупных городах. Значительная часть новой прибрежной застройки формируется в ходе развития жилой среды, привлекательной для будущих жильцов, в том числе и по причине наличия специальной инфраструктуры набережных, возникающей в непосредственной близости от жилья. Однако, в процессе градостроительного освоения береговых зон неизбежно возникновение ряда проблем – инженерно-технического, социально-правового, ландшафтно-экологического характера, требующих рассмотрения прибрежных территорий как отдельного объекта управления. В статье рассматривается аспект правового регулирования градостроительной деятельности, осуществляемой в процессе формирования жилой среды в прибрежных территориях, проблемы и спорные вопросы, возникающие в рамках данного аспекта, инструменты, применяемые для их решения.

Исторические особенности влияния водного объекта на формирование застройки в прибрежных территориях

В процессе исторического развития общества прослеживается стремление людей к размещению поселений у воды. Доминирующая функция водного объекта в планировочной структуре и укладе жизни поселений изменялась, что непосредственным образом влияло на преобладающее функциональное назначение застройки, размещаемой на прибрежных территориях.

В первобытную эпоху водный объект выполнял фортификационные функции и являлся для жителей поселений источником пропитания и питьевой воды. Примером подобного уклада жизни являются озерные поселения – тип организации жилой среды, характерный для первобытных культур региона Альпийских озер. Первые свайные постройки озерных поселений возникли в эпоху раннего неолита и были распространены большей частью в области Западных Альп. Жилища размещались в непосредственной близости от водоема на свайных конструкциях, что позволяло не занимать под постройки пригодную для полей и пастбищ землю, а также обеспечивало защиту поселения от вражеских нападений в связи с труднодоступным местоположением строений [6].

В Средние века реки берут на себя функцию транспортной артерии в структуре города, использование водного транспорта для перевозки грузов способствует развитию рыночной экономики. На прибрежных территориях европейских городов размещаются ремонтные мастерские, ремесленные центры и промышленные мануфактуры, формируются рыночные площади в связи с активизацией торговли [2].

В период становления индустриального производства усиливается роль реки как транспортной артерии и важнейшего ресурса для промышленного развития городов. Капитализм приводит к интенсификации процессов обмена между странами в ходе их динамичного индустриального развития. В крупных городах на берегах рек размещается все больше производственных зон.

В 30-40 гг. XX века начинается активное развитие морских и речных контейнерных перевозок. Переход на новую систему транспортировки грузов требовал реорганизации существующих портовых зон в городах, расположенных на берегах крупных рек, и их технологического обновления. В городах возникает потребность организации портовых зон, оснащенных современными контейнерными терминалами и грузовыми площадками, на новых территориях. Также в данный период времени снижается потребность размещения промышленных зон в непосредственной близости от реки в связи с применением новых технологических решений в строительстве инженерных водопроводных систем, позволявших обеспечивать водой предприятия, располагающиеся на удаленном расстоянии от водоемов. Прежние портовые зоны в городах постепенно начинали приходить в запустение, превращаясь в территории, требующие реконструкции. К середине XX века обширные зоны заброшенных портов на берегах рек становятся характерным элементом городского ландшафта и возникают в таких крупных зарубежных городах как Лондон, Гамбург, Амстердам, Роттердам, Осло, Торонто.

В конце XX века производственные портовые зоны начинают терять значимость и в отечественных городах – Москве, Санкт-Петербурге, Перми, Казани и других. В это же время в ряде городов Запада начинается реализация проектов по возрождению пришедших в упадок портовых территорий. Некоторые из подобных проектов, такие как Доклендс в Лондоне и Коп ван Зюйд в Роттердаме в настоящее время успешно завершены - города обрели новые прибрежные районы с высококачественной средой смешанного использования, немалую часть которой занял сектор жилья [3].

В отечественных крупных городах вопрос реконструкции пришедших в запустение портовых зон на сегодняшний день стоит наиболее остро. В проектных предложениях по застройке возрождаемых прибрежных территорий прослеживается стремление выйти жилым массивом к береговой линии. Прибрежные жилые зоны прямым образом способствуют активизации жизни на набережных и формированию нового привлекательного водного фасада города. Жилье у воды обеспечивает не только панорамный вид на водоем, но также предполагает наличие специальной инфраструктуры, привлекательной для жильцов – прогулочных набережных, пляжей, пирсов, лодочных станций, яхт-клубов.

Однако освоение прибрежных территорий сопряжено с рядом сложностей. В процессе развития прибрежных зон возникают спорные вопросы не только технического характера, неизбежными становятся проблемы правового регулирования формирующейся среды. Интенсификация использования земли прибрежных территорий, высокая степень антропогенного воздействия на их природную среду требуют обеспечения защиты публичных и частных интересов всех субъектов градостроительной деятельности, осуществляемой в пределах береговых зон. Большое количество возникающих споров между собственниками недвижимости в прибрежных территориях по ряду вопросов, касающихся сохранения вида на воду, допустимого размещения на участках инженерных сооружений и коммуникаций, возможности использования прилегающего к участку водного объекта, обеспечения общественного доступа к береговой линии и других, имеющих специфику близкого расположения водного объекта к недвижимости, подчеркивают необходимость исследования проблем правового регулирования градостроительной деятельности в прибрежных территориях.

Зарубежный опыт правового регулирования жилой среды в прибрежных территориях

Одним из наиболее значимых факторов, влияющих на качество формирующейся жилой среды на прибрежных территориях, и, одновременно, имеющим недостаточное развитие в отечественной практике, является правовое регулирование градостроительной деятельности на территориях, прилегающих к воде. Непосредственная связь жилой среды с водным объектом и, как правило, наличие вблизи жилой застройки специальной инфраструктуры делает правовое регулирование жилых зон в прибрежных территориях отличным от правового регулирования прочих жилых зон в структуре города.

За рубежом на сегодняшний день сформировалась область прибрежного права, устанавливающая права и обязанности собственников недвижимости в прибрежных территориях.

Прибрежное право – это система правовых норм, распространяющаяся на собственников недвижимости, располагающейся в непосредственной близости от водного объекта, регламентирующая использование акватории водного объекта и его прибрежной полосы данными собственниками [7].

Область прибрежного права имеет происхождение из общего права Великобритании XIX в., в дальнейшем прибрежное право получило распространение в бывших британских колониях – Канаде, Австралии, в штатах США Коннектикут, Мэн, Мэрилэнд, а в последствии и в других штатах восточного побережья [5].

Обращаясь к опыту правового регулирования прибрежных территорий США, где доктрина прибрежного права действует с начала XIX века, можно увидеть в законодательстве Соединенных Штатов отражение особенностей, характерных для земельных участков в прибрежных территориях.

Собственники прибрежной недвижимости приобретают не только землю, размещаемые на ней здания и сооружения, но и вид на воду, возможность эксплуатации прибрежной полосы с участком акватории водного объекта, граничащим с приобретаемым земельным участком, а также риски эрозии и подтопления.

С учетом вышеуказанных особенностей для владельцев недвижимости в прибрежных территориях был сформирован комплекс прав и обязанностей.

Владелец недвижимости в прибрежной зоне обладает следующими правами:

1. Право эксплуатации судоходной части водного объекта для водной навигации, рекреационных целей, рыбалки.

2. Право употребления воды из водного объекта для домашних, сельскохозяйственных и технических целей.

3. Право размещения в русловой части реки устройств для нереста рыбы, лопастных дефлекторов и прочих приспособлений, способствующих росту популяции рыбы.

4. Право строительства пирса для оборудования парковочного места водного транспорта.

5. Право эксплуатации и хранения плавсредств в пределах прилегающей к участку собственника части акватории водного объекта.

6. Право присоединения к собственному земельному участку новых участков суши, образующихся под влиянием природных сил в ходе действия естественных процессов, изменяющих контур береговой линии. Данное право не включает в себя разрешение на искусственный намыв территории [7].

В случае продажи или передачи в наследство недвижимости в прибрежных территориях, прибрежные права передаются вместе с собственностью. Вышеобозначенные права могут реализовываться в полной мере только в случае отсутствия негативного влияния на соседних собственников прибрежной недвижимости.

Также одним из самых мощных инструментов правового регулирования градостроительной деятельности в прибрежных территориях Соединенных Штатов является градостроительное зонирование прибрежных территорий, нормы которого вступили в силу с 60-х гг. XX века.

Границы прибрежных территорий, определяющие местность, где необходимо выполнить градостроительное зонирование, устанавливаются в зависимости от типа

прилегающего к суше водного объекта, в разных штатах их параметры могут незначительно отличаться (рис. 1.).

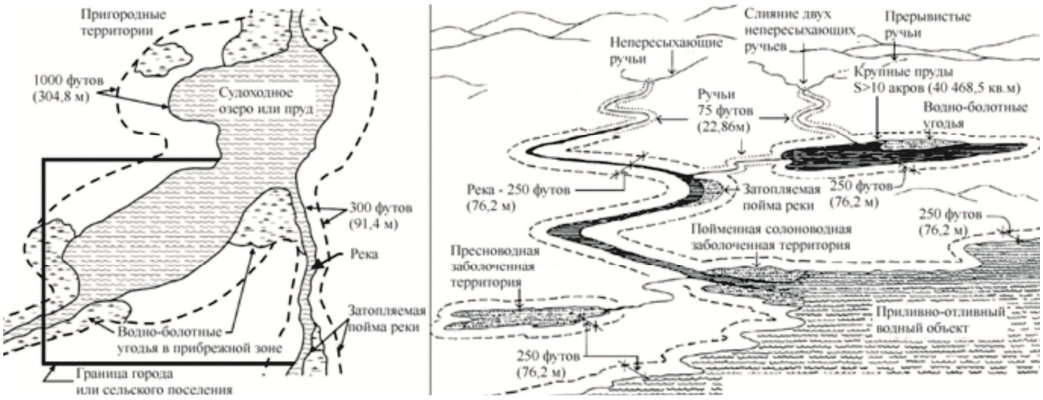


Рис. 1. Нормы определения границ прибрежных территорий
в штатах Висконсин (слева) и Мэн (справа), США [8]

Метод градостроительного зонирования прибрежных территорий призван выполнять следующие задачи: контроль и предотвращение загрязнения поверхностных и подземных вод, сохранение генофонда естественных экосистем и биоразнообразия на прибрежных территориях, охрана водно-болотных угодий, охрана водных биологических ресурсов и территорий нереста рыбных ресурсов, защита застроенных территорий от наводнения, контроль строительства зданий и сооружений в прибрежной зоне, обеспечение общественного доступа к береговой линии, охрана и регулирование коммерческого рыболовства и рыболовных угодий, охрана археологических памятников и объектов культурного наследия.

При разработке Карты градостроительного зонирования, в соответствии с действующим на территории США Законом о прибрежных территориях, необходимо установить границы следующих зон в прибрежных территориях:

1. Зона охраны природных ресурсов. Включает пойменные территории, существующие на протяжении 100 лет; территории пресноводных водно-болотных угодий и солоноводных пойменных земель, которые признаны органами местного самоуправления как ценный ареал обитания водоплавающей птицы, территории природных откосов с уклоном более 20 % площадью 2 и более акра (8094 м^2), территории, занятые болотной растительностью (как правило, залесенные болота), площадью 2 и более акра (8094 м^2), территории вдоль берегов рек, находящиеся в зоне риска развития эрозии, территории обитания ценных видов диких млекопитающих, территории объектов культурного и археологического наследия.

2. Зона основного хозяйственного освоения Разделяется на подзоны I и II. Включает территории производственных предприятий, баз оптовой торговли и прочей торговой инфраструктуры, территории с интенсивной рекреационной нагрузкой. Подзона I определяет территории данной зоны, имевшие высокий уровень развития инфраструктуры до осуществления градостроительного зонирования. В пределах подзоны I отступ от береговой линии для размещения застройки составляет 25 футов (7,62 м). Подзона II определяет слабо развитые территории зоны основного хозяйственного освоения, требование к отступу от береговой линии для размещения застройки в подзоне II составляет 75 футов (22,86 м).

3. Зона жилой застройки. Включает территории, отвечающие требованиям нормативных документов для жилищного строительства и организации рекреационных пространств. В процессе градостроительного проектирования в пределах зоны жилой застройки необходимо соблюдать ряд параметров:

а) Минимальный размер земельного участка. Минимальная длина границы неканализуемого земельного участка по водному объекту составляет 100 футов (30,48 м), минимальная площадь – 20000 кв. футов (1858,12 м^2). Земельный участок, обслуживаемый

общей канализационной системой, должен иметь границу по водному объекту длиной не менее 65 футов (19,81 м) и минимальную площадь 10000 кв. футов (929,06 м^2).

b) Отступы при строительстве. Строительство всех зданий и сооружений, за исключением пирсов, должно осуществляться с соблюдением отступа 75 футов (22,86 м) от береговой линии, контур которой устанавливается в соответствии со средним значением отметки максимального уровня подъема воды в данном водоеме, фиксируемого ежегодно в период весеннего паводка.

c) Максимальная разрешенная высота застройки составляет 35 футов (10,67 м).

d) Вырубка высокоствольных зеленых насаждений и кустарников. В буферной зоне шириной 35 футов от береговой линии (10,67 м) разрешается вырубка деревьев и кустарников в пределах полосы шириной 30 футов (9,14 м) на каждые 100 футов (30,48 м) зеленых насаждений. За пределами данного буфера вырубка зеленых насаждений может осуществляться в соответствии с разрешением лесничества.

e) Земляные работы. Допускаются в прибрежных территориях только при получении разрешения муниципального образования в целях предотвращения эрозии, нанесения вреда животному миру и рыбе.

Вышеуказанные параметры могут незначительно варьироваться в разных штатах США.

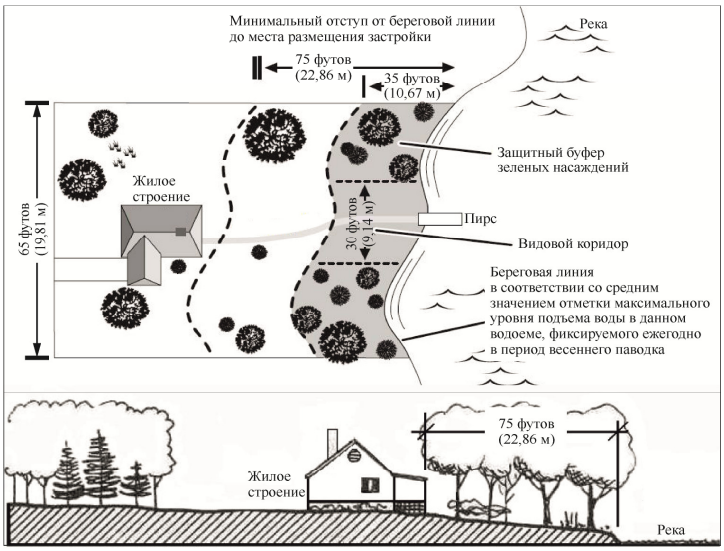


Рис. 2. Минимальные параметры участка, обслуживаемого общей канализационной системой, в пределах зоны жилой застройки в штате Висконсин [7]

1. Зона охраны малых водных объектов. Формируется вдоль ручьев, берущих начало из крупных прудов, а также, чей исток находится в месте слияния двух непересыхающих рек.

2. Зона общественно-деловой застройки. Включает территории размещения общественно-деловой и коммерческой недвижимости, а также жилье смешанной структуры. Максимальная разрешенная высота застройки составляет 35 футов (10,67 м).

3. Зона коммерческого рыбного промысла и приморской хозяйственной деятельности. Включает территории предприятий (рабочие гавани, рыбные базы), чья деятельность зависит от непосредственной близости к водному объекту. В пределах данной зоны отсутствует требование соблюдения минимального отступа от береговой линии водного объекта для размещения застройки.

Границы смежных зон в прибрежных территориях устанавливаются по центральным осям улиц, границам охраняемых природных объектов или кадастровым границам земельных участков. Также существует реестр разрешенных видов хозяйственной деятельности в каждой зоне в пределах прибрежных территорий.

Каждое муниципальное образование в США должно иметь утвержденную Карту зонирования прибрежных территорий (рис. 2.), а также Карту зонирования затопляемых

пойменных территорий для защиты человеческого здоровья и жизни и минимизации рисков затопления застроенных территорий, порчи собственности и предотвращения крупных экономических убытков.

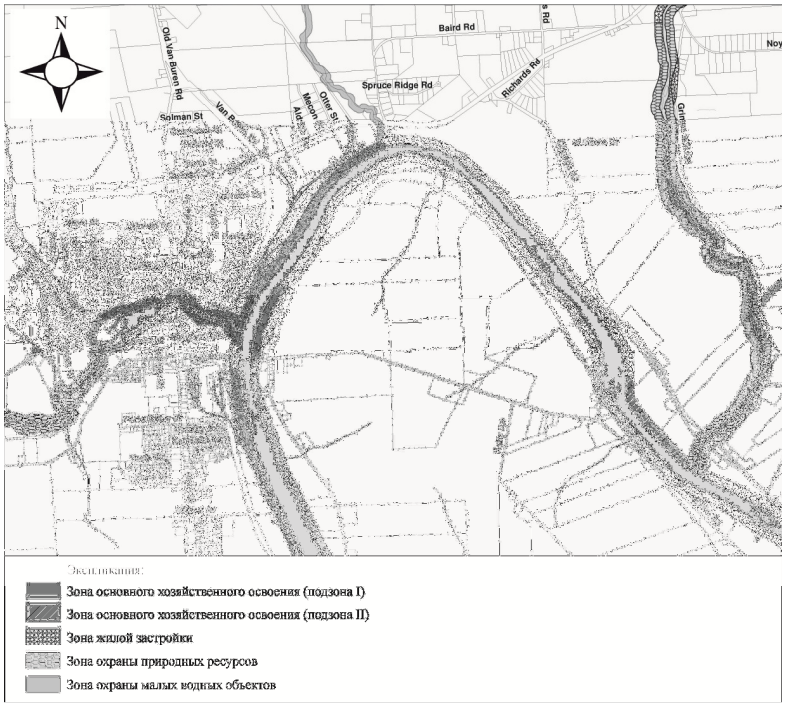


Рис. 3. Фрагмент карты градостроительного зонирования прибрежных территорий города Карибу, штат Мэн

Градостроительное зонирование прибрежных территорий отражается на осуществлении операций по покупке прибрежной недвижимости. Реализация норм зонирования способствует поддержанию качества и прозрачности воды в водоемах, которые являются критическими параметрами, оказывающими прямое влияние на стоимость прибрежной недвижимости. При уменьшении показателя прозрачности воды в водоеме на 3 фута (0,9 м), стоимость прилегающей к водоему недвижимости может снизиться на 22 %.

Чем выше стоимость прибрежной недвижимости, тем больший объем налогов с данной собственности поступает в казну муниципального образования. Следовательно, эффективное правовое регулирование прибрежных территорий прямым образом отражается на экономических активах муниципальных образований. Внедрение практики градостроительного зонирования прибрежных территорий в штате Висконсин принесло позитивный экономический эффект – цены на прибрежную недвижимость выросли на 13-24 %. Также зонирование помогает предотвратить деградацию территорий для купания, рыбалки, туризма в муниципальном образовании и соответствующие убытки [9].

Конфликты, возникающие между собственниками недвижимости в прибрежных территориях

В ходе формирования жилой среды в прибрежных территориях, возможным является возникновение ряда конфликтов между собственниками прибрежной недвижимости. За рубежом имеется широкий опыт решения подобных правовых споров. В отечественном правовом опыте данный аспект получил меньшее развитие и требует дальнейшей проработки.

Спорные вопросы, возникающие при правовом регулировании прибрежных территорий Российской Федерации, достаточно близки к проблемам, разрешить которые удалось несколько десятилетий назад на прибрежных территориях зарубежных стран. В

процессе формирования системы правовых норм для прибрежных территорий в России, безусловно, будет эффективным использование зарубежного опыта.

Как показывает юридический опыт США, существует несколько наиболее распространенных конфликтных ситуаций среди собственников земли на прибрежных территориях:

1. Конфликт частных и общественных интересов в отношении эксплуатации объектов у береговой линии в структуре жилого соседства.

В прибрежных соседствах владельцы всех жилых домов являются обладателями прибрежных прав, разрешающих им эксплуатацию прилегающих пляжей и пирсов. Однако право на возведение пирса для парковки водного транспорта принадлежит лишь тем собственникам соседства, чьи дома располагаются в непосредственной близости от воды, они же осуществляют его техническое обслуживание. Однако, фактически, пирс будет принадлежать всей соседской единице с правом пользования для каждого ее жителя, вследствие чего возникает конфликт между собственником, возводящим и обслуживающим пирс и другими жителями соседства, имеющим право использовать данный пирс безвозмездно.

2. Конфликт, касающийся сохранения вида на воду у прибрежных собственников.

В штатах восточного побережья США владелец участка в береговой зоне обладает прибрежными правами, включающими право предотвращения изменения собственного вида на воду. В то же время, при развитии планировочной структуры территории могут сформироваться участки собственников, расположенные еще ближе к береговой линии, чем участки, отмежеванные ранее. Законно возводимые на новых участках ограждения, здания и сооружения, посадка высокоствольной зелени являются фактором изменения вида на воду для части собственников, чьи участки становятся второй линией застройки. Во избежание изменения вида на воду по причине застройки новых участков, особое внимание при приобретении участка в прибрежной территории следует уделить категории земель, размещенных между линией водного фронта и приобретаемым участком.

3. Конфликт по вопросу размещения пирса на береговой линии.

Для большинства владельцев прибрежных участков первостепенным преимуществом является возможность возведения и эксплуатации пирса на береговой линии. Споры могут возникнуть по вопросу размещения пирса относительно участков соседних собственников. Соседи могут посчитать, что пирс расположен на территории их владений, границы которых продлеваются в воду. При желании приобрести дом с возведенным пирсом, необходимо заблаговременно изучить проект межевания территории и выяснить, имелось ли разрешение на строительство данного пирса.

4. Конфликт относительно выполнения обязательств по поддержанию береговой линии в благоприятном состоянии.

Для участков собственников, которые подвергаются значительному воздействию волн или располагаются на обрыве, актуальна проблема эрозии. Вследствие этого на владельцев прибрежной недвижимости налагаются обязательства по строительству защитных береговых укреплений. В зависимости от конкретного сообщества, расходы на поддержание конструкций береговых укреплений в исправном состоянии могут ложиться либо лишь на тех жителей, чьи участки расположены ближе всего к береговой линии, или же на всех членов прибрежного сообщества. В некоторых прибрежных жилых сообществах для собственников участков в прибрежной зоне сумма ежегодного налога на поддержание территорий общего пользования, включающих береговые укрепления, в исправном состоянии выше, чем у других членов соседства и определяется в зависимости от площади береговых укреплений, приходящейся на каждый прибрежный дом. Собственники прибрежных участков сообщества считают это несправедливым, поскольку береговые укрепления являются неотъемлемым средством инженерной защиты территории всего сообщества.

5. Конфликт по вопросу реализации проекта береговых укреплений.

Качество и эффективность инженерной защиты береговой линии, выполненной подрядными организациями прибрежного сообщества, могут быть неудовлетворительными. При случае, когда в договоре о выполнении работ по

устройству береговых укреплений между береговым сообществом и подрядчиком не оговаривается соответствие защитных конструкций стандартам качества, возникает риск возведения конструкции, которая будет небезопасной для жителей сообщества.

С ростом интереса к прибрежной недвижимости и появлением все большего количества прибрежных землевладельцев, возникновение конфликтных ситуаций и споров среди них становится неизбежным. В связи с этим за рубежом появляется все больше консалтинговых фирм, специализирующихся на решении юридических вопросов и споров в сфере прибрежного землевладения.

Не смотря на возникновение конфликтов между собственниками, возможность стать обладателем прибрежных прав является весьма привлекательной для зарубежных граждан. Они располагают полной информацией о возможностях, приобретаемых вместе с прибрежной собственностью. Фактор защиты частного вида на воду, разрешение на водную навигацию, охрана качества воды и биоразнообразия прибрежных территорий, а также ряд иных привилегий является притягательным для будущих собственников.

Правовое регулирование использования прибрежных территорий в Российской Федерации

На сегодняшний день в Российской Федерации затруднено правовое регулирование прибрежных территорий. В отечественных правовых документах наблюдается отсутствие единой терминологии, касающейся прибрежной зоны в смежных областях, и соответствующей законодательной базы, опираясь на которую было бы возможным беспрепятственное решение конфликтов, возникающих между собственниками недвижимости в прибрежных территориях.

Нормативным правовым документом, обеспечивающим в Российской Федерации соблюдение прав и законных интересов физических и юридических лиц, в том числе правообладателей земельных участков и объектов капитального строительства в муниципальных образованиях, создающим условия для планировки территории города, а также устанавливающим градостроительные регламенты по видам разрешенного использования земельных участков и параметры разрешенного строительства и реконструкции объектов капитального строительства, являются Правила землепользования и застройки.

Жилые зоны, а также зоны остальных типов, расположенные в прибрежных территориях, согласно Правилам землепользования и застройки, имеют те же градостроительные регламенты, как и аналогичные зоны, удаленные от водных объектов, что говорит об отсутствии учета специфики прибрежной зоны при осуществлении градостроительного зонирования [4].

Открытым остается вопрос определения понятия границы прибрежной зоны. При определении ее границ можно частично обратиться к Водному Кодексу Российской Федерации, где определено понятие водоохранной зоны, которую можно рассматривать как земельную составляющую прибрежной зоны [1].

Необходимость формирования понятийного аппарата по прибрежной зоне, выделение прибрежной зоны как отдельного объекта управления, диктуется как практическими целями, так и задачами построения общей теории ее градостроительного развития. Разработка соответствующего понятийного аппарата должна способствовать пониманию взаимосвязи факторов деятельности в прибрежной зоне, формированию механизмов эффективного управления, базирующихся на ясности и общности понимания всеми участниками процесса целей и задач развития прибрежных территорий.

Заключение

Опыт ведущих зарубежных стран показывает, что прибрежная зона должна являться отдельным объектом управления в силу ее специфики, возникающей в связи с непосредственной близостью водного объекта. Эффективное управление территориально-пространственным развитием прибрежных территорий и, как следствие, формирование в них комфортной жилой среды возможно в случае интеграции градостроительной, землеустроительной, инвестиционной, хозяйственной,

природоохранной и иных видов деятельности в прибрежных зонах в единой системе управления. Это может быть достигнуто путем использования эффективных инструментов правового регулирования градостроительной деятельности в прибрежных территориях, одним из которых является градостроительное зонирование.

Успешное применение специфических методов градостроительного зонирования прибрежных территорий за рубежом в совокупности с реализацией норм прибрежного права в части предотвращения деградации территорий и водных ресурсов, формирования комфортных условий для жителей, обеспечения доступности водного фронта и защиты вида собственников жилья на воду, а также оказываемый положительный эффект на экономику муниципальных образований, говорит о необходимом рассмотрении применения практики специального градостроительного зонирования для прибрежных территорий и в отечественном правовом регулировании.

Разработка основных теоретических положений методики градостроительного зонирования прибрежных территорий поможет эффективно управлять всеми природными и антропогенными процессами и решать проблемы в прибрежной зоне.

Список библиографических ссылок

1. «Водный кодекс Российской Федерации» от 03.06.2006 № 74-ФЗ (ред. от 28.06.2014).
2. Гражданкин А.С. Роль реки Рейн в формировании пространственной структуры экономики стран Европы (I век до нашей эры – XIX век) // Балтийский регион, 2012, № 2. – С. 130-132.
3. Иванов А. Замааскворечье. Преобразование района Коп ван Зюйд в Роттердаме. // Архитектурный Вестник, 2009, № 1. – С. 68-73.
4. Правила землепользования и застройки г. Казани, ч. II Градостроительного устава г. Казани в ред. решения КГД №13-30 от 24.01.2014.
5. Dellapenna, Joseph W. The Evolution of Riparianism in the United States. Marquette Law Review 95, 2011. – 90 p.
6. Keller, Ferdinand; Lee, John Edward. The Lake Dwellings of Switzerland and other parts of Europe. – London: Longman, Green, and Co, 1866. – 418 p.
7. Kent G., Paul, Dudiak A., Tamara. Wisconsin Water Law: A Guide to Water Rights and Regulations. University of Wisconsin-Stevens Point, 2001. – 213 p.
8. Maine. Department of Environmental Protection (Ed.). Maine Shoreland Zoning: A Handbook for Shoreland owners, Maine DEP, 1998. – 37 p.
9. Radomski, Paul. Your Lake, Our Lakes: Economics of Shoreland Zoning. // Governor's Clean Water Initiative: Shoreland Standards Update Project, 2006, Article № 5.

Arsenteva Y.P. – post-graduate student
E-mail: arsenburg@yandex.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043. Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Legal features of residential environment's urban development in the coastal areas of settlements

Resume

Analysis of the historical development of society shows the importance of water bodies in the formation of the planning structure of settlements and people's striving for placing the housing near the water. However, in the process of urban development of coastal zones emerges a number of problems one of which is the problem of legal regulation of coastal zones.

Experience of leading foreign countries shows that the coastal zone should be a separate object of management because of its specific nature, arising from the close position of the water

body. Effective management of spatial development of coastal areas is possible in the case of the integration of urban planning, land use planning, investment, economic, environmental, and other activities in the coastal areas in a uniform system of management. This can be achieved through the use of effective tools for the legal regulation of urban planning in coastal areas, one of which is shoreland zoning.

Successful application of shoreland zoning for preventing the degradation of water resources and territories, forming a comfortable environment for residents, and a positive effect it takes on the municipalities' economy indicates that it is necessary to consider the application of shoreland zoning in legal regulation of Russian Federation.

Keywords: coastal area, residential environment, legal regulation of urban development, riparian rights, shoreland zoning.

Reference list

1. «Water codex of the Russian Federation» 03.06.2006 № 74-FZ (edit. from 28.06.2014).
2. Grazhdankin A.S. The role of the River Rhine in the formation of the spatial structure of the European economy (I century BC – XIX century) // The Baltic Region, 2012, № 2. – P. 130-132.
3. Ivanov A. Zamaaskvoreche. The transformation of Kop van Zuid district in Rotterdam. // Architectural Journal, 2009, № 1. – P. 68-73.
4. Rules of land use and development of Kazan, part II of the Urban development charter of Kazan, edit. KGD decision № 13-30 from 24.01.2014.
5. Dellapenna, Joseph W. The Evolution of Riparianism in the United States. Marquette Law Review 95, 2011. – 90 p.
6. Keller, Ferdinand; Lee, John Edward. The Lake Dwellings of Switzerland and other parts of Europe. London: Longman, Green, and Co, 1866. – 418 p.
7. Kent G., Paul; Dudiak A., Tamara. Wisconsin Water Law: A Guide to Water Rights and Regulations. University of Wisconsin-Stevens Point, 2001. – 213 p.
8. Maine. Department of Environmental Protection (Ed.). Maine Shoreland Zoning: A Handbook for Shoreland owners, Maine DEP, 1998. – 37 p.
9. Radomski, Paul. Your Lake, Our Lakes: Economics of Shoreland Zoning. // Governor's Clean Water Initiative: Shoreland Standards Update Project, 2006, Article № 5.

УДК 712.25
Исмагилова С.Х. – кандидат архитектуры, доцент
E-mail: grado@kgasu.ru
Залетова Е.А. – старший преподаватель
E-mail: salen07@mail.ru
Головкина Л.О. – аспирант
E-mail: larisa_golovkina@mail.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

Современные тенденции структурной реорганизации пространства улицы

Аннотация

Статья фокусирует внимание на понятии «уличное пространство», как зоны локализации различных видов движения – автомобильного, рельсового, велосипедного, пешеходного. На основе изучения современной зарубежной практики приводятся структурные и архитектурно-планировочные подходы, направленные на преобразование пространства улицы с целью исключения автоориентированных решений и достижения устойчивого развития городской среды. В статье приводятся результаты проектного предложения по реорганизации системы уличных пространств центральной части Казани, направленные на обеспечение условий сосуществования альтернативных участников уличного движения и восстановления роли центра города, как зоны комфортного пребывания.

Ключевые слова: мультимодальная среда, уличное пространство, зеленая инфраструктура, структурно-планировочная организация, уличная система исторического ядра.

В последние годы в нашей стране приходят к пониманию необходимости заниматься вопросами градостроительного планирования, но, к сожалению, целостная картина развития пока не выстроена, и мы по-прежнему остаемся на пути, которым развивался Запад после второй мировой войны. Это – приоритет монозонирования и полной автозависимости над развитием территорий со смешанным функциональным использованием и пешеходно-ориентированного урбанизма. Признанный в международной практике переход к концепции устойчивого развития городских территорий (Sustainable Urban Development) предполагает междисциплинарный подход в решении проблемы совершенствования пространственной организации городской среды. В частности, это включает решение всех транспортных проблем, ориентируясь не только на инженерные приемы, но и на комплексные подходы, охватывающие вопросы охраны и развития природного потенциала городской среды и улучшения эстетических качеств транспортных территорий. Следует отметить, что в осуществлении отмеченных выше задач, западная практика накопила весьма внушительный опыт, которым было бы опрометчиво не воспользоваться [3,7].

С ростом требований к качеству городской жизни и возрастанием важности принципа устойчивого развития, все очевиднее становится необходимость новой оценки потенциала, которым располагают транспортные (далее уличные) территории, традиционно рассматриваемые, как наиболее агрессивная составляющая городской среды и являющейся основным фактором дестабилизации экологической ситуации. С сожалением приходится констатировать, что отечественная практика, в вопросах планировочной организации уличного пространства, в основном, сводится к автоориетированному подходу, при котором рассчитывать на устойчивое развитие городской среды не приходится. При этом следует подчеркнуть, что нормативы и регламенты не то, что не мотивируют, но полностью нивелируют само понятие «улица». Устойчивое транспортное планирование должно учитывать интересы и создавать условия для всех альтернативных участников дорожного движения: пешеходов, велосипедистов, скоростного транзита и общественного транспорта.

Анализ зарубежной практики показывает, что планировщики и дизайнеры, активно занимающиеся городской проблематикой, начинают осознавать важность формирования новых подходов в реорганизации уличного пространства. Основу таких предложений составляет отказ от пассивной «защиты от негативного влияния транспорта» в пользу превращения транспортных (уличных) территорий в сбалансированные участки городского ландшафта [8]. Этот новый подход может быть выражен в следующих трех основных направлениях развития уличной структуры:

1. «Мобильности», исключающей абсолютное доминирование автомобиля и включающей в себя другие виды, так называемого, немоторизированного движения – пешеходного, велосипедного, а также общественного транспорта.

2. «Социальности», связанной с созданием узнаваемых, контекстно ориентированных общественных пространств.

3. «Природности», обозначающей поддержание природной экосистемы за счет создания «зеленой инфраструктуры».

Внедрение данных направлений, объединяющих в себе многовариантные инновационные приемы развития уличной структуры дадут возможность превратиться ей из монофункциональной единицы по эффективному перемещению транспортных средств в сложный полифункциональный организм, способный реструктурировать городскую ткань и вдохнуть жизнь зачастую в достаточно заурядные урбанизированные пейзажи.

Мобильность. Концепция мобильности в последнее время значительно расширилась, рассматриваясь не только с позиции удобства движения для автотранспорта, но и с точки зрения перемещения людей и грузов. Все эти перемещения требуют весьма дорогого и дефицитного городского пространства, для сравнения – 200 человек по городу можно переместить примерно на 175 авто, либо с помощью всего 2-3 автобусов. Поэтому, как бы мы ни любили наши автомобили, они слишком пагубно влияют на здоровье, на качество городского пространства, на ресурсосбережение, а также на состояние воды и воздуха. Помимо этого, как утверждает статистика, большая часть населения не водит автомобиль, к их числу относятся дети, пожилые, люди с физическими нарушениями или просто те, кто не может себе позволить его содержание. Но, несмотря на это, им всем должно быть комфортно жить в той урбанизированной среде, которую мы создаем, речь идет об удобных для жизни, высоко плотных, имеющих смешанную функциональную нагрузку поселениях, ориентированных на комплексные системы общественного транспорта, мотивирующие человека к прогулкам. Собственно, это лишь некоторые элементы smart development (разумного развития), относящиеся к улицам, на которых мы, в столь кратком формате статьи, сможем остановиться.

Общественные пространства. Улица – это нечто большее, чем коридор для движения. Она является одновременно и пространством и одной из значимых частей общественной реальности. Именно эта ипостась не учитывается в общепринятом подходе в проектировании, когда мобильность воспринимается как единственно приоритетная функция уличного пространства. Парадигма полностью меняется, как только мы начинаем воспринимать улицу ещё и как структуру разнообразных взаимосвязанных пространств с широким спектром функций, потребителей и неповторимым контекстом, меняется культура проектирования созданием запоминающейся, узнаваемой, внушающей «чувство места» уличной среды. В этом отношении весьма показателен пример Нью-Йорка [2]. В мегаполисе с высокой плотностью застройки и населения, где фактически невозможно найти новых открытых территорий для ландшафтов, таковые были созданы за счет «уличного территориального резерва». Оказалось, что общая суммарная площадь улиц (64 кв. мили) эквивалентна 50 Центральным паркам. Власти города инициировали программу NYC DOT Plaza, по которой около 40 % улично-дорожной сети было трансформировано в общественные пространства, находящиеся в 10-минутной пешеходной доступности для каждого жителя. Безусловно, подобный подход правомочен не только для центров крупнейших городов, но и для любого урбанизированного поселения.

Природные системы (зеленая инфраструктура). Уличное озеленение в последнее время, как в зарубежной, так и в отечественной практике начинает рассматриваться, как важная составная часть формирования единой системы озеленения города. С помощью системы уличных пространств выстраивается непрерывная инфраструктура природного и искусственно созданного ландшафта, дающая возможность поддержания биоразнообразия, восстановления экосистем и гидрологии территории [5,6]. Как правило, ливневые стоки отводятся через подземные дренажи, за счет так называемой «серой инфраструктуры», а озеленение, в основном служит эстетическим элементом и реже рассматривается с экологических позиций. В настоящее время радикально меняется подход к организации поверхностного стока, асфальтовые или бетонные влагонепроницаемые покрытия уже не воспринимаются как благо цивилизации, а скорее наоборот – именно наличие натуральной земли и газонов рассматривается как механизм нейтрализации поверхностного стока, путем его задержки, фильтрации и уменьшения объема, попадающего в систему подземной ливневой канализации.

Особой актуальностью проблема структурной реорганизации уличных пространств обладает для центральной исторической части крупнейших городов. Здесь концентрация транспортного движения, пешеходных коммуникаций, обслуживающих и деловых функций существенно превосходят возможности потенциала пространств уличных территорий, которые требуют пересмотра и реструктуризации [1].

Для центральной части Казани, необходимость устранения острого противоречия между интенсивным ростом автомобильного движения и стремлением к формированию многофункциональной и комфортной городской среды с развитым пешеходным движением не вызывает сомнения. Центр Казани с его исторической частью сложившийся, как активное средоточие самых разнообразных городских общественных объектов, жилья, разнородных пешеходных территорий и транспортной инфраструктуры, продолжает сохранять свое социальное значение и востребованность. В то же время, очевидно, что имеются значительные трудности в дальнейшем сохранении и развитии общественнокультурного значения центра города, что обусловлено следующими причинами:

- значительной автотранспортной насыщенностью, наличием большого количества несанкционированных парковок, нарушением пешеходного движения, загрязнением воздуха и пр.;
- перенасыщенностью центральной зоны города объектами административного и делового характера, которые не являются приоритетными для организации общественного обслуживания и создают дополнительную транспортную нагрузку;
- недостатком озелененных специализированных территорий, слабым озеленением и благоустройством линейных уличных пространств, отсутствием продуманных выходов к крупным акваториям центра – рекам Казанке, Волге и пр.;
- отсутствием комплексного подхода в формировании взаимосвязанной системы пешеходных коммуникаций, транспортных узлов, озеленения и общественного обслуживания.

В работе был проведен комплексный анализ существующей структуры уличных территорий центра Казани, произведена оценка качества организации пешеходных пространств и системы транспортного обслуживания, на основе результатов которого разработано проектное предложение по реорганизации системы уличных пространств центральной части города.[1]

Предложение по реструктуризации уличных территорий центральной части Казани построено на комплексном подходе, предусматривающем, в первую очередь, изменения в организации транспортной системы, ориентированной на перераспределение транспортных потоков, усилении роли общественного транспорта с одновременным формированием развитой системы пешеходных путей и общественных пространств.

[1] Проектное предложение представлено в дипломном проекте Головкиной Л.О. «Архитектурно – планировочная реорганизация уличных пространств центральной части г. Казани, 2014 г.»

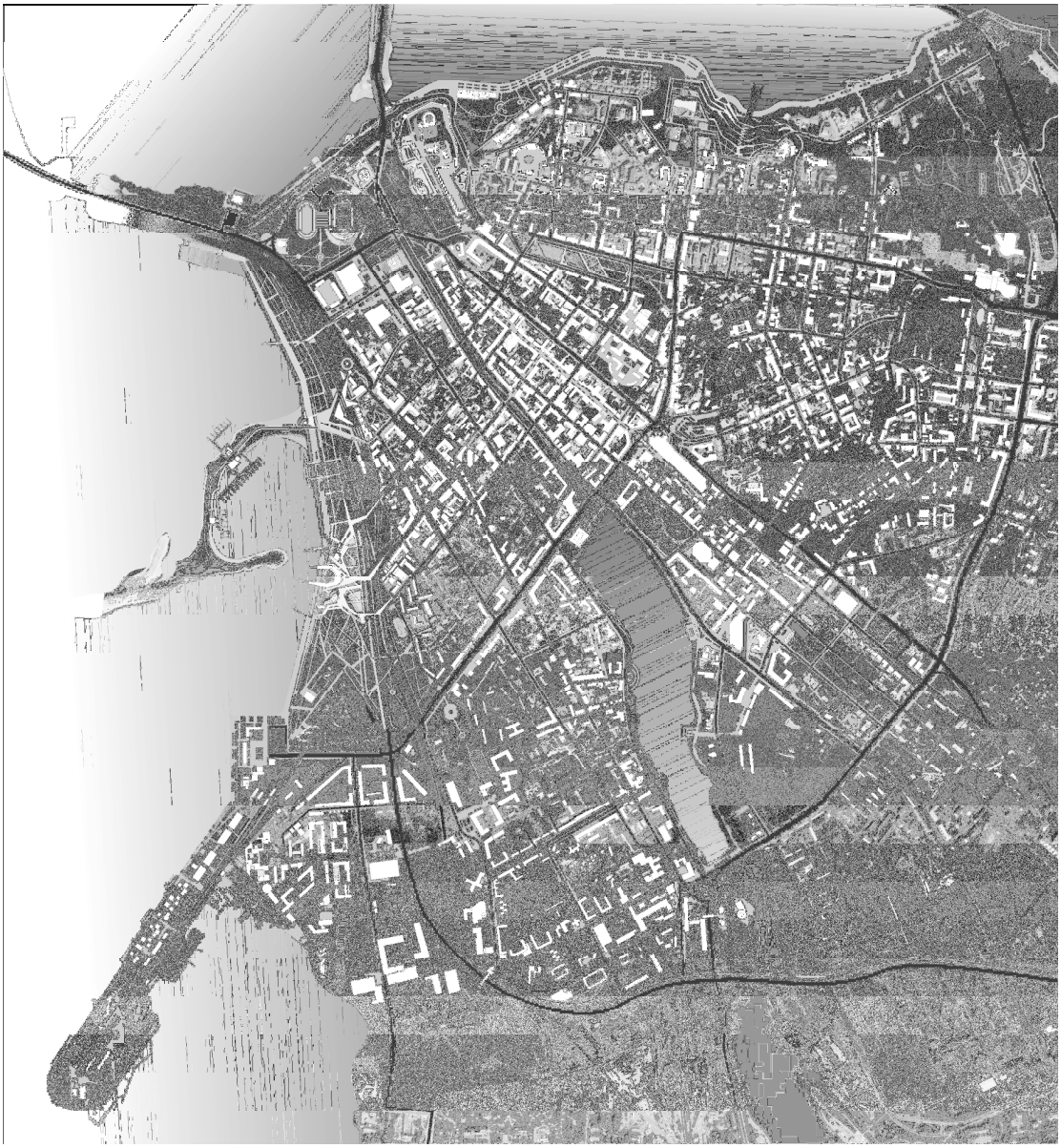


Рис. 1. Схема предложения планировочной организации системы основных уличных пространств

Предлагаемый в проектном решении подход в формировании уличных пространств центра Казани акцентирует внимание на следующих принципиальных позициях, способствующих отказу от автозависимого планирования:

- контекстуальность – реакция планировочного решения улицы на функциональную насыщенность окружающей территории, на её культурные и исторические условия;

- социальность – включение пространства улицы в качестве существенного компонента в систему общественных пространств города;

- многофункциональность - обеспечение комфортных условий для использования пространства улицы всеми видами немоторизированного движения.

Схема предложения новой структурно-планировочной организации уличной системы центральной части Казани, представленная на рис. 1, предусматривает осуществление следующего:

- выявление основных «коридоров» уличных территорий, обеспечивающих непрерывное пешеходное движение по системе озелененных линейно-узловых пространств центра;

- значительное расширение возможностей для развития пешеходного движения по безопасным и благоустроенным пространствам при сохранении связей с обслуживающими объектами и общественным транспортом;

- формирование непрерывных набережных вдоль рек Волга и Казанка и выявление организованных выходов к побережью;

- значительное увеличение площади озелененных территорий за счет линейной уличной зелени и резервных пространств;

- акцентирование исторически сложившейся геометрии уличных пространств – радиальных, лучевых направлений, а также особенностей сохранившегося рельефа;

- реорганизация промышленных и коммунально-складских территорий для формирования комфортных пешеходных направлений и выходов к набережным территориям.

Рис. 2. Предложение по реорганизации территории от НКЦ Казань до парка Черное озеро

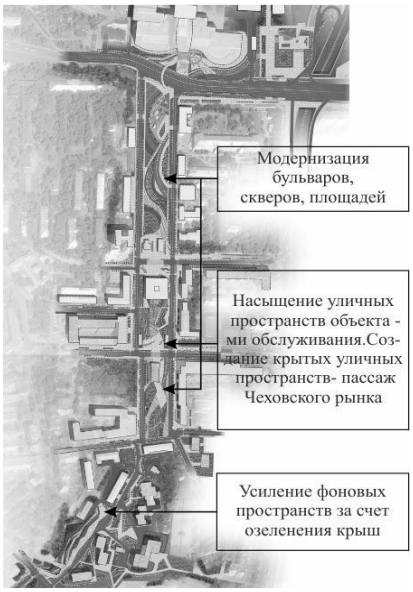


Рис. 3. Предложение по реорганизации территории от парка им. Горького до рощи Фрунзе

Более детально приемы реорганизации уличных пространств центральной части Казани представлены на примерах двух проектных предложений по фрагментам городской территории – от НКЦ Казань до парка Черное озеро (рис. 2) и от парка Горького до рощи Фрунзе (рис. 3). В данных предложениях архитектурно-планировочное и ландшафтное решение построено на основе применения отмеченных выше направлений развития уличной структуры.

Полученные в работе результаты подтвердили важность проблемы пересмотра подходов в проектировании городской уличной среды. Следует рассматривать её формирование не только с позиций модернизации транспортных сообщений, но и необходимости осуществления комплексного подхода, как к универсальной территории общественной активности и обслуживания, а также существенного резерва для развития озеленения и благоустройства.

Список библиографических ссылок

1. Велев П. Пешеходные пространства городских центров / пер. с болг. Д.П. Кривошеева. – М.: Стройиздат, 1983. – 192 с.
2. Гейл Я. Города для людей / пер. с англ. А. Токтонов. – М.: Крост, 2012. – 276 с.
3. Нефедов В.А. Ландшафтный дизайн и устойчивость среды. – С-П, 2002. – 295 с.
4. Генплан г. Казани. URL: www.kzn.ru (дата обращения: 13.05.2014).

5. Краснощекова Н.С. Формирование природного каркаса в генеральных планах городов. – М.: Архитектура-С, 2010. – 183 с.
6. Колбовский Е.Ю. Ландшафтное проектирование. – М.:«Академия», 2008. – 336 с.
7. Jeffrey Tumlin. Sustainable transportation planning: tools for creating vibrant, healthy, and resilient communities. – Wiley, 2012. – 310 p.
8. Lesley Bain. Living streets: strategies for crafting public space. – Wiley, 2012. – 316 p.

Ismagilova S.H. – candidate of architecture, associate professor
E-mail: grado@kgasu.ru
Zalyotova E.A. – senior lecturer
E-mail: salen07@mail.ru
Golovkina L.O. – post-graduate student
E-mail: larisa_golovkina@mail.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043. Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Contemporary aspects of spatial redevelopment of the street

Resume

Today it's necessary to rethink the approach not only to the street design, but to the concept «street», which should conform to requirements of the present and future sustainable development of an urban environment. In order to recognize that streets are not only the elements of transport infrastructure, but also public spaces, they can become catalysts of process of transformation of the urbanized territories. In the context of an urban environment the space of the street has to be convenient for walking, car driving, cycling, public transit and service facilities. Increased density requires a better public realm and streets are a valuable part of it.

Central historical part of Kazan is faced with the problems of contradiction the active mobility, the lack of a good walking environment and the arrangement of land uses discourage people from walking. For solving this problems there have been accomplished the complex analysis of a current state of the central part of Kazan and developed the rearrangement of spatial street planning. The proposal provides great amount of opportunities for walking, mobility and redeveloping of green infrastructure, so it can be considered as a network of spaces with a mix of uses and users, with spatial qualities and context orienting.

The design results and recommendations are submitted on implementation of the concept of a sustainable development of an urban environment and can be considered in practice on modernization of public spaces of the center of Kazan.

Keywords: multimodal environment, street space, green infrastructure, structural planning organization, street system the historical core.

Reference list

1. Velev P. Pedestrian spaces of city centers / transl. from bulg. D.P. Krivosheeva. – M.: BuildPub, 1983. – 192 p.
2. Jan Gehl. Cities for people/transl. from engl. A.Toktonov. – M.: Krost, 2012. – 276 p.
3. Nefedov V.A. Landscape design and environment sustainability. – S-P, 2002. – 295 p.
4. General plan of Kazan. URL: www.kzn.ru (reference date: 13.05.2014).
5. Krasnoshekova N.S. Formation natural framework in the general plans of cities. – M.: Architecture-C, 2010. – 183 p.
6. Kolbovskiy E.Yu. Landscape planning. – M.: «Academy», 2008. – 336p.
7. Jeffrey Tumlin. Sustainable transportation planning: tools for creating vibrant, healthy, and resilient communities. – Wiley, 2012. – 310 p.
8. Lesley Bain. Living streets: strategies for crafting public space. – Wiley, 2012. – 316 p.

УДК 711.4
Кадыров Т.Э. – соискатель
E-mail: timurarch@hotmail.com
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

Общественные пространства: феномены, тенденции и процессы

Аннотация

В статье рассматриваются актуальные проблемы формирования общественных пространств. Автором представлены исторические предпосылки, особенности функционирования общественных пространств. Показана специфика их формирования в конкретный отрезок времени, и влияние на их развитие политики государства. Представлен анализ литературы и показаны теоретические предпосылки возникновения «общественных пространств». Выявлены понятия, которые в российской градостроительной литературе представляли аналог термина «общественные пространства». Дано авторское определения данного понятия, выделены его компоненты и функции. Рассмотрены современные тенденции развития общественных пространств на примере г. Казани, выявлены как положительные их стороны, так и недостатки.

Ключевые слова: общественные пространства, планировочно-композиционные приемы, взаимоотношения «власть и горожане», градостроительная политика, уличный интерьер, знаковые места, городская ткань.

В современном российском обществе, в силу происходящих модернизационных процессов, интенсивно изменяются ценностные ориентиры и приоритеты. Становление демократических ценностей вызывает в социуме противоречивые процессы: с одной стороны, тенденции консервации старого, а с другой, совершенствование, модернизация и создание нового. Соответственно и культурное многообразие российского общества находится под непосредственным воздействием комплекса аналогичных факторов мирового, общероссийского и регионального уровней.

Научный анализ литературы показывает, что, несмотря на отсутствие дефиниции «общественные пространства», сама проблема и востребованность проектирования того, что мы понимаем под общественными пространствами, раннее широко рассматривалась специалистами. «Общественное пространство как планировочное понятие, – явление относительно новое. Оно определяется не только чисто градостроительными принципами, но и воздействием социальных, политических и экономических сил» [1, с. 30].

Под дефиницией «общественные пространства» в российской литературе понимаются: «зоны отдыха», «общественные центры», «административно-общественные зоны», «зеленый пояс», «лесопарковая зона», «зоны общественного обслуживания», «материально-пространственная организация общественных форм потребления» и т.п. Чаще всего они не рассматривались во взаимодействии. Для архитектуры периода конструктивизма, с одной стороны, было характерно строительство двориков, учет рельефа и ландшафта местности, предполагалось, что жители городов будут проводить свободное время во дворах. Такую политику в градостроительстве можно рассматривать как создание микро – общественных пространств. С другой стороны, в сталинский период, проявилось мощное стремление к созданию гигантских общественных пространств в силу идеологических причин. Например, площадей для проведения демонстраций и массовых шествий, выставок, демонстрирующих успехи страны. Психологическое стремление к уединению игнорировалось, как и в последующий период развития нашей страны.

В период «оттепели» в связи с изменившейся общественно-политической ситуацией в стране для горожан появилась возможность проявлять общественную активность. Однако при анализе этого периода Гибберд Ф. отмечает отсутствие системности в градостроительстве, и в частности, в создании мест отдыха и проявления творческих способностей горожан. По его мнению в городах следует формировать микро – общественные пространства, которые бы способствовали проявлению горожанами

активности и творчества. В этот период уделялось существенное внимание развитию самоуправления горожан в пределах дома, двора или микрорайона [2].

Авторы исследования «Градостроительство СССР. 1917-1967» существенное внимание уделяют достижениям градостроительства и успехам в решении проблемы обеспечения жильем населения страны. В данной работе рассматриваются так же вопросы формирования общественных пространств, и авторы подчеркивают, что они возникают на знаковых местах. Такой подход к решению проблемы общественных пространств обусловлен стремлением увековечивания памятных исторических дат и прослеживающейся тенденцией монументальности в градостроительной политике [3].

В 60-годы XX столетия советская архитектура характеризовалась упрощением стиля, появились элементы однообразия и унификации. Хотя при этом уделялось существенное внимание строительству площадей, которые рассматривались как места проведения массовых манифестаций, приуроченных к политическим датам.

В 80-е годы XX столетия появились попытки изменения градостроительной политики. Возникла и успешно воплощалась идея комплексной застройки городов. Эта идея реализовывалась, в основном, при строительстве новых городов: примерами могут служить такие города как Набережные Челны в Республике Татарстан, город Тольятти в Самарской области, город Шевченко (ныне Актау) в Республике Казахстан. Предполагалось, что в комплексах будут существовать микро – общественные пространства – рекреации для отдыха, детские площадки, скверы, центры культурного досуга и сады в жилых кварталах.

Образ города складывается из множества самых разных элементов: местоположение, природные условия, экономическое и культурное развитие, жившие и живущие в нем люди – эти и многие другие исторические, социальные и эстетические факторы влияют на городскую ткань, паттерны взаимоотношений, составляют культурно-исторический контекст формирования общественных пространств [4].

Таким образом, содержание и структура понятия «общественное пространство» различались в разные периоды формирования городской среды и во многом зависели от политики государства. Соответственно, архитекторы выходят на понимание необходимости формирования общественных пространств, с учетом современных реалий и потребностей человека.

Грубов В.А., Дембич А.А., Михайлов С.М. подчеркивают необходимость учета новых общественных тенденций в градостроительстве – возрастающей активности горожан и отмечают необходимость изменения качества мест пребывания горожан в связи с ростом их благосостояния. Авторы рассматривают историко-культурные контексты с целью увеличения туристического потока в город. Недостатком современных российских городов они считают мозаичную городскую ткань, необходимость расширения общественных пространств путем реконструкции исторической части города и создания пешеходных зон [5].

В соответствии с этим возникает необходимость исследовать общественные пространства, как точки взаимодействия горожан и власти, анализируя их с позиции разнообразных историко-культурных контекстов. Для архитектуры и градостроительства советского периода были характерны следующие тенденции:

1. Знаковые места, как правило, представляли собой мемориальные комплексы и площади, что отражало политизированность градостроительных решений.

2. Городские потоки осуществлялись односторонне: от жилых массивов к производственным (промышленным зонам).

3. Взаимоотношения «власть и горожане» в контексте города осуществлялись в рамках производственных отношений.

4. Городская ткань была лишена индивидуальности в силу унификации и плановости, господства ведомств, наблюдалось отсутствие привязанности к местности и игнорировались историко-национальные традиции.

Однако специалисты отмечали значительные изменения в сфере отдыха горожан, которые приведут в дальнейшем к специализации учреждений и форм отдыха и разнообразным требованиям различных групп населения к выбору форм проявления

личности. В связи с этим отмечалась необходимость перехода от создания площадок для отдыха во дворах и больших общегородских парков до зон отдыха в пригороде [6].

Из этого следует, что с точки зрения проектирования города, в настоящее время проявились новые тенденции: 1) Потребность во внешней гармонизации городской ткани. 2) Тенденция к оригинальным архитектурно-дизайнерским решениям. 3) Ориентир на удовлетворение индивидуальных, корпоративных интересов различных групп горожан. 4) Востребованность туризма и развлечений.

Под общественными пространствами, мы понимаем часть городской среды, целенаправленно создаваемой в интересах горожан и гостей города для свободного самовыражения, коммуникации, отдыха и проявления своих способностей во благо общества. Поэтому можно выделить основные параметры современных общественных пространств:

- свободный и равный доступ для горожан и гостей, который подразумевает как физическую, так и экономическую равнодоступность;
- многообразие собственности (государственная, муниципальная, частная) при превалировании государственной и муниципальной для решения задачи сохранения равнодоступности для граждан;
- ценностная ориентированность, так как привлечение горожан к общественным пространствам будет интенсивнее при сохранении исторической, архитектурной, эстетической и социальной ценности;
- индивидуальность – связана с общественной ценностью и должна вызывать ассоциации, общественный резонанс, значимость;
- урбанистический сценарий – движение и потоки, событийность, привлекательность и функциональность;
- комфортность условий – заключаются в доступности во времени и пространстве (транспорт), безопасность, зеленые полосы.

Функциональность общественных пространств может проявляться:

а) в формировании пространства для политического дискурса, где происходят дискуссии на темы, жизненно важные для данной политической общности, и происходит возможное изменение взглядов (митинги, пикеты); б) как точки взаимодействия власти и горожан (городские и всенародные праздники, маскарады и праздничные парады и т.п.); в) проведение досуга горожан; г) своеобразный инструмент сохранения историко-архитектурных, национальных (традиционные, связанные с деятелями литературы, культуры и науки) ансамблей.

Таким образом, системная взаимосвязь преобразования городской среды с созданием общественных пространств даст кумулятивный эффект и повысит качество жизни горожан. Данный процесс является еще одним фактором в пользу необходимости проектирования общественных пространств [7].

Рассмотрим данную проблему на примере города Казани. Если ранее территория Кремля была закрыта и в ней располагались административные учреждения, то в настоящее время там расположены несколько музеев, мечеть Кул-Шариф, Благовещенская церковь, захоронения ханов Казанского ханства, так же создана смотровая площадка и функционирует кафе, располагается сквер и торговые галереи. В связи с этим Кремль становится точкой притяжения, как для горожан, так и для гостей города. Территория Казанского Кремля в последние годы сформировалась как общественное пространство, которое сочетает историко-познавательную и рекреационную функции. С точки зрения визуализации Казанский Кремль носит гармоничный характер сочетания православной и мусульманской архитектуры. Это пример удачной реконструкции исторической территории [8].

Вокруг здания Татарского академического театра оперы и балета им. М. Джалиля также сложилось общественное пространство – это место проведения праздников Родного языка и вручения Государственных премий в области литературы и искусства имени Г. Тукая. Этому способствовал синтез искусства – национальная архитектура (орнамент золотоордынского периода и расположение на фронтоне здания памятников Г. Тукаю и А.С. Пушкину [9]. Общественные пространства, сформировавшиеся вокруг

доминанты (к ним мы относим здания и знаковые места) мы называем локальными, так как они обрамлены определенным локальным пространством, и их функция определена соответствующими группами горожан, в отличие, например, от общественного пространства Казанского Кремля.

Следующий пример: площадь Свободы, можно сказать, является утраченным общественным пространством. В своё время там был сквер, где отдыхали горожане, проводились политические демонстрации. Даже Большой Концертный Зал РТ им. С. Сайдашева не смог сформировать локальное общественное пространство. Это пример того, как в силу изменившейся политической реальности утрачиваются функции общественного пространства.

Пример неудачного формирования линейного общественного пространства города – пешеходная улица Петербургская, которая характеризуется отсутствием деревьев, ампельного озеленения и невозможностью летом скрыться от солнца. Гармоничное восприятие этой улицы нарушается обилием серого камня, монотонностью визуализации, отсутствием сценария развития и неудачным расположением рекреационных центров. На пешеходной улице располагаются, в основном, офисные учреждения: зимой она пустынна, летом полупустынна, что приводит к утрачиванию общественным пространством рекреационной функции.

К данной пешеходной улице примыкает следующий пример неудачного формирования общественного пространства – это парк им. Тысячелетия Казани, которое вот уже несколько лет не является посещаемым среди горожан и фактически пустует, подвергаясь иногда вандализму. Это объясняется непродуманностью расположения дорожек, недостатком деревьев, отсутствием уличного интерьера, несмотря на то, что парк для города является востребованным.

Пешеходная улица Баумана – яркий пример формирования общественного пространства в Казани. Вот уже на протяжении более 10 лет притягивает горожан обилием кафе, магазинов, выступлениями артистов, деятельностью художников. Это место встреч, общения, проведения импровизированных концертов. К недостаткам данного общественного пространства можно отнести, на наш взгляд, незавершенность проекта – прекращение строительства подземных галерей, а сценарий развития этой улицы находится в застойном состоянии.

В процессе формирования находится общественное пространство Старо-татарской слободы, благодаря тому, что городские власти решили воссоздать облик старой татарской Казани. Здесь сохранились памятники культуры XШ-XX веков, жилые дома, медресе. Предполагается, что здесь также будет место прогулок горожан и туристов, интересующихся историей национальной архитектуры, народа и религии.

В настоящий период обществом востребовано качественное изменение облика городов. Существовавший ведомственный интерес в градостроительной политике постепенно сменяется приоритетным учетом интересов города в дальнейшем развитии и изменяющихся интересов самих горожан. Поэтому в современных условиях в связи с динамичностью современной жизни актуализируется борьба двух тенденций в градостроительной политике: сохранение историко-культурного контекста архитектуры того или иного города, а так же возникновение и развитие общественного запроса на проектирование общественных пространств. Динамизм демократии проявляется в том, что она открыта к изменениям и тем самым проявляется внутренняя связь демократии и модернизации.

Рассматривая общественные пространства в различные общественно-политические периоды жизни страны, следует подчеркнуть, что их характер определяется не только градостроительными требованиями, но и социально-экономическими и социокультурными условиями. Поэтому общественные пространства – это динамичное явление. Проведенный анализ общественных пространств в исторически сложившемся центре города Казани позволяет выявить зависимость их формирования от традиционно сложившихся знаковых мест, мнения общественности, как правило, интеллигенции и интеллектуалов. Знания об истории города и исторических событий, социологии и менталитета горожан, изучение городских потоков позволяют выбрать правильное

направление в формировании общественного пространства, выбрать доминанту и достичь поставленных результатов [10]. Положительной тенденцией наших дней является тот факт, что общественные пространства могут формироваться целенаправленно при взаимном согласии горожан и местных властей. В то же время, следует отметить, что общественные пространства тяготеют к взаимосвязи и функциональному взаимодействию с точки зрения физического и психологического комфорта человека. При отсутствии взаимодействия между общественным пространством и населением – общественное пространство становится нейтральным, которое не воспринимается как смысловая ценность для горожанина.

В настоящее время проявляется интегративная функция общественных пространств в заполнении городской ткани, которые становятся местами социальной активности, опосредованного взаимодействия городской власти и горожан. Современным феноменом является то, что общественные пространства – это способ гуманизации архитектурной среды и, одновременно, фактор устойчивого развития города, что отвечает запросам общества и соответствует социально-культурной ситуации, переживаемой нашей страной.

Список библиографических ссылок

1. Бархин М.Г. Город. Структура и композиция. – М.: Наука, 1986. – 264 с.
2. Градостроительство России XXI века: сб. научных ст. РААСН. – М.: РААСН, 2001. – 269 с.
3. Градостроительство СССР. 1917-1967. – М.: Стройиздат, 1967. – 396 с.
4. Линч К. Образ города. Кевин Линч; перевод с англ. В.Л. Глазычева; под ред. А.В. Иконникова. – М.: Стройиздат, 1982. – 328 с.
5. Грубов В.А., Дембич А.А., Михайлов С.М. Градостроительное проектирование: уч. пособие. – Казань: КИСИ, 1985. – 56 с.
6. Гройс Б. Публичное пространство – от пустоты к парадоксу. URL: www.strelka.com /category_ru/strelka-press-3/?lang=ru11]; Общественные пространства как глобальный тренд. Круглый стол в ред. журнала «Эксперт». 6.09.2013. URL: http:// apch.ru/journalist_present.html?id=1531; Нигматуллина К. URL: htth//www.m24.ru/ article/25339.
7. Шапиро О. URL: http://mosurbanforum.ru/program/#624.
8. Timur K.E., Marie Le Guen. Développement urbain et crise du patrimoine à Kazan (Russie) ctes de la journée d'étude : Villes, mémoire, patrimoine. 2012 La Russie dans le contexte européen. URL: http://www.academia.edu/2572572/Developpement_urbain_et_ crise_du_patrimoine_a_Kazan_Russie.
9. Хаплехамитов Р.Б. Татарская творческая интеллигенция и власть. (1944-1965 гг.). – Казань: «Слово», 2010. – 160 с.
10. Кадыров Т.Э. Личность и городская среда: стратегии взаимодействия. Человек в современном социуме. // Материалы II республиканской научно-практической конференции студентов и аспирантов. – Йошкар-Ола, 2011. – С. 8-12.

Kadyrov T.E. – researcher
E-mail: timurarch@hotmail.com
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Public spaces: phenomena, tendencies and processes

Resume

The article discusses the current problems of public spaces formation. The author presents the historical background, the analysis of public spaces functioning features. The specificity of their formation according to the certain period of time, and the impact of the state policy on their development is shown. The analysis of the literature on architecture and the theoretical

background of «public spaces» are presented. The concepts which in Russian city planning literature are similar to the term «public spaces» are represented. The author's definition of the concept, its components and functions are highlighted. The modern trends in the development of democratic public spaces are analyzed on the example of urban development of Kazan. Positive examples, as well as disadvantages of public spaces' development are identified.

Keywords: public spaces, the planning and compositional techniques, the relationship «power and citizens» urban policies street interior, significant places.

Reference list

1. Barkhin M.G. City. The structure and composition. – M.: Nauka, 1986. – 264 p.
2. Urbanism in Russia. XXI century: Collection of scientific articles. RAASN. – M.: RAASN, 2001. – 269 p.
3. Urbanism USSR. 1917-1967. – M.: Stroyizdat, 1967. – 396 p.
4. Lynch K. The image of the city. Kevin Lynch, translated from English. V.L. Glazychev, ed . A.V. Ikonnikova. – M.: Stroyizdat, 1982. – 328 p.
5. Grubov V.A., Dembich A.A., Mikhailov S.M. Urban design: uch. Allowance. – Kazan: KISR, 1985. – 56 p.
6. Groys B. Public space – the emptiness of a paradox. URL: www.strelka.com/category_ru /strelka-press-3/?lang=ru11; Public spaces as a global trend . Round table in red. «Expert» magazine. 6.09.2013. URL: http://apch.ru/ journalist_present.html?id=1531; Nigmatullina K. URL: http//www.m24.ru/article/25339.
7. Shapiro A. URL: http://mosurbanforum.ru/program/#624.
8. Kadyrov T.E., Marie Le Guen. Urban Development and the crisis of Kazan (Russia) heritage study day: Cities, memory, heritage. 2012 Russia in the European context. URL: http://www.academia.edu/2572572/Developpement_urbain_et_crise_du_ patrimoine.
9. Haplehamitov R.B. Tatar intellectuals and power (1944-1965). – Kazan: «Slovo», 2010. – 160 p.
10. Kadyrov T.E. Personality and the urban environment: communication strategies. Man in modern society. Proceedings of the II Republican scientific conference of students and graduate students. – Yoshkar-Ola, 2011. – P. 8-12.

УДК 711.25
Шулик В.В. – доктор архитектуры, профессор
E-mail: v-shulik@rambler.ru
Бородич М.Н. – аспирант
E-mail: marinamarok@mail.ru
Васильев П.О. – аспирант
E-mail: sich1985kozak@rambler.ru
Полтавский национальный технический университет им. Ю. Кондратюка
Адрес организации: 36011, Украина, г. Полтава, Первомайский проспект, д. 24

Об основах моделирования системы рекреации уровня административного района

Аннотация
В статье представлен один из вариантов моделирования системы рекреации, в частности туристической подсистемы, уровня района, который, по мнению авторов, является более целесообразным в данном случае. В процессе моделирования были выделены элементы рассматриваемой системы (рекреационное потребление, рекреационное обслуживание, рекреационное производство), а также связи (коммуникации). Представлены основные закономерности их развития, а также характер взаимосвязи.
Ключевые слова: рекреационная система, туризм, рекреационное производство, рекреационное потребление, коммуникационные связи.

Введение. Моделирование градостроительных объектов заключается в разработке особых абстрактных систем – моделей, которые являются отображением его структуры и функции. Оно является достаточно распространенным при планировании градостроительных систем различных уровней, и по своей сути не имеет существенных различий в зависимости от функциональной или иерархической принадлежности исследуемой градостроительной системы. Моделирование является важным этапом при проектировании и прогнозировании развития систем рекреации и туризма, и от правильности проведения данного этапа зависит достоверность варианта решения исследуемой задачи.

Основная часть. Рекреационная система определяется как пространственно локализованный объект или среда, в которой наряду с основной – рекреационной, реализуются все необходимые функции для обеспечения нормальной человеческой жизнедеятельности [3].

На сегодня в теории архитектуры основные процессы человеческой жизнедеятельности объединены в условные группы, различающиеся между собой по характеру и функции: производство первого рода, производство второго рода, процессы сфер рекреации, коммуникационные процессы [1].

Группу «Производство первого рода» представляют процессы, связанные с производством мира вещей (техносферы) человеческого общества, а также энергетикой и наукой (производством энергии и информации). «Производство второго рода» составляют процессы, направленные на обслуживание населения, на воспитание и формирование человека как всесторонне развитого, сознательного члена общества. Группа процессов сферы рекреации вмещает процессы, связанные с отдыхом людей, с воспроизведением их жизненных сил, здоровья. Коммуникационные процессы обеспечивают взаимосвязь, то есть, обмен веществом, энергией и информацией между вышеуказанными группами процессов человеческой деятельности [2].

Таким образом, рекреационную систему можно рассматривать как пространственно локализованной объект (среду), основной функцией которого является рекреационная, а второстепенными – все необходимые функции для обеспечения нормальной человеческой жизнедеятельности. Система рекреации уровня административного района тогда будет территориально ограниченной административной границей данного района,

определяющей функцией которой является рекреационная (в том числе и туристическая), однако реализуемой во взаимосвязи с другими, необходимыми для обеспечения нормальной человеческой жизнедеятельности, функциями.

Исходя из вышесказанного, процессы, связанные с производством техносферы, а также, те что направлены на обслуживание населения и те, что связаны с рекреацией, есть системообразующими процессами системы рекреации и туризма уровня района. Коммуникации представляют собой связи этой системы, которые объединяют указанные элементы в функционально-пространственную структуру.

Учитывая вышесказанное и основываясь на результате исследования рекреационных систем в частности [3], процессы человеческой жизнедеятельности, связанные с отдыхом, воспроизведением жизненных сил и здоровья можно разделить на следующие составляющие элементы:

- Деятельность основана на рекреационном потреблении (использование лицом или группой лиц рекреационных возможностей района с целями отдыха, оздоровления, восстановление духовных сил, работоспособности и т.п.);

- Деятельность по обеспечению рекреационных процессов (совокупность лиц, а также результатов их деятельности, направленной на обеспечение и обслуживание рекреационных возможностей района).

С архитектурной точки зрения, представленную выше систему можно обобщить в виде двух взаимосвязанных подсистем: рекреационного потребления и рекреационного обслуживания. Составляющими элементами подсистемы рекреационного потребления (R_n) будут выступать непосредственно сами рекреанты, как субъекты рекреационной деятельности; среда для рекреационного потребления (среда для рекреации), как объект рекреационной деятельности; деятельность по рекреационному потреблению (рекреация) – прямая связь между субъектом и объектом рекреационной деятельности.

Подсистема рекреационного обслуживания (R_o) по своей структуре идентична R_n, однако ее целевой функцией является не потребление, а именно обеспечение рекреации. Таким образом, составляющими элементами подсистемы рекреационного обслуживания являются: обслуживающий персонал – субъекты рекреационного обслуживания, среда для рекреационного обслуживания – объект рекреационного обслуживания, деятельность по рекреационному обслуживанию – прямая связь между субъектом и объектом рекреационного обслуживания.

Деятельность направлена на рекреационное потребление и обслуживание имеет общую цель – максимальное удовлетворение потребностей рекреантов в различных видах и формах рекреации. Важным также является то положение, что среда для рекреационного потребления и обслуживания тесно взаимодействуют и переплетаются, и должны проектироваться как единая система. Таким образом, подсистемы R_n и R_o должны рассматриваться взаимосвязано при формировании рекреационной системы административного района, а именно речь идет о формировании соответствующей сферы хозяйственного комплекса районного уровня – рекреационной индустрии. Составляющими которой, исходя из функциональной модели архитектурных систем, обязательно должны быть еще два элемента: подсистема рекреационного производства ($R_{пр}$) и подсистема коммуникаций ($R_к$).

Объекты подсистем рекреационного потребления и обслуживания выступают основной движущей силой, с точки зрения увеличения количества отдыхающих. В основном среда для рекреации выступает как наиболее привлекательный компонент для рекреантов на районном уровне, однако известны случаи, когда рост количества услуг приводил к увеличению количества отдыхающих, а иногда и вообще уровень обслуживания становится более притягательной силой, чем, например, объекты рекреационного потребления.

Коммуникации в системе рекреации и туризма в частности имеют свои особенности. Так, движение населения к объектам культуры (исторических памятников и памятников архитектуры, музеев, выставок, выдающихся природных объектов и т.д.), то есть к таким, которые относятся к сфере туризма, имеет центростремительное направленность. В таком случае рекреационные связи совпадают с направлением

культурно-бытовых и включаются в их состав. К таким коммуникациям в системе рекреации и туризма уровня района можно отнести экскурсионные и туристические маршруты. Также, к центростремительным связям можно отнести перемещение туристических групп к пунктам стационарного отдыха, или ночевки. Разновидность рекреационных связей, обеспечивающих движение населения к местам массового загородного отдыха, имеет специфический характер. В отличие от трудовых и культурно-бытовых, которые имеют центростремительное направленность, связи населения с местами массового загородного отдыха, в основном, носят четко выраженный центробежный характер [5, ст. 24].

Анализ функциональных видов деятельности, протекающих в системе рекреации уровня административного района, а также изучение научных трудов, относящихся к данной тематики, позволили прийти к выводу о принципиальном различии между компонентами рассматриваемой системы. Так, виды производственной деятельности связаны с рекреацией, то есть компоненты, которые представляют тот или иной процесс в системе рекреации и туризма или их совокупность, - обозначим их через (R), - отражают количественную и качественную стороны исследуемой системы как специфического с функциональной точки зрения объекта: они направлены на удовлетворение рекреационных потребностей населения, их будем отождествлять с элементами системы рекреации и туризма районного уровня. Таким образом:

$$R_n,\ R_o,\ R_{np} \rightarrow R.$$

Компоненты рассматриваемой системы, обеспечивающие только взаимосвязь между компонентами (R), в данном случае это группа коммуникационных процессов ($R_к$), отождествим со связями системы рекреации и туризма, обозначив их через (C):

$$R_к \rightarrow C.$$

Принципиальным отличием элементов системы рекреации уровня административного района от связей этой системы является то, что в принципе возможно определение оптимума этих элементов. Этот оптимум, с содержательной точки зрения может быть относительным и абсолютным, то есть «идеальным». Относительный оптимум (R_o) – это организация процесса группы (R), сознательно ограничена в некоторых аспектах и качествах, чаще всего исходя из части экономических, затратных условий. Идеальным оптимумом (R_u) является наиболее целесообразна, с функциональной точки зрения, организация данного процесса на современном уровне научного знания без всяких сознательных ограничений. Идеальный оптимум – это предел изменения условий протекания любого процесса группы R, переход за которую уже не дает прироста требуемого качества. Если предположить, что наши знания и экономические возможности постоянно и непрерывно стремятся к повышению, то меняются и представления о качестве реализации процессов R группы. Однако, между относительным и идеальным выражением процессов на всяком заданном этапе развития архитектуры имеют место зависимости:

$$R_o < R_u;\ R_o \rightarrow R_u.$$

При непрерывном изменении социально-экономических условий и возможностей, научных представлений о процессах жизнедеятельности, нормативное значение процесса R_o должно изменяться дискретно. Иными словами, на каждом конкретном промежутке времени нормативное значение процесса R_o, выраженное в установленных единицах измерения, должно быть постоянным, т.е.:

$$R_o = const.$$

Таким образом процессы (R) группы – нормативные, то есть:

$$R = R_н.$$

Основными отличиями элементов системы от связей считаются следующие положения:

- Элементы стремятся к оптимуму;
- Каждый из элементов может быть представлен в виде количественно выраженной нормы (норматива);
- Нормативное выражение процесса группы ($R_н$) должно изменяться скачками.

Принципиальным отличием коммуникационных процессов – связей системы – от ее элементов, заключается в том, что их качественная и количественная определенность в системе рекреации и туризма уровня района главным образом зависит от параметров и размещения компонентов этой системы. Причем существует объективная закономерность - стремление любого коммуникационного процесса к минимизации, т.е. они являются ненормированными:

$$C \rightarrow min,$$ но всегда $C > 0$.

К связям относятся те, и только те виды коммуникаций, которые обеспечивают взаимосвязь между процессами (R). С их помощью реализуется обмен веществом, энергией и информацией между всеми без исключения системообразующими элементами системы рекреации и туризма уровня района.

Множества элементов (R) и связей системы можно выразить в виде двух множеств:

$$\{R_i\} = \{R_1\} U \{R_2\} U \dots U \{R_n\};$$
$$\{C_i\} = \{C_1\} U \{C_2\} U \dots U \{C_m\},$$

где $\{R_i\}$ – процессы, связанные с рекреацией и туризмом, а также с рекреационным обслуживанием и производством ($i = 1, 2, \dots, n$);

$\{C_i\}$ – все множество коммуникационных процессов рассматриваемой системы ($i = 1, 2,\dots, m$).

Представленные множества детализируются и получают свое конкретное содержание в зависимости от уровня данной системы. Причем, приведенное выше обобщенное представление элементов и связей, с точки зрения рекреационных систем низших уровней иерархов может оказаться недостаточным, так как может привести к существенным ошибкам. С другой стороны, избыточная детализация также может вызвать трудности, связанные как с обработкой информации, так и с получением достоверных результатов. Также важно понимать, что на одном и том же территориальном уровне детализация элементов рекреации (подсистем), таких как туризм, отдых и т.д., будет отличатся. Поэтому, каждое из множеств, при необходимости, разбивается на подмножества $R_i \in R$ и $C_u \in C$, которые представленные в конкретных объектах своими специфическими элементами смежного, более низкого, уровня иерархии системы.

Разработка системы ограничений при моделировании системы рекреации и туризма административного района в частности имеет большое значение. От этого во многом зависит как сложность решаемой задачи, так и характер конечного результата. Уже сам термин «ограничение» свидетельствует о том, что от этой операции зависит уровень вариативности, – свободы поиска возможных состояний отдельных переменных и данной системы в целом. Поэтому, исходя из специфики внешних и внутренних факторов рассматриваемой системы и цели исследования, в математической модели могут быть установлены следующие виды ограничений:

- Демографическая структура населения (пол, возраст, образование, типы семей и их процентное соотношение) и их численность;
- Численность туристических потоков на территорию района (суммарное количество лиц, посещающих район с целями отдыха и туризма);
- Миграционное движение населения (разница между притоком и оттоком населения относительно рассматриваемого района);
- Существующая занятость населения в сфере рекреационного обслуживания и производства;
- Проектная занятость трудоспособного населения в сферах рекреационного обслуживания и производства;
- Мощность (вместимость) предприятий и их типы – по сфере рекреационного производства и обслуживания;
- Количество единиц культурного, исторического наследия, выдающихся природных объектов, развлекательных объектов и их пропускная способность;
- Объемы капиталовложений на заданный, (прогнозный) период - по системе в целом или по ее подсистемах;
- Требования инсоляции, аэрации и др., А также защиты от неблагоприятных природных и антропогенных факторов, и другие.

Более конкретно и детально виды ограничений рассматриваемой системы определяются при разработке факторов влияния на эту систему как внешних, так и внутренних.

Несоблюдение хотя бы одного из ограничений в любом варианте решения поставленной задачи приводит к исключению данного варианта со сравнительного анализа. При исследовании системы рекреации района, как и архитектурных систем в целом, возможно увеличение или уменьшение числа ограничений, в зависимости от поставленной задачи. Однако, уже при проектировании число ограничений должно оставаться неизменным и является связанным со спецификой и конкретными условиями строительства. Система ограничений, как и любая система, имеет иерархическую структуру, таким образом, принятые решения на уровне районной рекреационной системы будут ограничениями для принятия решений по системам нижних уровней иерархов.

Существующий опыт решения научных и проектных задач в области градостроительства и районной планировки свидетельствует о том, что при формировании и развитии тех или иных объектов различных уровней иерархии, как правило, определяются условия оптимального функционирования этих объектов [2]. Вышесказанное подтверждают и исследования многих авторов, работающих над проблемами крупных саморегулирующихся систем. Так, Каценелинбойген А.И отметил, что когда есть сложная система с координирующим объектом и окружающей средой, в которой данная система находится, целесообразнее рассматривать развитие последней с позиции оптимальности, принимая условия окружающей среды в качестве ограничений [6]. Очевидно, что в систему рекреации и туризма уровня административного района метод оптимального управления применим. Вообще, большинство научных и проектных задач в градостроительстве связанные с минимизацией (максимизацией) той или иной функции – целевой функции, или критерия оптимальности.

Выбор единицы измерения переменных в моделировании системы рекреации и туризма района в частности является весьма важным этапом, ведь от этого зависит, как и простота работы с моделью, так и объективность, достоверность полученного результата. Единица измерения должна учитывать потребительские аспекты задачи. Компоненты модели должны быть соразмерными, допущена здесь ошибка может привести к прямо противоположному результату. Несоблюдение вышеописанных требований, даже при работе с совершенной, с логической точки зрения, моделью может привести к неправильному решению поставленной задачи или даже к дискредитации метода в целом.

Вывод. Хотя система рекреации относится к архитектурным системам и имеет целый ряд качеств и признаков присущих архитектурным системам, объекты районной планировки имеют ряд отличий, которые невозможно не учитывать при разработке и реализации системных функциональных моделей [2]. На районном уровне процессы *R* и *C* приобретают свою количественно-качественную специфику, которая, в свою очередь, отражается на составе и характере ограничений модели, на выборе единиц измерения и принципе соразмерности компонентов системы. Причем подсистемы конкретной системы в рамках одного критерия могут существенно отличаться между собой, поскольку процессы *R* и *C,* например, для туризма и отдыха во многом разнятся.

На районном уровне для измерения всех видов деятельности *R* и *C* системы рекреации и туризма, основываясь на существующий в архитектурной науке опыт [3], может быть приемлемой единица «человек».

Проверка достоверности результатов полученных в результате работы с моделями, возможна только с помощью ретроспективного анализа. Это происходит по целому ряду причин, ведь рекреационные системы, как и архитектурные вообще, не могут подвергаться «прямой» экспериментальной проверке на соответствие поставленной цели.

Сущность ретроспективного анализа заключается в том, что модель, которая проверяется, подвергается испытаниям, основанным на истории развития уже существующего объекта, например, объектов отдыха в более упрощенной естественной обстановке. Если теоретические результаты, полученные с помощью моделей, будут приближены к существующим характеристикам моделируемого объекта, то метод положен в основу модели – работоспособен.

Список библиографических ссылок

1. Лаврик Г.И. Методологические основы районной планировки. Введение в демоэкологию // Учебник для вузов. – Белгород.: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2006. – 116 с.
2. Лаврик Г.И. Методологические проблемы исследования архитектурных систем // Диссертация д-ра архитектуры: 18.00.01. – Киев, 1979. – 251 с.
3. Шулик В.В. Методические проблемы формирования региональных рекреационных систем (на примере Полтавской области): автореф. дис. канд. архитектуры: 18.00.01.; Харьк. гос. техн. ун-т стр-ва и архит. – Харьков, 2001. – 20 с.
4. Шулик В.В. Об определении составляющих рекреационных систем // 48 науч. конф., апрель 1996 г.: тезисы докл. – Полтава: ПолтНТУ, 1996. – С. 41.
5. Демин Н.М. Управление развитием градостроительных систем. – Киев: Будивельнык, 1991. – 185 с.
6. Каценелинбойген А.И. Методологические проблемы управления сложными системами // В кн.: Проблемы методологии системного иследования. – М., «Мысль», 1970. – С. 92.
7. Stauskas V.P. The Quality and Responsibility of Architecture in the Context of Emerging Ecological Challenges (Lithuanian experience) // Journal of sustainable architecture and civil engineering. – Kaunas: KTU, 2013, № 2 (3). – P. 19-25.
8. Гутнов А.Э. Эволюция градостроительства. – М.: Стройиздат, 1983. – 256 с.
9. Диалектика познания сложных систем / Под ред. В. Тюхтина. – М.: Мысль, 1988. – 316 с.

Shulyk V.V. – doctor of architecture, professor
E-mail: v-shulik@rambler.ru
Borodich M.M. – post-graduate student
E-mail: marinamarok@mail.ru
Васильев П.О. – post-graduate student
E-mail: sich1985kozak@rambler.ru
Poltava National Technical University named in honor of Yuri Kondratyuk
The organization address: 36000, Ukraine, Poltava, ave. Pervomajskij, 24

About the basics of modeling the system of recreation on the level of administrative area

Resume

In the article was presented one of the variants of design of the system of recreation and tourism of district level that in opinion of authors is more expedient in this case. In the process of design, the elements of the examined system were distinguished, namely: recreational consumption, recreational service, recreational production, and also connections are communications. Basic conformities of their development are presented. The fundamental difference of elements of the system of recreation and tourism on the district level from connections of this system is that in principle it is possible to determine the optimum of these elements, that on the essence is permanent. By the fundamental difference of communication processes – connections of system – from its elements, consists in that their quality and quantitative definiteness in the system of recreation and tourism of district level mainly depends on parameters and placing of components of this system.

Keywords: recreational system, tourism, recreational production, recreational consumption, communication connections.

Reference list

1. Lavryk G.I. Methodological bases of regional planning. Introduction to demoecology // textbook for high schools. – Belgorod: BGTU, 2006. – 116 p.
2. Lavryk G.I. Methodological problems in the study of architectural systems // Dissertation Dr. architecture: 18.00.01. – Kiev, 1979. – 251 p.
3. Shulyk V.V. Methodological problems of forming regional recreation systems (for example, Poltava region) // thesis candidate: 18.00.01. – Kharkiv, 2001. – 20 p.
4. Shulyk V.V. On the determination of constituents of recreational systems // 48 scientific conference, April 1996, the theses. – Poltava: PNTU, 1996. – P. 41.
5. Demin N.M. Managing the development of urban systems. – Kiev: Budivelnik, 1991 – 185 p.
6. Katsenelinboigen A.I. Methodological problems in the management of complex systems // Proc.: The methodology of systematic investigations. – M., «Mysl», 1970. – P. 92.
7. Stauskas V.P. The Quality and Responsibility of Architecture in the Context of Emerging Ecological Challenges (Lithuanian experience)// Journal of sustainable architecture and civil engineering. – Kaunas: KTU, 2013, № 2 (3). – P. 19-25.
8. Guntov A.E. Evolution of town planning. – M.: Stroyizdat, 1983. – 256 p.
9. Dialectics of knowledge of complex systems / edited by V. Tyhtina. – M.: Mysl, 1988. – 316 p.

УДК 624.014.2
Агафонкин В.С. – кандидат технических наук, профессор
E-mail: agafonkin@kgasu.ru
Дымолазов М.А. – старший преподаватель
E-mail: maikl-d@mail.ru
Исаева Л.А. – кандидат технических наук, доцент
E-mail: isaeva.5353@mail.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1

Анализ конструктивного решения стального каркаса здания терминала 1А «Международного аэропорта «Казань»

Аннотация

Выполнено исследование конструктивного решения каркаса здания. Проведен анализ распределения усилий в элементах каркаса в зависимости от компоновочной схемы. Выявлено, что принятое конструктивное решение приводит к стесненности температурных деформаций и существенному увеличению усилий в элементах каркаса от перепада температур. Установлена необходимость корректировки решений узловых соединений. Разработаны мероприятия по корректировке и оптимизации каркаса здания, а также предложен особый порядок монтажа с замыканием двух температурных отсеков, снижающий усилия в элементах.

Ключевые слова: конструктивное решение каркаса, компоновочная схема, температурные деформации, оптимизация каркаса, фланцевые и сварные узловые соединения.

Современную Казань, развивающуюся как общественный, деловой и культурный центр, отличает интенсивное строительство новых большепролетных объектов. Одним из таких объектов является терминал 1А «Международного аэропорта «Казань». Техническая документация терминала 1А разработана генеральным проектировщиком «СавантЕлбул» (Болгария), при участии ЗАО «Казанский Гипрониавиапром», осуществляющего техническое сопровождение данного проекта.

Анализ эффективности предложенного конструктивного и компоновочного решения каркаса здания терминала, а также соответствие проекта действующим отечественным нормам выполнены авторами статьи.

Терминал состоит из основного объема с размерами 132х71,90 м, включающего в себя зоны отбывающих и прибывающих пассажиров по внутренним и международным линиям, и двух боковых рукавов. Емкость международного сектора терминала рассчитана на обслуживание 600 пассажиров (прибывающих и отбывающих) в час пик и 1200000 пассажиров в год.

а) б)

Рис. 1. Вид строящегося здания терминала 1А: а – общий вид; б – фрагмент каркаса

По конструктивной схеме каркас здания терминала представляет собой поперечные рамы, связанные в продольном направлении связями в пространственную неизменяемую систему (рис. 2 а). В состав пространственного блока включены поперечные рамы, расположенные с шагом 12 м. Поперечные рамы образованы пространственными трехгранными фермами криволинейного очертания, консольно опертыми по концам на V-образные колонны и в середине на колонну встройки (рис. 2 б). Опирание ферм на колонны принято жестким, V-образные колонны жестко закреплены в фундаментах в плоскости рамы и шарнирно в продольном направлении. Встройка представляет собой пространственный рамный однопролетный двухэтажный каркас с жестким креплением ригелей к колоннам. Колонны встройки шарнирно закреплены в фундаментах. В продольном направлении в состав пространственного блока включены разрезные консольные прогоны, опирающиеся на верхний пояс пространственных ферм, горизонтальные и вертикальные связи по покрытию и V-образным колоннам каркаса, стеновые ригели. В первом варианте компоновки каркаса предусматривались крестообразные связи по V-образным колоннам, с расстоянием между ними 60 м. Узловые соединения трехгранных ферм выполнены сварными бесфасоночными. Примыкание ригелей к колоннам встройки выполнено с помощью фланцевых соединений на высокопрочных болтах, а балок настила к ригелям – шарнирным на сварке.

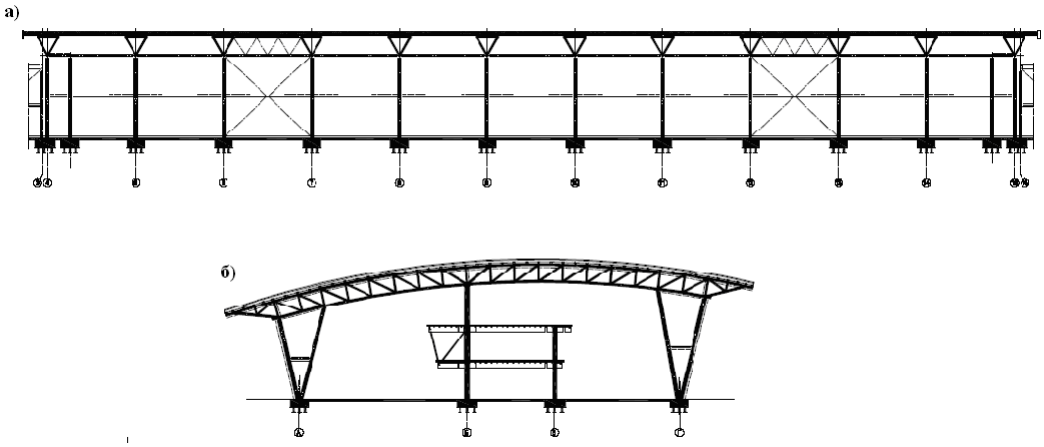


Рис. 2. Конструктивная схема здания: а – продольный разрез; б – поперечный разрез

Расчетная схема всего каркаса принята в виде пространственной модели (рис. 3). При статическом расчете учтены загружения постоянной, временной полезной, технологической нагрузками, рассмотрено несколько вариантов приложения снеговых и ветровых нагрузок, а также температурных воздействий. Температурные воздействия приняты для двух загружений «зима-лето» и «лето-зима» с замыканием каркаса как единого температурного отсека.

На основании анализа результатов статического расчета произведена оценка влияния компоновки конструктивной схемы на распределение усилий в элементах каркаса. Выявлено, что установка связей в двух местах каркаса с большим расстоянием между ними (60 м) приводит к стесненности температурных деформаций между этими связями и вызывает значительные усилия от перепада температур в элементах каркаса и нагрузки на фундаменты. Кроме того, конструктивная пространственная схема каркаса является нерегулярной, так как наружный каркас, состоящий из поперечных рам (ригелей из трехгранных ферм с V-образными колоннами), системой связей и прогонов соединен с каркасом встройки с обеспечением совместности деформаций не только в вертикальном, но и горизонтальном направлениях. Это приводит также к стесненности температурных деформаций и увеличению усилий в элементах.

Расчетами было установлено, что несущая способность ряда связей, а также балок, ригелей и колонн встройки не обеспечена. Прочность фланцевых соединений и сварных швов отдельных узлов не обеспечивалась, что потребовало корректировки конструктивных решений узлов.

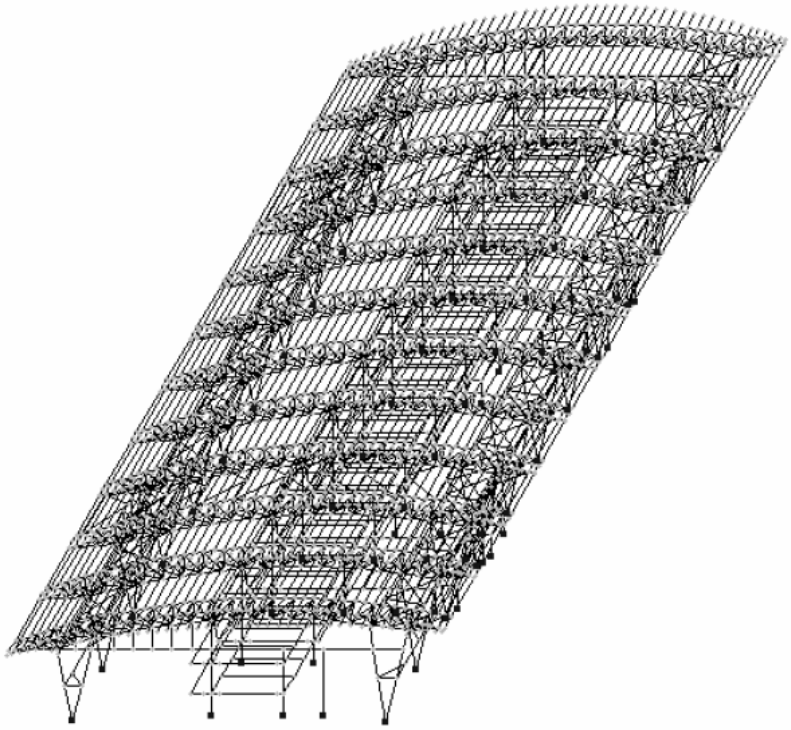


Рис. 3. Расчетная схема пространственного каркаса

Для снижения температурных усилий в элементах каркаса были разработаны мероприятия, предусматривающие особый порядок монтажа металлоконструкций с замыканием двух отдельных блоков в зимнее время и последующим их объединением в летнее время. Для этого предлагалось сначала смонтировать металлоконструкции каркаса и продольной встройки за исключением балок, распорок и горизонтальных связей в середине каркаса, а с наступлением температуры 18÷20 ºС произвести монтаж всех оставшихся конструкций с обеспечением положительной температуры воздуха внутри здания. Таким образом, будет произведено «замыкание» двух температурных отсеков каркаса здания без годового цикла перепада температур лето-зима, что обеспечит значительное снижение температурных усилий.

Последующим расчетом установлено значительное снижение усилий в элементах стального каркаса и нагрузок на фундаменты от температурных воздействий. Распределение усилий в элементах для двух вариантов замыкания приведено на гистограммах рис. 4. На гистограммах первый вариант соответствует случаю возведения стального каркаса единым температурным блоком, а второй вариант – случаю замыкания двух отдельных температурных блоков в зимнее время с последующим их объединением в летнее время. Снижение усилий в среднем составляет 9÷20 %, а в связях – 70 %. Несущая способность элементов стального каркаса при особом порядке монтажа была обеспечена, однако в соответствии с действующими отечественными нормами для обеспечения прочности фланцевых узловых соединений элементов стального каркаса требовалось усиление.

Авторами статьи была проведена работа по оптимизации компоновочной схемы стального каркаса, в результате которой даны рекомендации по корректировке компоновочного и конструктивного решения стального каркаса здания терминала.

В дальнейшем при реализации проекта терминала проектировщиками была проведена корректировка конструктивного решения каркаса с учетом оптимизации. Изменена схема фермы путем подведения дополнительной колонны встройки в средней части пролета (рис. 5 б), что позволило уменьшить усилия в большинстве стержней фермы. Вертикальные крестовые связи были заменены на портальные и перенесены к середине температурного отсека (рис. 5 а), что так же уменьшило усилия от

температурного воздействия в элементах каркаса. В результате несущая способность узлов и элементов стального каркаса оптимизированного варианта конструктивного решения была обеспечена, при этом экономия металла составила 9 %.

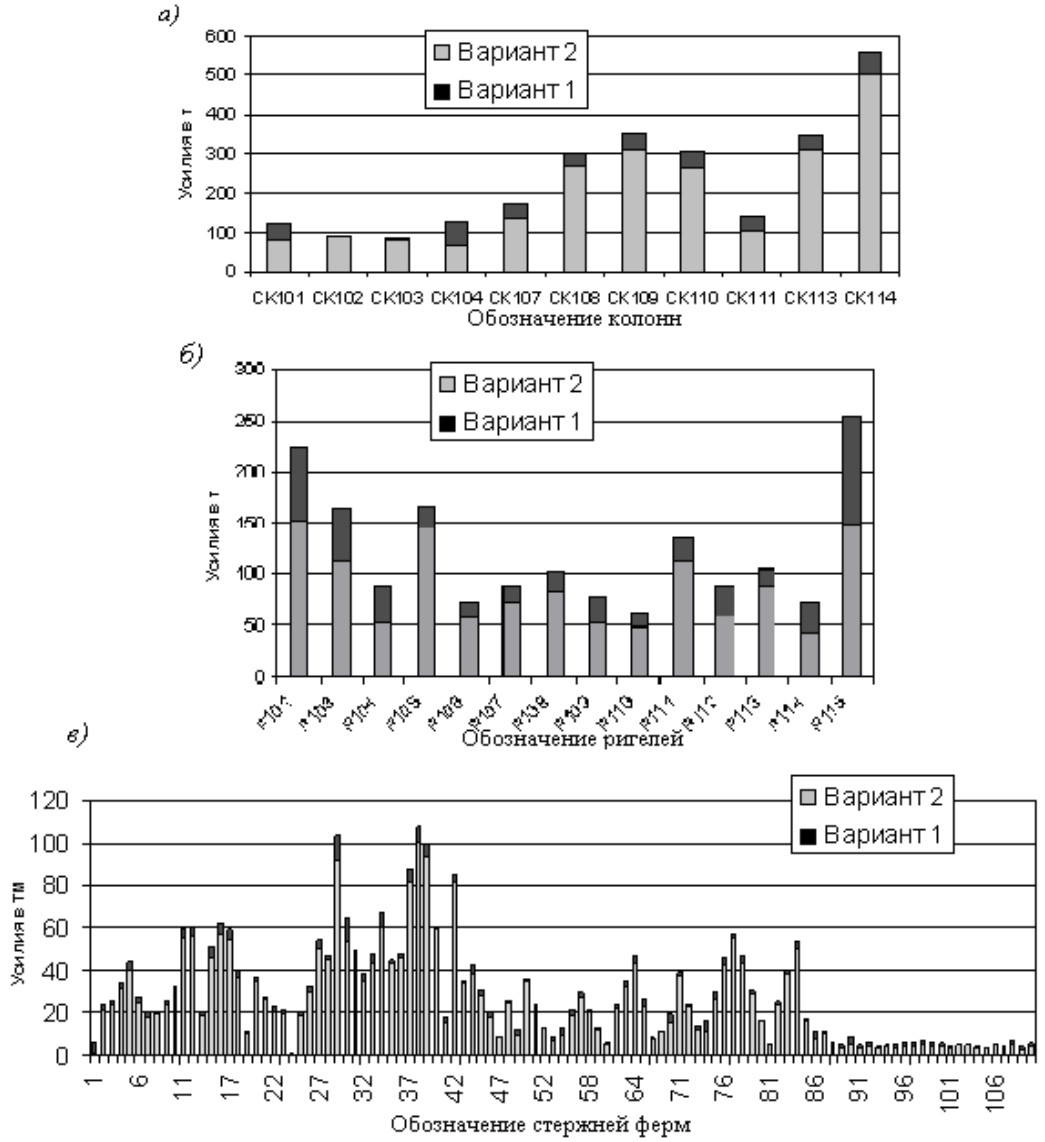


Рис. 4. Гистограммы усилий в элементах каркаса:
а – в колоннах; б – в ригелях встройки; в – в стержнях ферм

При авторском надзоре проектной организацией в возведенных конструкциях стального каркаса терминала 1А выявлены дефекты, возникшие при изготовлении и монтаже. Основными дефектами конструкций стального каркаса являются зазоры и перекосы во фланцевых узлах балок встройки, а также в соединениях ферм и прогонов. Выявлена расцентровка осей стержней в узлах пространственных трехгранных стропильных ферм криволинейного очертания при изготовлении, превышающая нормативные предельные значения Авторами статьи выполнен анализ влияния возникших отклонений на напряженное состояние ферм и каркаса в целом. Выполнены проверочные расчеты с корректировкой расчетной схемы трехгранных ферм, учитывающей узловые эксцентриситеты при расцентровке стержней. Расчетами установлено, что несущая способность стального каркаса с имеющимися дефектами обеспечена.

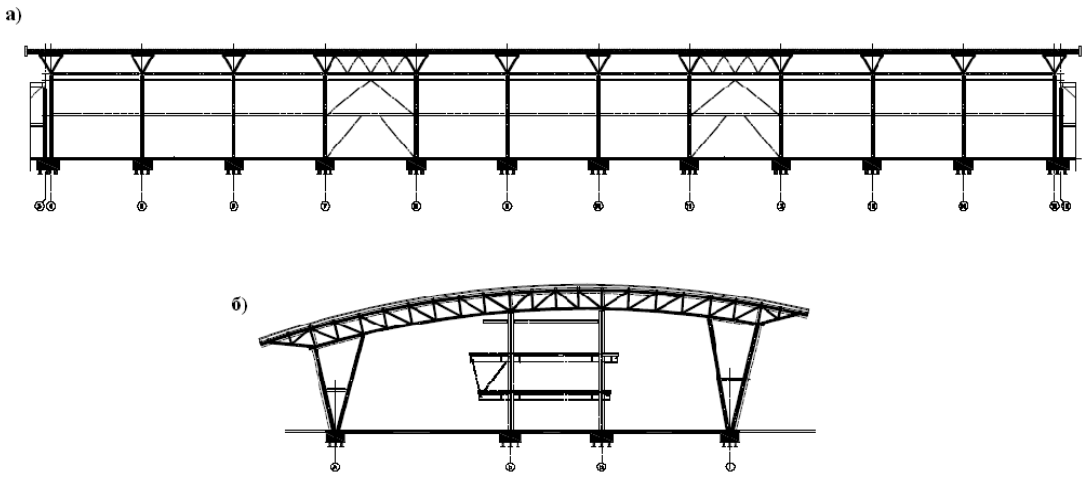


Рис. 5. Конструктивная схема здания: а – продольный разрез; б – поперечный разрез

По результатам выполненной работы установлено, что компоновочные решения каркаса существенно влияют на напряженно-деформированное состояние конструкций. С учетом анализа напряженно-деформированного состояния по первому варианту компоновки каркаса даны предложения по оптимизации компоновочного решения, повысившие эффективность и надежность стальных конструкций.

Список библиографических ссылок

1. Назаров Ю.П., Жук Ю.Н., Симбиркин В.Н. Анализ проектов несущих конструкций Центрального стадиона и Большой ледовой арены для хоккея с шайбой в Сочи // Промышленное и гражданское строительство, 2009, № 10. – С. 4-6.
2. Еремеев П. Г. Современные стальные конструкции большепролетных покрытий уникальных зданий и сооружений. – М.: АСВ, 2009. – 334 с.
3. Келасьев Н.Г. Особенности проектирования и строительства футбольного стадиона в Казани для проведения чемпионата мира по футболу // Промышленное и гражданское строительство, 2013, № 6. – С. 51-55.
4. Ведяков И.И., Еремеев П.Г., Киселев Д.Б., Одесский П. Д. Научно-техническое сопровождение проектирования и возведения несущих конструкций уникальных зданий и сооружений // Промышленное и гражданское строительство, 2011, № 4. – С. 88-92.
5. Тамбовцев М. В. Проблемы применения узлов на высокопрочных болтах при проектировании конструкций из круглых труб на примере футбольного стадиона на 45 тысяч зрителей в г. Казани // 100 лет со дня рождения проф. Е.И. Белени: сб. статей. – М.: МГСУ, 2013. – С. 204-210.
6. Баринова Л.С., Пугачев С.В. Техническое регулирование в строительстве сегодня // Стандарты и качество, 2011, № 10. – С. 52-56.
7. Завьялова О.Б. Учет последовательности монтажа конструкций при расчете усилий в рамных системах // Изв. вузов. Строительство, 2009, № 2. – С. 115-122.
8. Сапожников А.И., Григоршев С.М. Учет последовательности возведения каркасных зданий различной конструктивной схемы // Изв. вузов. Строительство, 2010, № 2. – С. 96-105.

Agafonkin V.S. – candidate of technical sciences, associate professor
E-mail: agafonkin@kgasu.ru
Dymolazov M.A. – senior lecturer
E-mail: maikl-d@mail.ru
Isaeva L.A. – candidate of technical sciences, associate professor
E-mail: isaeva.5353@mail.ru

Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Green st, 1.

Analysis of constructive solution of steely framework of the building of terminal 1A, «International airport» Kazan»

Resume

Execution the research of a constructive solution of steely framework terminal building 1A international airport «Kazan», project documentation developed by the general designer «SavantElbul» (Bulgaria), with technical support from JSC «Kazan GIPRONIIAVIAPROM». Terminal consists of a main volume with dimensions 132x71,90 m. A constructive solution of the terminal building consists of transverse steely framework in steps of 12 m and longitudinal connections with the formation of a statically indeterminate spatial system. Transverse framework consists of a triangular truss curved, simply supported at the ends on the V-shaped columns, and in the middle – on the columns of the inner frame. Inner frame is designed as a two-story. Single-span space frame with rigid joints crossbars and columns. The analysis of a constructive solution of the frame terminal building showed that the placement of longitudinal connections at a great distance from each other leads to restriction of deformation. Numerical study of the stress-strain state of the elements of the steel skeleton confirmed the existence of a significant effort in the frame cells from the effects of temperature. There was a need to adjust the nodal connections in accordance with national standards. We offer a special procedure to install two separate compartments in winter, and then combine them in the summer, thus reducing the effort on the temperature in the longitudinal connections by 70 %, and in other elements of the frame from 10 to 20 %. Further optimization of the design solution, change the position of the longitudinal connections and circuits, the use of additional internal column led to a reduction in material costs by 9 %.

Keywords: constructive solution of framework building, layout scheme, temperature deformation, optimization framework building, flanged and welded joints.

Reference list

1. Nazarov U.P., Ghuk U.N., Simbirkin V.N. Analysis of the projects supporting structures of the Central Stadium and the Big Ice Arena for ice hockey in Sochi // Industrial and civil construction, 2009, № 10. – P. 4-6.
2. Eremeyev P.G. Modern-span steel structure covered with unique buildings and structures. – M.: ACV, 2009. – 334 p.
3. Kelasev N.G. Features design and construction of a football stadium in Kazan for the FIFA World Cup // Industrial and civil construction, 2013, № 6. – P. 51-55.
4. Vedyakov I.I., Eremeyev P.G., Kiselev D.B., Odesskiy P.D. Scientific – technical support for designing and construction of load-bearing structures of unique buildings and structures // Industrial and civil construction, 2011, № 4. – P. 88-92.
5. Tambovtsev M.V. Problems of application nodes in the high-strength bolts in the design of structures made of round tubes on the example of a football stadium for 45 thousands viewers in Kazan // 100 years since the birth of prof. E.I. Beleniy: sb. articles. – M.: MGSU, 2013. – P. 204-210.
6. Barinova L.S., Pugachev S.V. Technical regulation in construction nowadays // Standards and Quality, 2011, № 10. – P. 52-56.
7. Zavyalova O.B. Accounting sequence assembly structures in the calculation efforts frame systems // Izv. vuzov. Building, 2009, № 2. – P. 115-122.
8. Sapozhnikov A.I., Grigorshev S.M. Accounting for the construction of a sequence of frame buildings of different structural layout // Izv. vuzov. Building, 2010, № 2. – P. 96-105.

УДК 624.012.35/45
Замалиев Ф.С. – кандидат технических наук, доцент
E-mail: zamaliev49@mail.ru
Биккинин Э.Г. – аспирант
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

Экспериментальные исследования сталежелезобетонных балок таврового сечения

Аннотация

Статья посвящена экспериментальным исследованиям сталежелезобетонных балок, состоящих из бетонной полки и сталебетонной балки на действие однократных статических нагрузок. Приведены описания экспериментальных моделей балок, экспериментальная установка, методика и результаты испытаний, графики прогибов, деформаций сдвига на границе сталь-бетон, развитие напряжений в нижнем поясе стальной двутавровой балки, распределение напряжений по высоте нормального сечения.

Ключевые слова: сталежелезобетонные балки, тавровое сечение, эксперименты, деформации, напряжения.

Сталежелезобетонные конструкции, являясь составными конструкциями имеющими в рабочем сечении два и более слоев, соединенные между собой связующими элементами при исследованиях их напряженно-деформированного состояния в предельном состоянии аналитическими способами вызывают значительные сложности [1, 2]. Использование программных комплексов, имеющиеся на сегодня у пользователей, тоже основаны на упрощенных диаграммах работы материалов и упрощенной записи работы контакта слоев [3], поэтому желаемых результатов не дают. Экспериментальные исследования составных конструкций, каковыми являются сталежелезобетонные балки, исследованные нами, дают наиболее обширные и полные результаты их напряженно-деформированного состояния.

Из анализа существующих экспериментальных исследований [4-9] видно, что множества их посвящено исследованиям сталежелезобетонных конструкций с ребрами из стального двутавра. Однако, для конструкций применяемых в гражданских зданиях в качестве перекрытий и покрытий важным является их достаточная высокая огнестойкость и коррозионостойкость. Поэтому в качестве образцов приняты модели сталежелезобетонных балок с ребрами из двутавра, обетонированных с боковых сторон.

Целью экспериментальных исследований явилось изучение прочности, деформативности и характера работы конструкций составного сечения, для последующего их использования в разработке новых методик расчета.

Для испытаний была изготовлена серия балок таврового сечения: стальная часть (до обетонирования) представляла прокатную двутавровую балку № 12 ГОСТ 8239-89 длиной 1900 мм; бетонная часть имела размеры: длина – 1900 мм, ширина – 400 мм, высота – 50 мм. Армирование бетонной плиты производилось арматурными сетками из проволоки Ø4 В500. Для армирования боковых граней двутаврового профиля использовали арматуру 2Ø8 А300. Класс бетона для боковых граней принималась такой же, как и для плитной части – В30. Все образцы выполнялись с горизонтальным расположением швов (контакта) между бетоном плиты и стальной балкой. Совместная работа бетона плиты и балки – ребра достигалось двумя рядами анкерных связей в зоне контакта. Совместная работа двутаврового профиля и бокового бетона обеспечивалась приваркой хомутов к стенке балки с шагом равной шагу анкерных связей и продольных арматурных стержней 2Ø8 с обеих сторон. Для анализа работы сталежелезобетонных балок с обетонированными боковыми гранями были использованы три способа приварки хомутов к стенке стального двутавра (табл.).

Испытания сталежелезобетонных балок проводились на базе лаборатории КазГАСУ. Сталежелезобетонная балка испытывалась по схеме свободно-опертой балки двумя сосредоточенными силами в средней части пролета, приложенными на расстоянии 175 мм от вертикальной оси балки. Расчетный пролет балки – 1800 мм. Испытание

проводилось нагружением ступенями по 0,1 от ожидаемой разрушающей нагрузки. Нагрузка передавалась посредством гидравлической системы пресса УММ-200 на изгибаемую сталежелезобетонную балку с помощью металлической траверсы в двух точках. Для исключения закручивания балки во время испытаний между металлической траверсой и базой испытательной установки был установлен полусферический шарнир. На ступенях нагружения во время выдержек фиксировались деформации бетона и стали, абсолютные деформации сдвига, прогибы. За предельное состояние принималось полное физическое разрушение образцов, характеризовавшееся большими пластическими деформациями нижнего стального пояса обетонированной балки и местным разрушением бетонной полки в зоне чистого изгиба. Геометрические параметры образцов и результаты из испытаний приведены в табл.

Таблица

№ образца балок	Геом. длина балки l, мм	Шаг анкеров кр. части, S_1,мм	Тип анкера кр. части	Шаг анкеров ср. части, S_2,мм	Тип анкера ср. части	Тип хомутов стальной части	Разрушающий изгиб. момент, т*м
1	2	3	4	5	6	7	8
Б1	1900	150	⊥Ø6А400	100	⊥Ø6А400		3,79
Б2	1900	150	⊥Ø6А400	100	⊥Ø6А400		3,76
Б3	1900	150	⊥Ø6А400	100	⊥Ø6А400		3,77

Во всех случаях опытные образцы сталежелезобетонных балок разрушались по нормальному сечению в зоне чистого изгиба из-за местного раздробления бетона сжатой зоны плиты и в следствии развития пластических деформаций в средней части стальной балки. Во всех образцах происходил срез анкеров в приопорной части сталежелезобетонной балки и, соответственно, отрыв бетонной полки от стальной балки. Первые трещины бокового бетона, которым были защищены стальные двутавровые балки появились при нагрузке $0,85Q_{раз}$., как правило, в сечениях под точками приложения нагрузки и имели незначительные раскрытия. Развитие нормальных трещин (около 1 мм) в теле бокового бетона главным образом наблюдалось перед разрушением образца.

Во всех испытанных образцах проявилось развитие продольных трещин в верхней грани бетонной плиты от центра к опорной зоне при нагрузке $(0,85\div1)P_{раз}$, что связано с ростом деформацией сдвига на границе контакта «сталь-бетон».

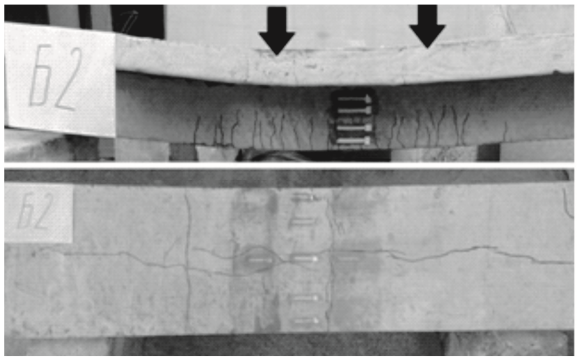


Рис. 1. Балка с обетонированием боковых граней двутавра после испытаний

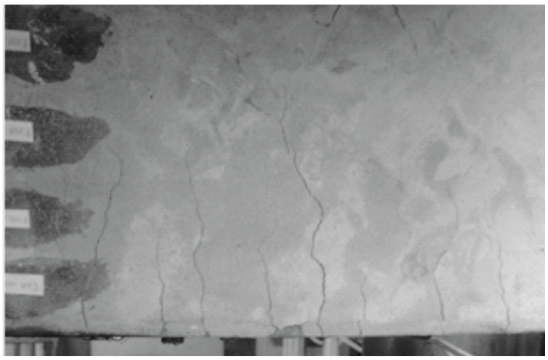


Рис. 2. Развитие нормальных трещин в бетоне балок при нагрузке $(0,85\text{-}1)P_{раз}$

Все три способа приварки хомутов к стенке балки оказались работоспособными, выпучивания бокового бетона из тела двутавровой балки не наблюдалось даже при предельных прогибах.

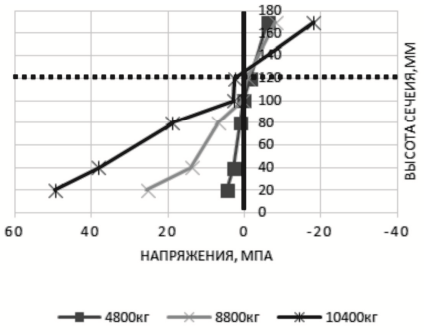


Рис. 3. Развитие напряжений в нормальном сечении при различных нагрузках

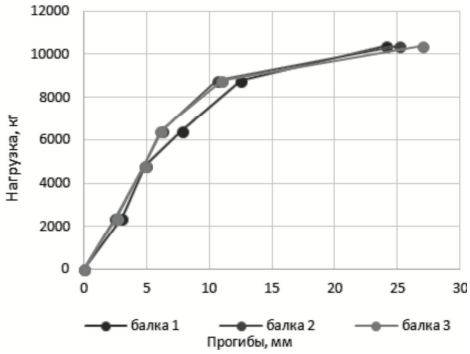


Рис. 4. Развитие прогибов СЖБ балок

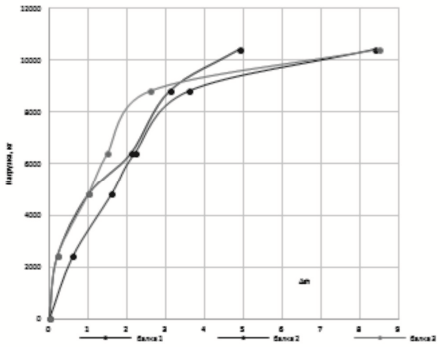


Рис. 5. Развитие деформаций сдвига на границе контакта «сталь-бетон»

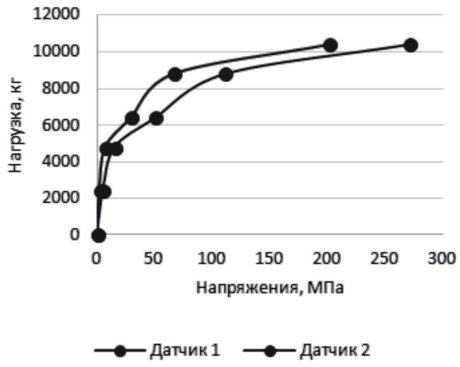


Рис. 6. Развитие напряжений нижнего пояса стального профиля

В испытанных балках, особенно на начальном этапе загружения, усилие сжатия воспринимается не только железобетонной полкой, но и частью бетона сталебетонной балки. По мере увеличения нагрузки до разрушающего $P_{раз}$, а так же, в следствии, среза анкеров в зоне контакта «сталь-бетон», каждый слой сталежелезобетонной балки начинает работать самостоятельно, поэтому на рис. 3 можем наблюдать зону растяжения в бетонной полке.

Анализ закономерностей развития деформаций абсолютного сдвига на границе контакта «сталь-бетон» показывает (рис. 5), что при нагрузках $(0,8\div1)P_{раз}$ наблюдается искривление линейной зависимости, что связано с развитием пластических деформаций и среза анкеров.

В зоне чистого изгиба, до нагрузки $0,85P_{раз}$ наблюдается прямолинейный характер развития прогибов (рис. 4). При нагрузках больших чем $0,85P_{раз}$, эпюра прогибов принимает криволинейный вид, в дальнейшем с увеличением податливости шва контакта происходит интенсивный рост прогибов при незначительном увеличении нагружения, т.е. излом графика прогибов.

Заключение

1. Эксперименты на сталежелезобетонных балках таврового сечения, состоящих из бетонной плиты и сталебетонного ребра, показали увеличенную их несущую способность по сравнению с аналогичными балками без обетонирования стального профиля-ребра.

2. Распределение напряжений по высоте нормального сечения сталежелезобетонной балки с обетонированными ребрами аналогично балкам со стальными ребрами.

3. Принятая конструктивная схема хомутов в сочетании с продольными арматурными стержнями, расположенными в боковых полостях стального двутавра, обеспечивала совместную работу профиля и бетона в нем. Выпучивание бетона из тела стального двутавра не происходило даже при запредельных прогибах.

Список библиографических ссылок

1. Eurocode 2: Design of concrete structures. Part 1: General rules for buildings / European Committee for Standardization, 2002.
2. Замалиев Ф.С., Мирсаяпов И.Т. Расчет прочности сталежелезобетонных изгибаемых конструкций на основе аналитических диаграмм. Разработка и исследование металлических и деревянных конструкций // Сборник научных трудов. КГАСА. – Казань, 1999. – С. 142-149.
3. Замалиев Ф.С., Гурьянов И.А., Шаймарданов Р.И., Хайрутдинов Ш.Н. Численные и натурные эксперименты в исследованиях сталежелезобетонных конструкций.// Известия КГАСУ, 2012., № 1 (19). – С. 46-52.
4. Стрелецкий Н.Н. Сталежелезобетонные пролетные строения мостов // 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Транспорт, 1981. – 360 с.
5. Замалиев Ф.С., Шаймарданов Р.И. Экспериментальные исследования сталежелезобетонных конструкции на крупномасштабных моделях // Известия КазГАСУ, 2008, № 2 (10). – С. 47-52.
6. Мирсаяпов И.Т., Замалиев Ф.С., Замалиев Э.Ф. Экспериментальные исследования податливости контакта слоев сталежелезобетонных конструкций при малоцикловых нагружениях // Известия МГСУ, 2011, № 2. – М., т. 2. – С. 163-168.
7. Замалиев Ф.С., Хайрутдинов Ш.Н. Экспериментальные исследования сталежелезобетонных изгибаемых конструкций при длительном действии нагрузок // Известия КазГАСУ, 2008, № 1 (9). – С. 65-67.
8. Замалиев, Ф.С., Шаймарданов Р.И. Экспериментальные исследования сталежелезобетонных конструкций на крупномасштабных моделях. // Известия КазГАСУ, 2008, № 2 (10). – С. 47-52.
9. Замалиев, Ф.С., Сагитов Р.А., Хайрутдинов Ш.Н. Испытание фрагмента сталежелезобетонного перекрытия на статические нагрузки // Известия КазГАСУ, 2010, № 1 (13). – С. 102-105.

Zamaliev F.S. – candidate of technical science, associate professor
E-mail: zamaliev49@mail.ru
Bikkinin E.G. – engineer, post-graduate student
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Experimental studies of T-section steel-concrete beams

Resume

The article is devoted to experimental investigations of steel-concrete structures. Steel-concrete structures are widely used in civilian buildings as floors and coatings. Overlap consists of a reinforced concrete slab supported by ribs. As the ribs are very often used steel beams of the I-beam. However, they have a low degree of fire resistance and corrosion resistance. Therefore, the steel girders of the I-beam on the side faces sometimes filled with concrete, which increases corrosion resistance and fire resistance of steel-concrete slabs. This article describes the design of models of steel-concrete beams. Before concreting, steel I-beam to the walls of welded stainless steel straps and beneath two rows skipped ø8mm valves on each side. Tests were carried out on the test press UMM200 to static loads. To determine the fiber strain on the beams, ribs and concrete slab on the surface glued electrical strain gauge.

Deflections of beams determined by deflect meter of Burkovsky shift layers – using dial gauges. The test results obtained deformation deflections. Results obtained by treating the stress state of the normal section of the steel-concrete beam. The graphs shear layers, deflections. The analysis of beams in the elastic, elastic-plastic stage and the ultimate limit state was carried out.

Keywords: steel-concrete beams, T-section, experiments, strain, stress.

Reference list

1. Eurocode 2: Design of concrete structures. Part 1: General rules for buildings / European Committee for Standardization, 2002.
2. Zamaliev F.S., Mirsayapov I.T. Strength calculation of steel-concrete bent designs based on the analytical diagrams // Development and research of metal and wooden structures // Proceedings. Kazan State Academy of Architecture and Construction. – Kazan, 1999. – P. 142-149.
3. Zamaliev F.S., Guryanov I.A., Shaimardanov R.I., Khairutdinov Sh.N. Numerical experiments and field studies in steel-concrete structures. // News of the KSUAE, 2012, № 1 (19). – P. 46-52.
4. Streletskii N.N. Composite superstructures of bridges // 2nd ed., Rev. and add. – M.: Transport, 1981. – 360 p.
5. Zamaliev F.S., Shaimardanov R.I. Experimental studies on the construction of large-scale steel-concrete models // News of the KSUAE, 2008, № 2 (10). – P. 47-52.
6. Mirsayapov I.T., Zamaliev F.S., Zamaliev E.F. Experimental studies of compliance contact layers of steel-concrete structures under low-cycle loading // Izvestiya MGSU, № 2, m. 2. – M.: 2011. – P. 163-168.
7. Zamaliev F.S., Khairutdinov Sh.N. Experimental studies of steel-concrete flexural structures under long-term loads // News of the KSUAE, 2008, № 1 (9). – P. 65-67.
8. Zamaliev F.S., Shaimardanov R.I. Experimental studies of steel-concrete structures on large-scale models. // News of the KSUAE, 2008, № 2 (10). – P. 47-52.
9. Zamaliev F.S., Sagitov R.A., Khairutdinov Sh.N. The test piece of the steel-concrete slab to static loads // News of the KSUAE, 2010, № 1 (13). – P. 102-105.

УДК 697.132
Иванцов А.И. – ассистент
E-mail: ivantsov@kgasu.ru
Куприянов В.Н. – доктор технических наук, профессор
E-mail: kuprivan@kgasu.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

Прогнозирование срока службы наружных стен жилых зданий по критерию теплозащиты

Аннотация

В статье описан разработанный метод прогнозирования срока службы наружных стен по критерию теплозащиты на основе молекулярно-кинетической концепции разрушения материалов при тепловом старении с использованием выявленных в работе основных параметров долговечности материалов: энергии активации (E_a) и показателя долговечности (K_λ) при тепловом старении. Обоснована оценка эквивалентных температур эксплуатации материалов в наружных стенах по климатическим справочным данным.

Ключевые слова: ограждающие конструкции, эквивалентная температура, критерий теплозащиты, срок службы, метод.

Введение

Федеральный закон № 384 «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений», принятый в 2009 году, в статье 33 предписывает «…в проектной документации здания или сооружения должна содержаться информация о сроке эксплуатации здания или сооружения и их частей». Ограждающие конструкции являются важной частью зданий, которые должны обеспечивать энергоэффективность зданий и комфортные условия в помещениях весь срок его эксплуатации. Однако в настоящее время проектный комплекс не располагает методами оценки или прогнозирования долговечности ограждающих конструкций.

В СП 50.13330.2012 по проектированию теплозащиты зданий приведены указания о том, что ***требуемая степень долговечности*** ограждающих конструкций должна обеспечиваться применением материалов, ***имеющих надлежащую стойкость***. Однако понятия «требуемая степень долговечности» и «надлежащая стойкость» в этих документах не расшифрованы.

При исследовании «надлежащей стойкости» материалов наружных стен сегодня рассматривается, как правило, изменение механических свойств материалов при эксплуатационных воздействиях. В последние годы, в соответствии с реализацией ФЗ № 261 «Об энергосбережении» и повышения требований к теплозащите зданий, в качестве приоритетного критерия срока эксплуатации наружных стен выходит сохранение требуемого уровня теплозащиты зданий при эксплуатационных воздействиях. Появились работы по изучению изменения коэффициентов теплопроводности материалов при эксплуатационных воздействиях [1, 2, 3]. Однако во всех известных исследованиях режимы испытаний не моделируют реальные эксплуатационные воздействия на материалы ограждающих конструкций, в связи с чем выводы авторов о сроках службы материалов в ограждающих конструкциях не являются достаточно достоверными.

1. Режим эксплуатации ограждающих конструкций

Натурные исследования режима эксплуатации ограждающих конструкций [4, 5] позволили выявить воздействие, главным образом определяющее изменение свойств теплоизоляционных материалов в процессе естественного старения – воздействие повышенных температур. Анализ натурных исследований подтвердил незначительность влияния влажности на старение современных теплоизоляционных материалов, имеющих полимерную основу. Для оценки влияния температур на годовом цикле эксплуатации ограждения на изменение свойств теплоизоляционных материалов было использовано понятие эквивалентной температуры эксплуатации $T_{экв}$, которая с точки зрения

молекулярно-кинетической концепции разрушения материалов заменяет множество переменных значений эксплуатационных температур:

$$T_{экв} = -\frac{E_a}{R}\left\{\ln\left[\frac{1}{\tau_0}\sum_{j=1}^{N}\Delta\tau_j \cdot \exp\left(-\frac{E_a}{RT_j}\right)\right]\right\}^{-1}, \quad (1)$$

где E_a – энергия активации процесса разрушения, Дж/моль;
R – универсальная газовая постоянная, Дж/(К·моль);
N – число интервалов времени $\Delta\tau_j$ со средней температурой T_j на рассматриваемом отрезке времени τ_0.

В табл. 1 приведены значения эквивалентных температур эксплуатации, рассчитанных по экспериментальным данным по выражению (1).

Таблица 1

Эквивалентные температуры эксплуатации по расчетным сечениям (расчет по экспериментальным данным), ˚С

Расчетные сечения – расстояние от наружной поверхности, см	Пенополистирол	Минеральная вата	Ячеистый бетон
0	31,8	32,4	26,4
2,5	26,3	25,1	21,7
5	23,3	20,8	19,5
10	19,7	-	-
15	20,1	20,4	19,8

Температурный режим в наружных стенах определяется суммарным воздействием температуры наружного воздуха $T_н$ и тепловым потоком солнечной радиации, приходящим к наружной поверхности ограждения S, так называемой условной температурой солнечного облучения $T_{усл}$. Условная температура наружного воздуха вблизи поверхности ограждения определяется по формуле А.М. Шкловера:

$$T_{сум} = T_н + T_{усл} = T_н + \frac{\rho S}{\alpha_н}, \quad (2)$$

где ρ – коэффициент поглощения поверхности наружной стены,
S – интенсивность суммарной солнечной радиации, Вт/м^2,
$\alpha_н$ – коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ограждения, Вт/м^2·˚С,
а температуры по отдельным сечениям в слоях наружной стены t_i будут определяться процессами затухания тепловой волны, которые, в свою очередь, зависят от конструкции ограждения и теплофизических свойств материалов.

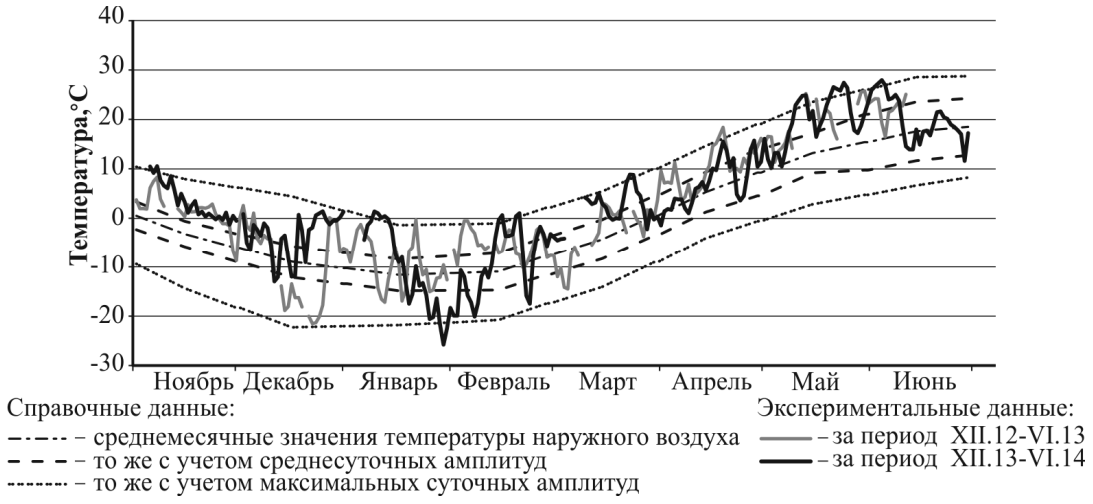


Рис. 1. Фрагмент годового хода температуры наружного воздуха за период наблюдений (XII.12-VI.13 и XII.13-VI.14)

На рис. 1 приведены экспериментальные данные по температуре наружного воздуха, полученные на натурном испытательном стенде, в сравнении с параметрами, взятыми из нормативной литературы по строительной климатологии. Хорошее совпадение экспериментальных и справочных данных указывает на обоснованность использования справочных данных по температуре наружного воздуха для расчетов эквивалентной температуры эксплуатации материалов в наружных стенах.

Для практических расчетов удобнее использовать другие нормативные данные, где годовой ход температуры наружного воздуха представлен продолжительностью действия температуры в часах по градациям в 2 ˚С от минимальных до максимальных значений для конкретных географических пунктов [6].

Воздействие на ограждение только температуры наружного воздуха проявляется при полной облачности или для фасадов зданий определенной ориентации, где исключено воздействие солнечной радиации.

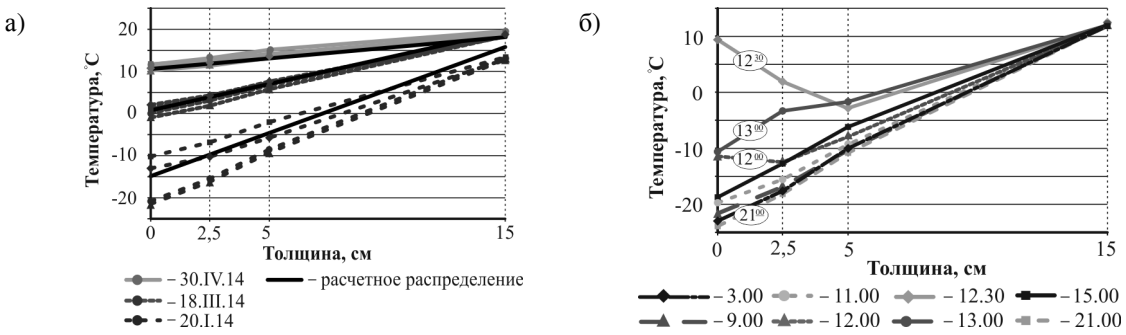


Рис. 2. Распределение температуры по сечению теплоизоляционного материала (минеральной ваты): а) в отсутствии солнечной радиации, б) с солнечной радиацией

На рис. 2а приведены экспериментальные данные, полученные на натурном стенде [4, 5], и можно видеть, что распределение температур по сечению утеплителя изменяется линейно и его можно описать закономерностями стационарной теплопередачи:

$$t_i = T_в - \frac{T_в - T_н}{R_{TO}} R_{TO,i}, \qquad (3)$$

где $T_в$ – температура внутреннего воздуха, ˚С,

$T_н$ – температура наружного воздуха, ˚С,

R_{TO} – общее сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции, м^2·˚С/Вт,

$R_{TO,i}$ – сопротивление теплопередаче части ограждающей конструкции от внутренней поверхности до i-го сечения, включая сопротивление теплопередаче R_{TB}, м^2·˚С/Вт,

а эквивалентные температуры по слоям определяются с использованием формулы (1), в которой параметр T_j заменен формулой (3):

$$t_{экв,i} = -\frac{E_a}{R}\left\{\ln\left[\frac{1}{\tau_0}\sum_{j=1}\Delta\tau_j \cdot \exp\left(-E_a \Big/ R\left(T_в - \frac{T_в - T_{н,j}}{R_{TO}} R_{TO,i}\right)\right)\right]\right\}^{-1}, \qquad (4)$$

где $\Delta\tau_j$ – продолжительность действия температуры наружного воздуха $T_{н,j}$, ч;

τ_0 = 8760 ч – количество часов в году.

Влияние солнечной радиации требует учета большего числа факторов в силу нестационарности воздействия тепловой волны, что видно из рисунка 2б, где представлено распределение температур по сечению теплоизоляционного слоя в течение суток.

Интенсивность солнечной радиации S и, следовательно, повышение температуры на поверхности ограждения $T_{усл}$ зависят от времени суток, наличия облачности и ориентации поверхности стены. Ключевыми климатическими параметрами, при этом, являются продолжительность облучения фасада в сутки, месяц, год и изменение интенсивности облучения S в те же периоды.

На рис. 7 представлен график изменения максимальных температур на поверхности натурного стенда в течение февраля 2014 года. Можно видеть, что даже в феврале месяце при $T_н$ = -10 ˚С температура поверхности стенда с пенополистиролом и минеральной

ватой превышала 60 ˚С (22.02.14). В летние месяцы эта температура ежедневно находится в интервале 65-70 ˚С, что подтверждает сделанный в работе вывод об определяющем воздействии – тепловом старении материалов в наружных стенах.

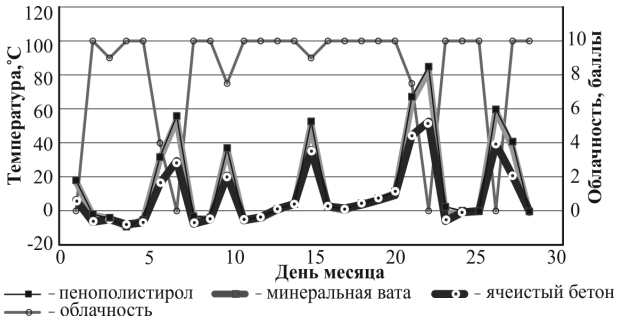


Рис. 3. Изменение максимальной температуры поверхности натурного стенда

Из рис. 3 можно видеть, что при уменьшении облачности (особенно до 0 баллов) резко возрастает температура поверхности ограждения. Однако, оценка степени облачности проводится визуально и является весьма приблизительной, что влияет на точность расчетов. Для увеличения точности расчетов в работе использованы количественные данные по продолжительности солнечного сияния в часах за сутки, месяц и год, представленные в климатических справочниках для различных географических пунктов [7].

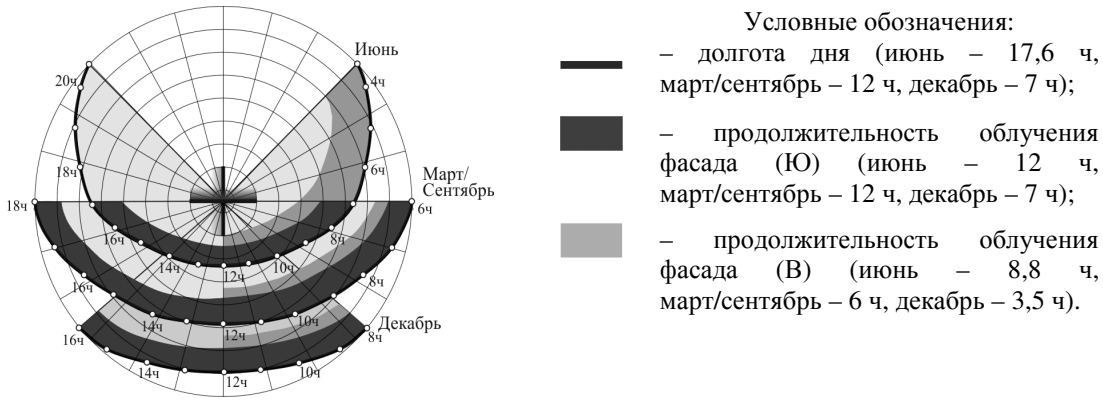


Рис. 4. К определению доли облучения фасадов различной ориентации с использованием солнечной карты для г. Казани (56° с. ш.)

Справочные данные по продолжительности солнечного сияния получены для всего небосвода, в то время как различно ориентированные фасады зданий получают только долю этого облучения. На рис. 4 приведена схема определения доли солнечного облучения южного, восточного и западного фасадов (в качестве примера) с использованием солнечной карты для 56° с. ш. (широта г. Казани). Доля облучения фасада – коэффициент продолжительности облучения k_o определяется отношением продолжительности облучения фасада $\tau_{ф,k}$,ч, к долготе дня $\tau_{д.д,k}$,ч, (интервалу времени от восхода до захода солнца). В зависимости от ориентации фасада и месяца года возникают ситуации, когда солнечные лучи приходят к плоскости фасада под малыми углами, как бы скользят вдоль плоскости (например, для восточного фасада в 12 ч по рис. 4) и тепловой поток солнечной радиации не приводит к повышению температуры поверхности ограждения. В этом случае следует уменьшать величину $\tau_{ф,k}$ на время, определяемое индивидуально для каждой ориентации фасада и месяца года:

$$k_{o,k} = \frac{\tau_{ф,k}}{\tau_{д.д,k}}, \qquad (5)$$

где $\tau_{ф,k}$ – средняя продолжительность облучения фасада с определенной ориентацией по сторонам света в течения дня в k-ом месяце, ч;
$\tau_{д.д,k}$ – средняя долгота дня в k-ом месяце, ч.

Продолжительность действия солнечной радиации на фасад здания конкретной ориентации в каждом месяце можно определить, как:

$$\Delta\tau_{сиян,k} = \tau_{сиян,k} \cdot k_{о,k}, \quad (6)$$

где $\tau_{сиян,k}$ – продолжительность солнечного сияния в определенном месяце, ч;
$k_{о,k}$ – коэффициент продолжительности облучения фасада в этом месяце.

Температуру в сечениях теплоизоляционного слоя при воздействии солнечной радиации можно определить с использованием показателя затухания температурных колебаний:

$$t_{усл,i} = \frac{T_{усл}}{\nu_i} = \frac{\rho S_k}{\alpha_н \nu_i}, \quad (7)$$

где ν_i – показатель затухания колебаний в i-ом слое теплоизоляции, определяемый по расчету конструкции ограждения на теплоустойчивость.

При расчете температур поверхности ограждений следует принимать среднесуточные значения интенсивности солнечной радиации S за каждый месяц с часовой интенсивностью свыше 120 Вт/м^2, то есть той интенсивностью, свыше которой происходит значимое повышение температуры поверхности.

Эквивалентная добавка к температуре для каждого элементарного слоя теплоизоляционного материала от действия солнечной радиации определится как:

$$t_{экв\ усл,i} = -\frac{E_a}{R}\left\{\ln\left[\frac{1}{\tau_{сиян}}\sum_{k=1}^{12}\Delta\tau_{сиян,k}\cdot\exp\left(-E_a \Big/ R\left(\frac{\rho S_k}{\alpha_н \nu_i}\right)\right)\right]\right\}^{-1}, \quad (8)$$

где $\Delta\tau_{сиян,k}$ – продолжительность солнечного сияния в определенном месяце, ч, определяемая по (6);
$\tau_{сиян}$ – суммарная продолжительность солнечного сияния в течение года, ч.

Тогда согласно (2) эквивалентная температура эксплуатации в слое теплоизоляции определится как:

$$T_{экв,i} = t_{экв,i} + t_{экв\ усл,i}. \quad (9)$$

Для исследуемых видов ограждения расчетные значения эквивалентных температур в различных сечениях представлены в табл. 2. Расхождение расчетных значений, полученных по справочным климатическим данным (табл. 2) и полученных по экспериментальным данным (табл. 1) находится в пределах 5-15 %, что для справочных климатических данных можно признать допустимым.

Таблица 2

Эквивалентные температуры эксплуатации по расчетным сечениям (расчет по справочным данным о годовом ходе параметров климата), ˚С

Расчетные сечения – расстояние от наружной поверхности, см	Пенополистирол			Минеральная вата			Ячеистый бетон		
	от $t_н$	от $t_{усл}$	сумм	от $t_н$	от $t_{усл}$	сумм	от $t_н$	от $t_{усл}$	сумм
0	12,7	18,2	30,9	12,7	18,3	31,0	12,7	17,0	29,7
2,5	12,9	14,5	27,4	12,9	12,0	24,9	12,9	12,0	24,9
5	13,3	11,2	24,5	13,4	7,7	21,1	13,1	8,3	21,4
10	14,8	5,6	20,4	-	-	-	-	-	-
15	17,5	0,4	17,9	17,7	0,2	17,9	14,9	0,8	15,7

2. Сущность метода прогнозирования срока службы наружных стен

Сущность метода заключается в определении времени эксплуатации, за которое сопротивление теплопередаче стены R_{TO}, уменьшающееся в результате старения, станет меньше требуемого сопротивления теплопередаче наружных стен R_{TO}^{TP}.

Критерий теплозащиты имеет вид:

$$R_{TO} < R_{TO}^{TP}. \quad (10)$$

Величина R_{TO}^{TP} для заданного места строительства определяется нормативным документом – СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий».

Если облицовочные слои наружных стен подвергаются ремонту и восстановлению в процессе эксплуатации здания, а конструктивные слои практически не изменяют теплозащитных свойств, то снижение теплозащитных свойств ограждающих конструкций происходит в результате старения и повышения коэффициентов теплопроводности λ теплоизоляционных слоев.

В этом случае, срок службы наружных стен τ определяется как отношение критического изменения (увеличения) коэффициента теплопроводности $\Delta\lambda_{кр}$ к ежегодному увеличению коэффициента $\Delta\lambda_{год}$ в процессе старения:

$$\tau = \frac{\Delta\lambda_{кр}}{\Delta\lambda_{год}} = \frac{\lambda_{кр} - \lambda_0}{\Delta\lambda_{год}}, \tag{11}$$

где λ_0 – коэффициент теплопроводности, принятый в расчетах (по справочным данным), Вт/м·˚С;

$\lambda_{кр}$ – величина коэффициента теплопроводности теплоизоляционного материала, которая определяется снижением теплозащитных свойств наружных стен до критической величины, когда $R_{TO} < R_{TO}^{TP}$, Вт/м·˚С;

$$\lambda_{кр} = \frac{\delta_{т/и}}{R_{т/и}} = \frac{\delta_{т/и}}{R_{TO}^{тр} - R_{TO,0}}, \tag{12}$$

$R_{TO,0}$ – общее сопротивление теплопередаче конструкции ограждения за вычетом слоя теплоизоляции, м^2·˚С/Вт.

Как установлено ранее, величина эксплуатационной температуры по толщине слоя теплоизоляции не одинакова (она выше в слоях у наружной поверхности), следовательно, тепловое старение по толщине теплоизоляции будет неравномерным, тогда срок службы теплоизоляционного слоя можно определить, как среднее из сроков службы отдельных расчетных слоев τ_i:

$$\tau = \sum_{i=1}^{n} \tau_i \Big/ n, \tag{13}$$

где n – количество расчетных слоев в утеплителе.

Срок службы расчетного слоя в соответствии с термофлуктуационной концепцией для ненагруженного материала можно определить по следующему выражению:

$$\tau = \tau_И \cdot \exp\left[\frac{E_a}{R}\left(\frac{1}{T_{экв}} - \frac{1}{T_И}\right)\right], \tag{14}$$

где $\tau_И$ – продолжительность старения материала при температуре изотермических испытаний, лет;

$T_И$ – температура при изотермических испытаниях, К;

$T_{экв}$ – эквивалентная температура эксплуатации, К.

Температура изотермических испытаний $T_И$ в формуле (14) должна максимально ускорять процесс старения, но не должна изменять физический процесс теплового старения.

В оценке $\tau_И$ должно найти отражение изменение величины λ при температуре изотермических испытаний. Эти изменения определяются формулой:

$$\lambda_{кр} = K_\lambda \tau_И + \lambda_0, \tag{15}$$

где K_λ – показатель долговечности при тепловом старении, Вт/м·˚С·год,

$$\tau_И = \frac{\lambda_{кр} - \lambda_0}{K_\lambda} = \frac{\Delta\lambda_{кр}}{K_\lambda}. \tag{16}$$

В итоге время до выхода из строя теплоизоляционного слоя, а значит и всей конструкции наружной стены по критерию потери теплозащитных свойств определится как:

$$\tau = \frac{\dfrac{\Delta\lambda_{кр}}{K_\lambda} \sum_{i=1}^{n} \exp\left[\dfrac{E_a}{R}\left(\dfrac{1}{T_{экв,i}} - \dfrac{1}{T_И}\right)\right]}{n}, \tag{17}$$

где $T_{экв,i}$ – эквивалентная эксплуатационная температура в i-том слое теплоизоляционного материала, К;

n – количество расчетных слоев в слое теплоизоляционного материала.

Исследование показало, что срок службы теплоизоляционных материалов в значительной мере определяется величиной энергии активации E_a и показателя долговечности K_λ при тепловом старении материала. На рис. 5 показано изменение срока службы наружной стены с утеплителем из пенополитстирола различной толщины при различных E_a и K_λ. Можно видеть, что срок службы изменяется в несколько раз.

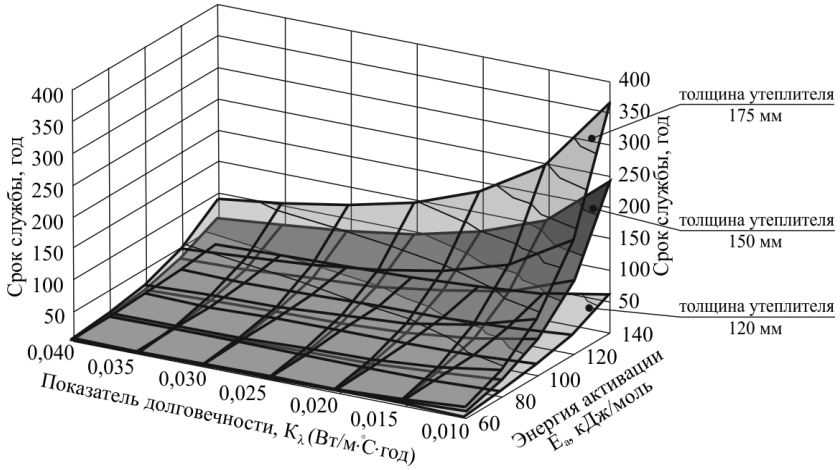


Рис. 5. Зависимость срока службы наружных стен от величины E_a и K_λ и толщины утеплителя для южного фасада в условиях г. Казани (для конструкции по п. 1 табл. 3)

Из этих данных следует важный вывод о том, что при оценке срока службы наружных стен недостаточно говорить только о виде теплоизоляционного материала. Среди технических характеристик теплоизоляционных материалов заводы-изготовители должны приводить величину энергии активации (E_a) и показатель долговечности материала (K_λ) при тепловом старении.

Для реализации разработанного метода прогнозирования сроков службы наружных стен по критерию теплозащиты была разработана «Программа расчета срока службы наружных стен» с использованием справочных данных по параметрам климата, с учетом конструкции стены и свойств материалов. Для примера с помощью этой программы рассчитаны прогнозируемые сроки службы нескольких наружных стен различного конструктивного исполнения для условий г. Казани с применением теплоизоляционных материалов, исследованных в работе (табл. 3).

Результаты, полученные в работе, позволяют не только оценить срок службы наружных стен с известным утеплителем, но и проектировать наружные стены с заранее заданным сроком службы.

При этом решается задача определения такой толщины теплоизоляционного слоя $\delta_{т/и}$, при которой критический прирост его коэффициента теплопроводности $\Delta\lambda_{кр}$ произойдет через заданное количество лет.

Таблица 3

Прогнозируемый срок службы наружных стен основных ориентаций, год

№ п/п	Вид конструкции	Ориентация фасада				
		Ю	С	В (З)	ЮВ (ЮЗ)	СВ (СЗ)
1	8 мм штукатурка + 120 мм ППС + 380 мм сил.кирпич ($R_{то}$=3,7 м^2·°С/Вт)	24,4	45,0	23,1	23,3	28,8
2	8 мм штукатурка + 120 мм м/в + 380 мм сил.кирпич ($R_{то}$=4,0 м^2·°С/Вт)	14,7	23,5	14,2	14,2	16,7
3	120 мм кирпич + 120 мм ППС + 250 мм сил.кирпич ($R_{то}$=3,7 м^2·°С/Вт)	32,0	47,1	31,8	31,9	36,5

Из выражения (12) с учетом (11) получим:

$$\delta_{m/u} = \left(R_{TO}^{mp} - R_{TO,0}\right) \cdot \left(\lambda_0 + \Delta\lambda_{kp}\right). \quad (18)$$

Выразив из выражения (17) $\Delta\lambda_{кр}$ и подставив в формулу (18), получим выражение для расчета толщины утеплителя, которая при известных параметрах долговечности обеспечит заданный срок службы:

$$\delta_{m/u} = \left(R_{TO}^{TP} - R_{TO,0}\right) \cdot \left(\lambda_0 + n\tau_{TP} K_\lambda \left(\sum_{i=1}^{n} \exp\left[\frac{E_a}{R} \left(\frac{1}{T_{экв,i}} - \frac{1}{T_И} \right) \right] \right)^{-1} \right). \quad (19)$$

По полученной формуле в качестве примера рассчитана толщина теплоизоляционного слоя для некоторых конструктивных решений, приведенных в табл. 3, при требуемом сроке службы в 60 лет, табл. 4.

Таблица 4

Требуемая толщина теплоизоляционных слоев для обеспечения 60-летнего срока службы

Номер конструкции по табл. 3	Вид утеплителя	Характеристика конструкции	Ориентация фасада				
			Ю	С	В (З)	ЮВ (ЮЗ)	СВ (СЗ)
1	ППС	$\delta_{m/u}$, мм	144	126	146	146	138
		R_{TO}, м$^2\cdot$°С/Вт	4,32	3,86	4,37	4,37	4,16
2	Минеральная вата	$\delta_{m/u}$, мм	203	162	208	208	190
		R_{TO}, м$^2\cdot$°С/Вт	6,43	5,25	6,57	6,57	6,05
3	ППС	$\delta_{m/u}$, мм	132	124	133	133	129
		R_{TO}, м$^2\cdot$°С/Вт	3,96	3,76	3,99	3,99	3,89

Список библиографических ссылок

1. Александровский С.В. Долговечность наружных ограждающих конструкций. – М.: НИИСФ РААСН, 2003. – 332 с.
2. Ли А.В. Долговечность энергоэффективных полимерсодержащих ограждающих конструкций: дис. ... канд. техн. наук: 05.23.01. – Хабаровск, 2003. – 143 с.
3. Гуюмджян П.П., Коканин С.В., Пискунов А.А. Исследование теплофизических свойств пенополистирола при его старении // Строительство и реконструкция, 2011, № 2. – С. 69-76.
4. Иванцов А.И., Куприянов В.Н. Режим эксплуатации многослойных стеновых ограждающих конструкций как основа прогнозирования их срока службы // Известия КГАСУ, 2014, № 3 (29). – С. 32-40.
5. Иванцов А.И., Куприянов В.Н., Сафин И.Ш. Натурные исследования эксплуатационных воздействий на фасадные системы с различными видами эффективных утеплителей // Жилищное строительство, 2013, № 7. – С. 29-32.
6. Справочное пособие к СНиП 23-01-99* «Строительная климатология». – М.: НИИСФ РААСН, 2006.
7. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Серия 3. Многолетние данные. Части 1-6. Выпуск 12. Татарская АССР... – Л.: Гидрометеоиздат, 1988. – 326 с.

Ivantsov A.I. – assistant
E-mail: ivantsov@kgasu.ru
Kupriyanov V.N. – doctor of technical sciences, professor
E-mail: kuprivan@kgasu.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Predicting the lifetime of the exterior walls of residential buildings by the criterion of the thermal protection

Resume

The exterior walls are an important part of the buildings, which should provide a comfortable environment in the premises during lifetime of the building. Currently, however, the project does not have a set of methods to evaluate the service life of building envelope, although this information should be included in the design documentation of buildings and structures according to the «Technical regulations on safety of buildings and structures» (2009).

This paper describes a method of prediction the lifetime of the exterior walls of residential buildings, developed by the authors. The method is based on determining the time of operation, for which the total thermal resistance of the external wall will be less than the required resistance to heat transfer by the current Regulations. The operating time is determined on the basis of the kinetic theory of aging of heat insulating layer by using basic parameters of the durability of materials: activation energy and durability indicator under thermal aging.

The article justifies the estimating of the mode of operation in which insulation material is aging in exterior walls, by the equivalent temperatures in sections of insulation material.

Keywords: building envelope, the equivalent temperature, the criterion of thermal protection, lifetime, method.

Reference list

1. Aleksandrovskiy S.V. Longevity of external walls. – M.: NIISF RAASN, 2003. – 332 p.
2. Li A.V. Durability of energy efficient polymer-walling: dis. ... cand. tehn. sciences: 05.23.01. – Khabarovsk, 2003. – 143 p.
3. Guyumdzhyan P.P., Kokanin S.V., Piskunov A.A. Study of thermal properties of polystyrene in its aging // Stroitelstvo i rekonstruktsiya, 2011, № 2. – P. 69-76.
4. Ivantsov A.I., Kupriyanov V.N. Operating conditions of multilayer external walls as the basis of their service life prediction // News of the KSUAE, 2014, № 3 (29). – P. 32-40.
5. Ivantsov A.I., Kupriyanov V.N., Safin I.Sh. Field investigations of operational impacts on the facade systems with different kinds of effective heaters // Zhilishchnoye stroitelstvo, 2013, № 7. – P. 29-32.
6. Handbook to SNIP 23-01-99* «Building Climatology». – M.: NIISF RAASN, 2006.
7. Applied research handbook on climate of the USSR. Series 3. Perennial data. Parts 1-6. Issue 12. Tatar ASSR ... – L.: Gidrometeoizdat, 1988. – 326 p.

УДК 624.011.14
Исаев А.В. – кандидат технических наук, доцент
E-mail: isaev@kgasu.ru
Гимранов Л.Р. – кандидат технических наук, старший преподаватель
E-mail: leenur@mail.ru
Вахтель Р.Р. – старший преподаватель
E-mail: v_roman@bk.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1
Харисов И.С. – исполнительный директор
E-mail: zkhnur@gmail.com
ООО «Трансинжком»
Адрес организации: 420107, Россия, г. Казань, ул. Спартаковская, д. 2

Рама из LVL с усиливающим стальным элементом

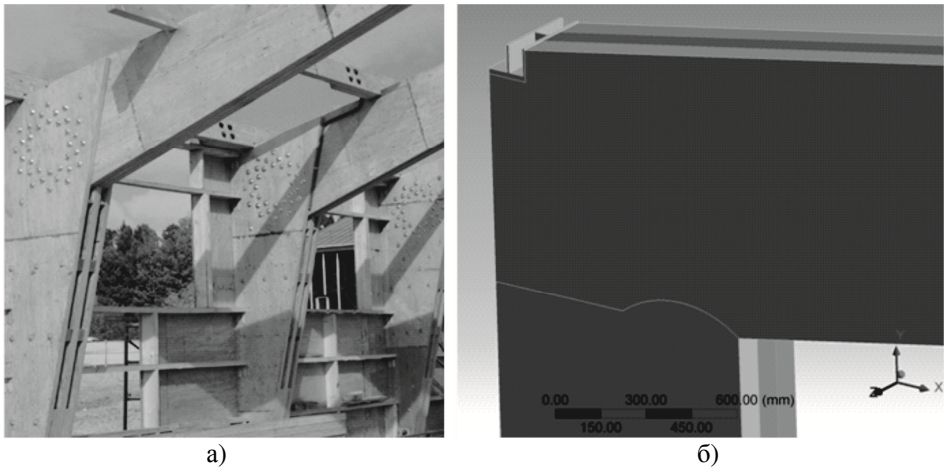
Аннотация

В статье рассматривается трех-шарнирная рама из LVL со стальным усиливающим элементом в стойке, который позволяет в сочетании с конструкцией карнизного узла обеспечивать снижение изгибающего момента в середине пролета ригеля путем его перераспределения в карнизный узел. Величина изгибающего момента в карнизном узле может варьироваться в зависимости от величины преднатяжения усиливающего стального элемента в стойке.

Ключевые слова: LVL, трех-шарнирная рама, конструкция узла.

Клееные деревянные конструкции обладают рядом преимуществ таких как: увеличенная номенклатура поперечных сечений; меньший разброс в показателях механических свойств. К одному из таких видов клееных деревянных конструкций и относится LVL (laminated Veneer Lumber) Ламинированные пиломатериалы из шпона. Конструктивные формы трех-шарнирных рам широко используемых в строительстве с применением LVL включают в себя рамы, жесткость заделки карнизного узла которых, обеспечивается вилочным соединением ригеля и стойки с последующим креплением на болтах рис. 1а.

На базе научно-исследовательского отдела по поиску конструктивных решений ООО «Трансинжком» предложена трех-шарнирная рама из LVL с карнизным узлом представленным на рис. 1б, в котором, усиливающий стальной элемент обеспечивает перераспределение части изгибающего момента с пролета ригеля в карнизный узел.



а) б)

Рис. 1. Карнизные узлы трех-шарнирных рам:
а) повсеместно распространенных; б) новой конструктивной формы

В случае узла имеющего повсеместное распространение распределение напряжений в карнизном узле связано с его конструкцией и вилочным типом соединения. Данный тип соединения приводит к тому, что напряжения в самом нагруженном сечении карнизного узла вынуждены распределятся в сечении меньшим чем в пролете. Другим недостатком этого узла является то, что расположенные по кругу болты крепления ригеля к стойке необходимо считать по зарубежным методикам, вследствие отсутствия отечественных.

Предлагаемый вариант карнизного узла включает следующие мероприятия по восприятию изгибающего момента. Первое – наличие стального элемента, располагаемого в нише стойки, нижний конец которого упирается в ее нижний торец, а верхний защемляет ригель, обеспечивая тем самым восприятие узлом растягивающих напряжений. Второе – сжимающие напряжения воспринимаются врубкой криволинейного очертания. Данное криволинейное очертание врубки позволяет максимально увеличить зону сжимающих напряжений, снижая тем самым их интенсивность. При этом расчет общего вектора распределения контактных напряжений смятия, несущая способность узла криволинейного очертания увеличивается.

Изучение статической работы данной рамы производилось на ПК Ansys в геометрически и физически нелинейной постановке. Условия контакта между стальным элементом усиления и ригелем из LVL подразумевают передачу сжимающих напряжений через непосредственный контакт и образование зазоров, а также трение между поверхностями стального элемента и ригеля из LVL принятого 0,35. Опирание рамы на опоре и в коньковом узле принято шарнирным. Механические свойства LVL задавались с учетом физической нелинейности и анизотропии свойств.

На рис. 2 приведен график распределения сжимающих и растягивающих напряжений по длине ригеля, в случае, когда стальной усиливающий элемент не имеет предварительного натяжения. На рис. 3 приведен график распределения сжимающих и растягивающих напряжений по длине ригеля, в случае, когда стальной усиливающий элемент имеет предварительное натяжение.

Рис. 2. Распределение нормальных напряжений в верхних фибрах и нижних фибрах ригеля в случае отсутствия предварительного натяжения в усиливающем элементе

Перераспределение изгибающего момента в ригеле зависит от усилия предварительного натяжения усиливающего стального элемента. Предварительное натяжение в стальном усиливающем элементе создавалось путем приложения только к этому элементу температурного градиента в $\Delta\ ^0$C. Отрицательный температурный градиент (уменьшение температуры с течением времени) приводит к возникновению усилий предварительного натяжения. С увеличением градиента величина напряжений в опорной зоне увеличивается. На рис. 3 график соответствует температурному градиенту в 52 ^{0}C соответствующий усилию предварительного натяжения N=15000 кг и деформациям по стальному элементу и деревянной врубке соответственно $\delta_{ст}$=2,8 мм, $\delta_{вр}$=2,8 мм. На

рис. 4 представлено распределение напряжений в элементах рамы с предваритьельным напряжением, а на рис. 5 представлен график зависимости напряжений в карнизном узле от величины предварительного натяжения, которое выражается в температурном градиенте. Анализируя этот график можно сделать вывод, что зависимость напряжений на опоре от величины предварительного натяжения является линейной.

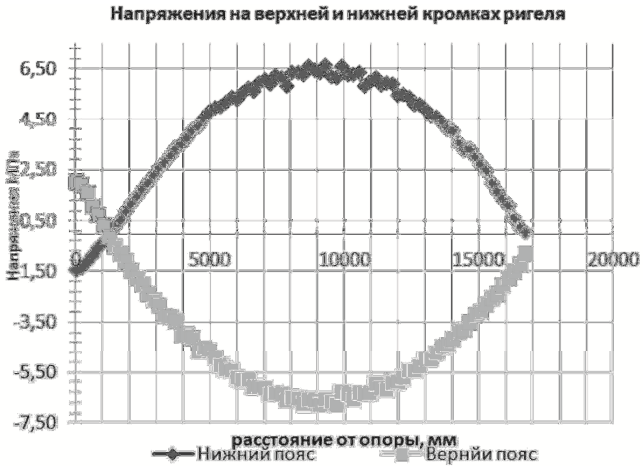
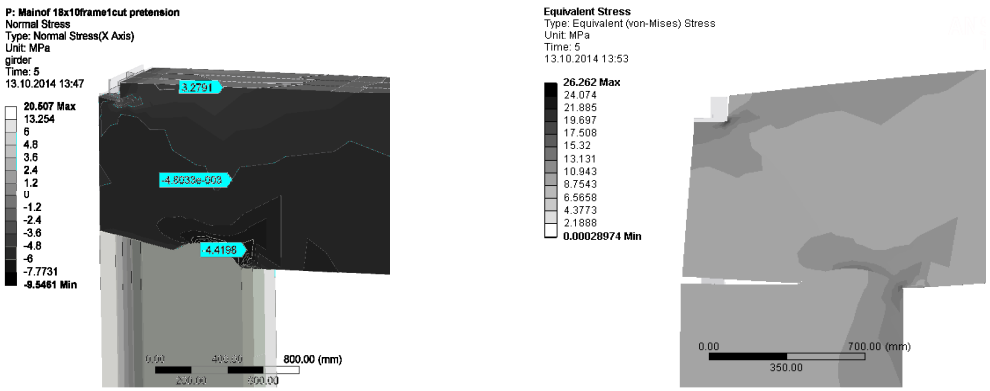


Рис. 3. Распределение нормальных напряжений в верхних фибрах и нижних фибрах ригеля при наличии предварительного натяжения в усиливающем элементе



а) б)

Рис. 4. Распределение напряжений в элементах рамы с предварительным натяжением: а) нормальные напряжения в ригеле; б) эквивалентные напряжения в ригеле и стойке

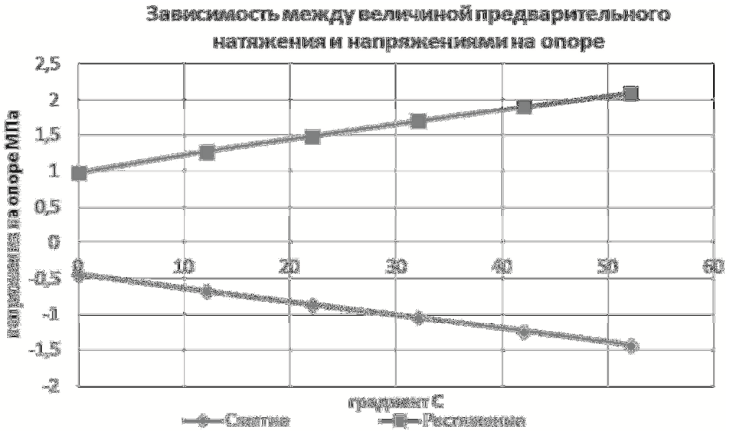


Рис. 5. Зависимость напряжений в карнизном узле от величины предварительного натяжения

Зная сечение ригеля и напряжения на крайних фибрах можно определить изгибающий момент в данном сечении и установить величину изгибающего момента перераспределяемого в карнизный узел, но можно использовать, непосредственно, распределение напряжений.

В схеме с идеально жестким узлом на опоре распределение усилий происходит таким образом, что усилие на опоре превышает усилие в пролете 1,777 раза, т.е. 52,67 т*м и -29,63 т*м соответственно. В случае предложенной рамы с предварительным натяжением карнизный узел воспринимает 34 % от величины пролетного момента следовательно такой узел можно считать полужестким по классификации Еврокод. Изгибающий момент в пролете в таком случае составляет при напряжениях сжатия σ_c = -6,6 МПа и растяжения σ_t= 6,6 МПа:

$$M_{пр} = \sigma_c * b * h^2/6 = 66*30*100^2/6 = 3300000 \text{ кг*см} = 33 \text{ т*м},$$

на опоре:

$$M_{оп} = 11{,}2 \text{ т*м}.$$

Анализируя полученные данные можно заключить следующее:

- предложенная конструкция узла позволяет обеспечивать восприятие карнизным узлом изгибающего момента в пропорции 1:3;
- предложенный узел можно классифицировать как полужесткий;
- величину изгибающего момента перераспределяемого в карнизный узел можно регулировать предварительным натяжением усиливающего элемента;
- зависимость между величиной перераспределяемого момента и величиной предварительного натяжения линейная.

Список библиографических ссылок

1. Свод правил СП 64.13330.2011 Деревянные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-25-80. – М., 2011. – 88 с.
2. Стандарт организации СТО 36554501-021-2010 Деревянные конструкции. Многослойный клееный материал Ultralam из шпона. – М., 2010. – 17 с.
3. Jack Porteus, Abdy Kermani Structural timber design to Eurocode5. Blackwell Publishing 2007. – 555 с.
4. Eurocode 5: Design of timber structures. Part 1-1: General. Common rules and rules for buildings.
5. Laminated veneer lumber (LVL) product review and leading case study // ARCHITECTUREANDDESIGN.COM.AU. интернет-издание Netball Central by Scott Carver. 2014. URL: http://www.architectureanddesign.com.au/news/laminated-veneer-lumber-lvl-product-review-and-lea (дата обращения: 20.09.2014).
6. LVL-брус в частном домостроении. // TALEON-RADING.RU // Новый дом. В новом формате. апрель 2011. URL: http://www.taleon-rading.ru/upload/medialibrary/files/lvl_noviy_dom_2011-4.pdf (дата обращения: 20.09.2014).
7. Солоницын Д.С., Пьянов А.Н. Нормирование расчётных сопротивлений многослойного клеёного из шпона материала Ultralam // Дерево-обрабатывающая промышленность, 2010, спецвыпуск. – С. 20-23.
8. Ковальчук Л.М. Нормирование требований к многослойному клеёному из однонаправленного шпона материалу и конструкциям на его основе // Дерево-обрабатывающая промышленность, 2010, спецвыпуск. – С. 14-20.

Isaev A.V. – candidate of technical sciences, associate professor
E-mail: Isaev@kgasu.ru
Gimranov L.R. – candidate of technical sciences, senior lecturer
E-mail: leenur@mail.ru
Vahtel R.R. – senior lecturer
E-mail: v_roman@bk.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Harisov I.S. – executive director
E-mail: zkhnur@gmail.com
LTD «Transinjkom»
The organization address: 420107, Russia, Kazan, Spartakovskaya st., 2

Three-pin frame with reinforcing steel member

Resume

This paper describes finite element model studies (FEM) of a new three-pin LVL frame with semi rigid eaves joint. There are many timber frames from engineered wood which have dowel cornice joint. For instance there is a conventional joint where its bridle type of connection between girder and column and dowels installed in circle pattern provide its rigidity and make it able to transfer flexural forces from girder to the column. The disadvantage of this type of joint is that because of its bridle type connection a cross-section of the girder and column in the cornice joint area are reduced at 30 and 60 %. The joint offered by constructive research department of the LTD «Transigcom» includes several findings. First is a curved bridle joint, and the second is a reinforcing steel member in the column. Curved bridle joint provides best transfer of the compressive forces and reinforce member provides transfer of the tensile forces from girder to column in the eaves node of frame. Accordingly FEM studies there are several peculiarities in the offered type of frame. These are: dependence between stress values in the cornice joint (amount of bending moment in the node) and pretension value in the reinforcing member of the column; classification of that type of joint as a semi-rigid.

Keywords: LVL, three-pin frame, bridle type joint.

Reference list

1. Set of rules SP 64.13330.2011. Wooden structures. The updated edition of SNIP II-25-80. M., 2011. – 88 p.
2. Standard of organization 36554501-021-2010. Wooden structures. Multilayer laminated material Ultralam veneer. – M., 2010. – 17 p.
3. Jack Porteus, Abdy Kermani Structural timber design to Eurocode 5. Blackwell Publishing, 2007. – 555 p.
4. Eurocode 5: Design of timber structures. Part 1-1: General. Common rules and rules for buildings.
5. Laminated veneer lumber (LVL) product review and leading case study // ARCHITECTUREANDDESIGN.COM.AU. online edition of Netball Central by Scott Carver, 2014. URL: http://www.architectureanddesign.com.au/news/laminated-veneer-lumber-lvl-product-review-and-lea (reference date: 20.09.2014).
6. LVL-beams in the private house building. // TALEON-RADING.RU // New House. In the new format. April 2011. URL: http://www.taleon-rading.ru/upload/medialibrary/files/lvl_noviy_dom_2011-4.pdf (reference date: 20.09.2014).
7. Solonitsyn D.S., Pianoff A.N. Normalization of the calculated resistance multilayer glued veneer material Ultralam // Wood-processing industry, 2010, special issue. – P. 20-23.
8. Kovalchuk L.M. Valuation requirements for multi-layered veneer glued unidirectional materials and designs based on it // Wood-processing industry, 2010, special issue. – P. 14-20.

УДК 692
Ишанова В.И. – аспирант
E-mail: veronika_ishanova@mail.ru
Удлер Е.М. – кандидат технических наук, профессор
E-mail: udler@kgasu.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1

Применение электронной фотографии и машинной графики Автокада в тензометрии тентовых материалов

Аннотация

В статье описаны результаты разработки методики бесконтактной тензометрии тентовых материалов, используемой авторами при изучении их формообразующих свойств. Приводятся некоторые способы измерений деформаций аналогичных материалов в смежных отраслях промышленности. Объясняется необходимость иной методики измерений. Описывается процесс проведения испытаний. Представлены алгоритм и результаты испытаний. Приводится сравнение результатов измерений, выполненных с помощью разрабатываемой методики, с результатами контактных методов измерений. Анализируется точность предлагаемой методики измерения. Представляются графические материалы и таблицы с результатами проделанных исследований.

Ключевые слова: тензометрия, метод измерений, точность измерений, тентовые покрытия, раскрой оболочек сложных форм, сетевой угол, формообразующие свойства материалов, чебышевские сети.

Важной характеристикой экспериментального исследования является его достоверность. Получению достоверных результатов способствует правильный выбор методики измерений.

С задачей выбора способа тензометрии пленочно-тканевых материалов авторы встретились в ходе экспериментальных исследований формообразующих свойств тентовых материалов, описанных в статьях [1, 2]. Целью проведенных исследований являлось определение угловых перекосов между нитями армирования материалов при растяжении под углом. Непосредственное измерение углов оказалось весьма сложным ввиду отсутствия надежных инструментов замера малых угловых деформаций на гибких поверхностях тентовых материалов. В связи с этим авторы заменили инструментальные замеры вычислением углов по результатам измерения линейных деформаций материалов при растяжении под углом. Схема (рис. 1) и формула (1) для вычислений углов приводятся ниже.

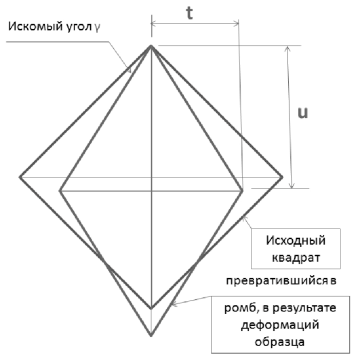


Рис. 1. Схема определения угловых деформаций по линейным

$$tg\gamma = \frac{u-t}{u+t}. \qquad (1)$$

Замена измерений углов расчетом потребовала выбора метода тензометрии пленочно-тканевых материалов. Схожие задачи решаются в швейной и обувной отраслях промышленности. Вопросам деформации за счет изменений углов между нитями в структуре тканей посвящены работы ряда авторов [3-4]. В швейной промышленности, например, изменения сетевого угла в тканях определяется с точностью до 1^0, а значения линейных размеров – с точностью до 0,1 см [5-8]. Такие погрешности измерений не позволяют оценить изменения, происходящие в тентовых материалах, при малых деформациях. Следует отметить, что вследствие гибкости материалов контактные методы замеров деформаций представляют дополнительную сложность их тензометрии.

В связи с выше изложенным, авторы статьи предлагают определять деформации по результатам обработки электронных фотографий средствами машинной графики Автокада. Предлагаемый метод включает в себя два основных этапа: первый – фотографирование образца адекватно установленным электронным фотоаппаратом, второй – обработка выполненных снимков на ЭВМ в программе Автокад.

В целях выявления возможностей предлагаемой методики были проведены сравнительные испытания. Сравнение проводилось с результатами инструментальной тензометрии. Исследовались три типа образцов тентового материала. Они имели одинаковые размеры. На первый образец наносился квадрат со сторонами: 20 мм, на второй – со сторонами 30 мм, на третий – 40 мм. Толщина их линий не превышала 0,1 мм. Стороны квадратов на образцах измерялись контактным методом. Для этих измерений использовался электронный штангенциркуль. Точность такого прибора составляет 0,01 мм. Количество замеров каждого образца – 10. Средние арифметические значения длин сторон ($a_{ср}$, $b_{ср}$, $c_{ср}$, $d_{ср}$) приняты в качестве истинных размеров исследуемых квадратных областей на образцах. Результаты измерений одного образца представлены в табл. 1.

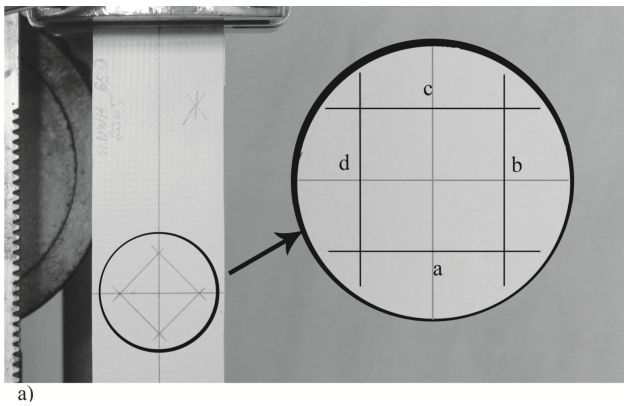
Таблица 1

Результаты контактного метода измерения образцов (для образца 1)

Образец 1											
№ замера	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	**среднее значение**
a, (мм)	20,04	20,08	20,06	20,04	19,99	19,99	19,99	19,99	19,99	20,03	**20,02**
b, (мм)	19,98	19,99	20,02	20,00	20,03	20,04	20,00	20,00	20,00	20,02	**20,01**
c, (мм)	20,01	20,02	20,03	20,05	20,00	20,00	20,02	20,00	20,02	20,03	**20,02**
d, (мм)	20,01	19,99	20,00	20,00	19,99	19,99	19,99	20,04	20,03	20,02	**20,01**

При фотофиксации испытываемые образцы поочередно устанавливались в вертикальное положение на расстоянии 800 мм от фокальной плоскости фотоаппарата. Снимки производились фотоаппаратом с разрешением матрицы 1,8 Мп, с кроп-фактором x1,6 и фокусным расстоянием объектива 50 мм. Настройки фотоаппарата подбирались таким образом, чтобы обеспечить наибольшую четкость снимка (рис. 2а).

Полученные фотографии образцов в формате JPEG импортировались в Автокад для дальнейшей обработки. Проводилась калибровка изображений по заранее известной величине (базису). В качестве базиса принималась средняя величина $a_{ср}$, (табл. 1). В Автокаде чертился отрезок с длиной, равной базису. По опорным точкам этого отрезка выполнялась команда Автокада «**Выравнивание**» для фотоизображения образца (рис. 2 б, в).



а)

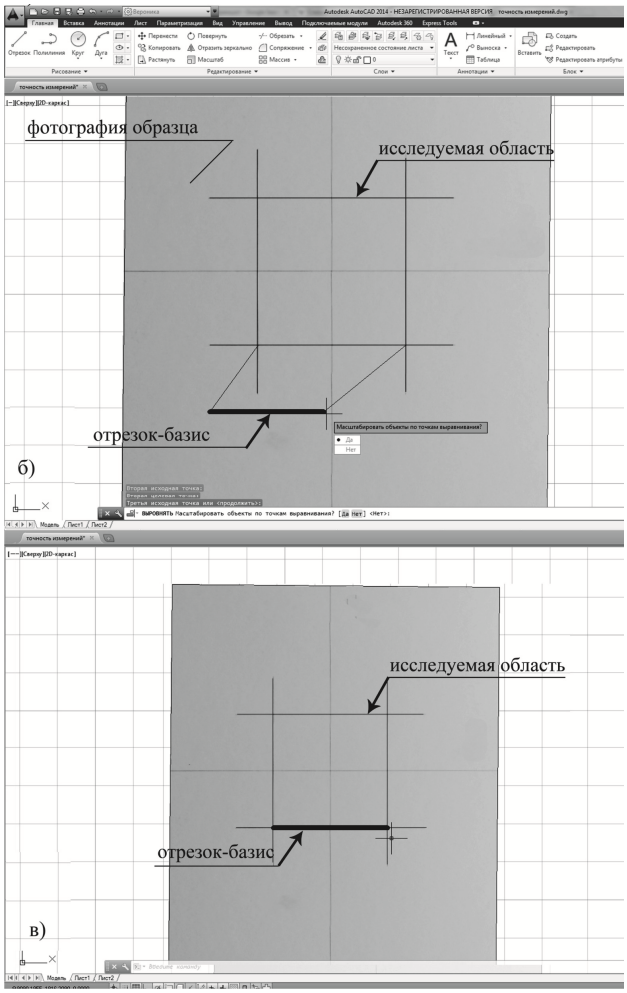


Рис. 2. а – фотография образца (увеличенная часть образца повернута на 45°),
б, в – скриншоты, «выравнивание» фотографии по базису в Автокаде

На изображении образца с помощью примитива Автокада «**Точка**» отмечались оставшиеся два угла исследуемого квадрата. Эти точки соединялись с опорными точками базиса примитивом «**Отрезок**» (рис. 3). Длины полученных отрезков измерялись с помощью инструмента программы «**Параллельный размер**». Количество таких циклов для измерения исследуемых величин – 10. Результаты данных измерений для одного образца приведены в табл. 2 (здесь b’, c’, d’ – измеряемые параметры, a’ совпадает по величине с базисом. Для каждого измеряемого параметра было высчитано среднее арифметическое $b'_{ср}$, $c'_{ср}$, $d'_{ср}$ (последний столбец в табл. 2).

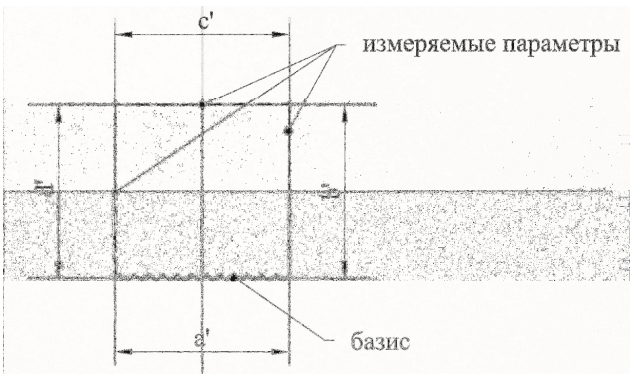


Рис. 3. Схема определения длин сторон по разрабатываемому методу

Таблица 2

Результаты измерения, выполненные с использованием разрабатываемой методики (для образца 1)

Образец 1											
№ замера	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	**среднее значение**
a'(мм)	20,02	20,02	20,02	20,02	20,02	20,02	20,02	20,02	20,02	20,02	**20,02**
b'(мм)	20,00	20,01	20,00	20,00	20,03	20,02	20,04	20,00	19,97	20,04	**20,01**
c'(мм)	20,04	20,03	20,03	20,01	20,02	20,04	20,03	20,03	20,02	20,04	**20,03**
d'(мм)	19,99	19,99	20,00	19,98	20,02	20,00	19,99	20,00	19,99	20,02	**20,00**

Для определения точности измерений, выполненных с помощью предлагаемой авторами методики, было произведено их сравнение с результатами, полученными контактным методом. В результате относительная погрешность измерений, высчитанная по формуле (2) для каждого из трех образцов не превысила 0,005 мм (табл. 3):

$$\delta_x = \frac{\Delta x}{x}, \qquad (2)$$

где δ_x – относительная погрешность проведенных измерений, Δx – разница между размерами исследуемого квадрата, измеренные контактным методом, и размерами, полученными с помощью предлагаемой методики, x – истинный размер стороны исследуемого квадрата на образце.

Таблица 3

Результаты сравнения измерений

Образец 1			Образец 2			Образец 3		
$x_{1ср}$, (мм)	$x'_{1ср}$, (мм)	δ_x	$x_{1ср}$, (мм)	$x'_{1ср}$, (мм)	δ_x	$x_{1ср}$, (мм)	$x'_{1ср}$, (мм)	δ_x
20,02	20,02	**0**	30,02	30,02	**0**	40,03	40,03	**0**
20,01	20,01	**0,0001**	30,02	30,04	**0,0004**	40,01	40,08	**0,0017**
20,02	20,03	**0,0005**	30,03	30,05	**0,0007**	40,02	40,10	**0,0018**
20,01	20,00	**0,0004**	30,03	30,00	**0,0008**	40,02	40,00	**0,0003**

Стоит отметить, что наиболее точными оказались измерения для образца с меньшей исследуемой областью.

В результате проведенных исследований можно сделать вывод о пригодности предлагаемой бесконтактной методики определения деформаций тентовых тканей, как обеспечивающей необходимую точность измерений.

Список библиографических ссылок

1. Ишанова В.И., Удлер Е.М. Возможности формообразования тентовых материалов // Известия КГАСУ, 2013, № 4 (26). – С. 107-112.
2. Ишанова В.И. Некоторые результаты исследования формообразующих свойств тентовых материалов // Труды научного форума «Великие реки», ННГАСУ, 2014.
3. Чебышев П.Л. О кройке одежды // Полное собрание сочинений. Том V. – М., 1955. – 220 с.
4. Степанов С.Е. О кройке одежды по Чебышеву // Саровский образовательный журнал, № 7, 1988. – С. 122-127.
5. ГОСТ 8846-87 Методы определения линейных размеров, перекоса, числа петельных рядов, и петельных столбиков и длины нитей в петле // Государственный комитет по стандартам. – М.
6. ГОСТ 14067-91 Материалы текстильные. Метод определения величины перекоса. // Государственный комитет по стандартам. – М.

7. Смирнова Н.А., Иванова О.В., Смирнов А.В., Серикова С.Д., Тугунова Е.И. Способ определения анизотропии драпируемости // Патент РФ № 2255335, 2004.
8. Лапшин В.В., Смирнова Н.А., Лапшин Ю.В., Шелушкова И.А., Морилова Л.В. Способ определения формовочных свойств текстильных материалов // Патент РФ № 2281499, 2004.

Ishanova V.I. – post-graduate student
E-mail: veronika_ishanova@mail.ru
Udler E.M. – candidate of technical sciences, professor
E-mail: udler@kgasu.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

The use of electronic photography and computer graphics in AutoCAD in strain measurement of awning materials

Resume

This article describes the results of the development of non-contact strain measurement techniques used by the authors in the study of their formative properties. There are some of the ways to measure the deformation of similar materials in related industries. The need for different method of measurement explained. Algorithm and test results are presented. The technique developed by the authors includes two main stages. The first stage – the making images of the sample, the second - processing the pictures on the computer program AutoCAD. The resulting sample photos in JPEG format imported into AutoCAD for further processing. Images on a pre-known value (basis) ware calibrated. By using some of the tools in AutoCAD observable quantities have been measured.

Presented comparison of the results of measurements made with the help of the developed methodology with the results of the contact methods of measurement. Contact method of measurement is taken by measuring observable quantities by an electronic caliper. We analyze the accuracy of the proposed method of measurement. Drawings and tables with the result of this investigation was submitted.

Keywords: tent strain measurement, method of measurement, accuracy, awning cover, cutting of complex shaped shells, mesh angle, shaping properties of materials, mesh shells, a network of Chebyshev.

Reference list

1. Ishanova V.I., Udler E.M. The possibility of formation of awning materials // News of the KSUAE, 2013, № 4 (26). – P.107-112
2. Ishanova V.I. Some results of the study of forming properties of awning materials // Works Science Forum «Velikie reki», NNGASU, 2014.
3. Chebyshev P.L. On the cutting of clothes. // Complete Works. Volume V. – M., 1955. – 220 p.
4. Stepanov S.E. On the cutting clothes as Chebyshev // Sorov Educational Journal, № 7, 1988. – P. 122-127.
5. GOST 8846-87 Methods for determination of the linear dimensions, skew, number of rows of hinged and wales and the length of yarn in the loop // State Committee on Standards. – M.
6. GOST 14067-91 Textiles. The method of determining the value of the skew. // State Committee for Standards. – M.
7. Smirnova N.A., Ivanova O.V., Smirnov A.V., Serikova S.D., Tugunova E.I. A method for determining the anisotropy of the drape // RF patent № 2255335, 2004.
8. Lapshin V.V., Smirnova N.A., Lapshin Y.V., Shelushkova I.A., Morilova L.V. A method for determining the molding properties of textile materials // RF patent № 2281499, 2004.

УДК 69.059.3
Соколов Б.С. – доктор технических наук, профессор
E-mail: sokolov@kgasu.ru
Павлов В.В. – кандидат технических наук, доцент
E-mail: newtura@mail.ru
Хорьков Е.В. – ассистент
E-mail: evg-ne@mail.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1

Экспериментальные исследования работы кирпичных арок при вертикальной подвижке опор

Аннотация
В работе представлены результаты экспериментальных исследований деформативности каменных арок на известково-песчаных растворах при нормальной работе с введением фактора разрушения (вертикальной подвижки опоры). В исследовании были проведены численные и физические эксперименты. Также в статье приведены результаты натурного обследования подвального этажа здания бывшей гостиницы «Казань» по улице Баумана. Проведенное исследование позволило определить деформативность и характер трещинообразования каменой арки.
Ключевые слова: распорная система, арка, свод, осадка.

Строительство каменных зданий и сооружений на Руси началось в X веке. С тех пор в качестве перекрытий зданий в основном были использованы кирпичные своды, большинство из которых просуществовало до наших дней. В связи с этим возникают вопросы по усилению таких конструкций, с целью сохранения их несущей способности для дальнейшей эксплуатации.

При натурном обследовании подвального этажа здания бывшей гостиницы «Казань» по улице Баумана (рис. 1) были выявлены основные причины разрушений и деформаций каменных распорных систем, а именно горизонтальная и вертикальная подвижка опор.

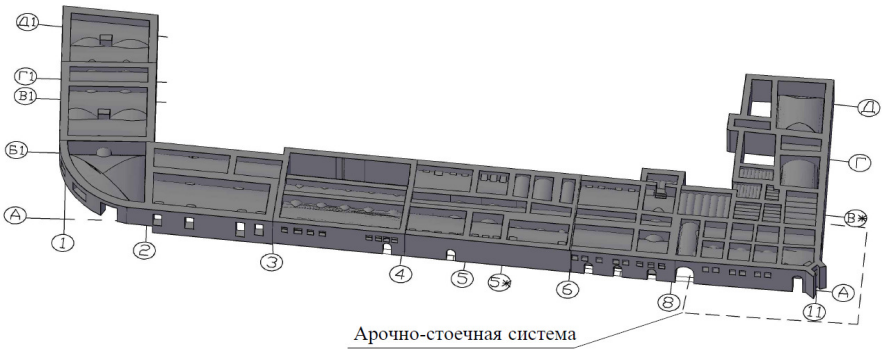


Рис. 1. Схема подвального этажа гостиницы «Казань»

Вертикальное перемещение пяты свода возможно при просадке или разрушении опоры (центрального столба, стены), а также при растеске большого дополнительного проема под пятой свода, например при уничтожении простенка между распалубками [1].

Примером, подтверждающим данное высказывание, о причинах возникновения вертикального перемещения пяты свода, могут послужить результаты обследования одной из частей подвального комплекса (рис. 1). Данная часть является арочно-стоечной системой, во многом напоминающей крестово-купольную, но с целым рядом отличий (рис. 2). В ходе обследования были выявлены основные повреждения системы, а именно косые падающие

трещины в боковых подпружных арках (рис. 2, 3). Такие дефекты являются характерным внешним признаком просадки центральных столбов вследствие естественной разности осадок ленточных и столбчатых фундаментов несущих конструкций.

Рис. 2. Дефектная схема перекрытия арочно-стоечной системы

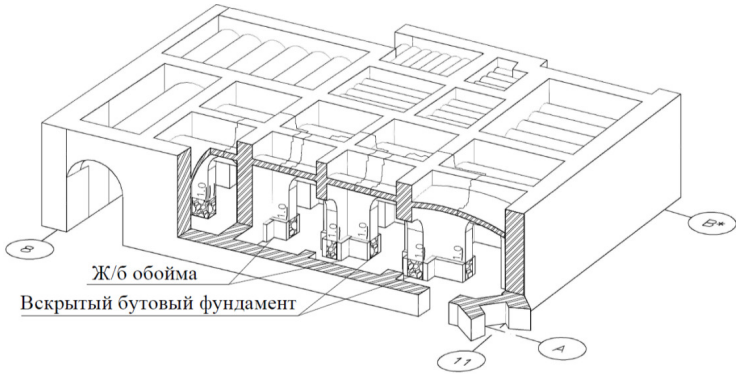


Рис. 3. Дефекты арочно-стоечной системы

Одной из задач экспериментального исследования работы каменных распорных систем, проводимого на кафедре ЖБ и КК КГАСУ, является изучение влияния вертикальной подвижки опоры свода на деформативность и характер трещинообразования каменной арки с целью выявления наиболее опасных факторов влияющих на работу каменных распорных систем для дальнейшего исследования.

Перед проведением экспериментальных исследований работы кирпичных арок были проведены численные исследования с использованием программного комплекса Лира 9.6., основной целью которых явилось изучение напряжённо-деформированного состояния конструкций перекрытий без повреждений и с фактически обнаруженными повреждениями при воздействии фактора разрушения (вертикальной подвижки опоры).

Для подтверждения результатов численных исследований была разработана программа проведения физического эксперимента, результаты которого приведены ниже.

Целью исследования является получение экспериментальных данных о деформативности и характере трещинообразования кирпичных арок на известково-песчаных растворах с ведением фактора разрушения (вертикальной подвижки опоры).

В рамках исследования были поставлены следующие задачи:

1. Исследовать деформативность арок на известково-песчаных растворах при нормальной работе с введением фактора разрушения (вертикальной подвижки опоры).

2. Определить характер трещинообразования арок на всех стадиях работы.

В лабораторных условиях были изготовлены кирпичные арки из керамического кирпича по ГОСТ 530-2012 на известково-песчаном растворе марки М4, с геометрическими характеристиками представленными на рис. 4. При возведении таких конструкций были соблюдены технологические требования изложенные в [2]. Для имитации изменения жёсткости опорного контура (податливости опор), была выбрана их вертикальная подвижка (осадка), которая создавалась с помощью специально разработанной установки, представляющей собой площадку на четырех резьбовых стержнях. Подвижка (осадка) осуществлялась собственной массой арки, путем постепенной и контролируемой регулировкой винтов (рис. 5).

Для измерения вертикальных перемещений арки были установлены индикаторы часового типа (№ 1, № 2, № 3) в трех местах (рис. 4, 5). Величина вертикальной подвижки опоры арки измерялась также индикатором часового типа (№ 4), установленном на подвижной опоре (рис. 5).

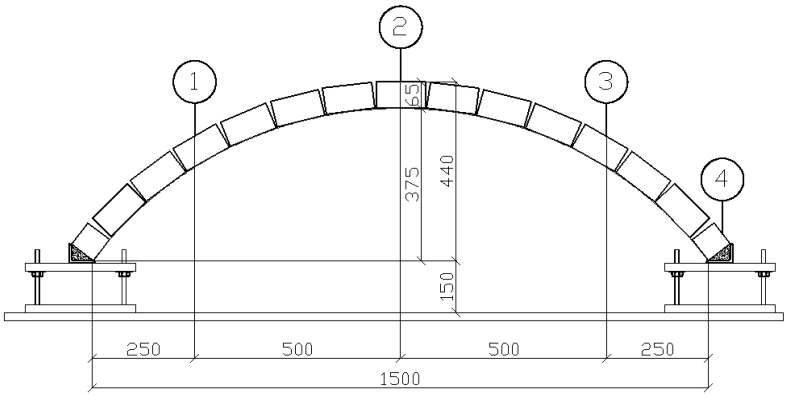


Рис. 4. Геометрические размеры арки.
Наименования и места установки индикаторов часового типа

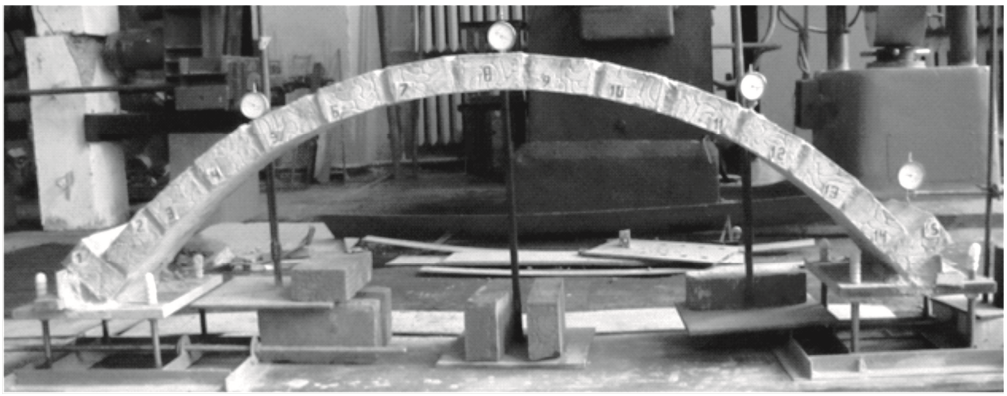


Рис. 5. Установка для испытания каменной арки на вертикальную подвижку опоры

После каждого этапа вертикальной подвижки пяты производился тщательный осмотр конструкции для выявления как вновь появившихся повреждений, так и степени развития уже имеющихся.

Ниже представлена таблица с результатами экспериментальных исследований кирпичной арки на известково-песчаном растворе при вертикальной подвижке пяты (расположение индикаторов № 1, 2, 3 показано на рис. 4). Нумерация этапов в таблице соответствует каждой подвижке опоры.

Таблица

Результаты экспериментальных исследований кирпичной арки на известково-песчаном растворе при вертикальной подвижки пяты (осадке)

№ этапа	Вертикальная подвижка опоры, мм	Показания индикаторов, мм			№ этапа	Вертикальная подвижка опоры, мм	Показания индикаторов, мм		
		№ 1	№ 2	№ 3			№ 1	№ 2	№ 3
1	1,03	0,1	0,54	0,54	26	26	13,5	13,58	17
2	2	0,12	0,64	0,73	27	27	13,2	14,19	17,64
3	3	0,44	0,57	0,92	28	28	12,62	14,85	18,32
4	4	0,42	1,02	0,85	29	29	12,62	15	19,55
5	5	0,88	1,74	0,86	30	30	12,05	15,77	20,33
6	6	1,55	2,35	1,67	31	31	11,76	16,65	20,96
7	7	2,37	2,87	2,28	32	32	11,75	17,1	21,85
8	8	3,21	3,55	3,5	33	33	11,29	17,55	22,57
9	9	3,74	4,19	4,54	34	34	10,98	18,2	23,32
10	10	3,65	4,68	5,06	35	35	10,75	18,7	24
11	11	4,41	5,19	5,96	36	36	10,45	19,4	24,9
12	12	5,15	5,82	6,67	37	37	10,24	19,87	25,6
13	13	5,92	6,25	7,63	38	38	9,98	20,44	26,36
14	14	6,73	6,76	8,04	39	39	9,85	20,87	26,9
15	15	7,46	7,34	8,89	40	40	9,67	21,25	27,52
16	16	8,04	7,85	9,65	41	41	9,27	21,79	28,35
17	17	8,73	8,34	10,19	42	42	9,07	22,33	28,93
18	18	9,41	9,13	10,97	43	43	8,82	22,77	29,7
19	19	10,08	9,72	11,53	44	44	8,66	23,21	30,48
20	20	10,65	10,42	12,47	45	45	8,5	23,65	31,16
21	21	11,4	10,97	13,2	46	46	8,04	24,2	31,9
22	22	12,1	11,53	14	47	47	7,9	24,72	32,5
23	23	12,73	12,18	14,95	48	48	7,58	25,3	33,6
24	24	13,61	12,6	15,69	49	49	7,25	25,88	33,89
25	25	13,5	13	16,06	50	50	7,12	26,3	34,42

В ходе проведения эксперимента было определено, что при вертикальной подвижке опоры арки (осадка до 14 мм) она поворачивается относительно своей неподвижной пяты без образования трещин. При величине осадки более 14 мм появляются первые трещины в области щелыги на нижней поверхности арки шириной раскрытия 0,05 мм (рис. 6). Прогиб арки при этом составляет 6,5 мм. При осадке опоры равной 24 мм, правая часть арки (индикатор № 1), имея вертикальное перемещение вниз равное 13,61 мм, начинает подниматься с появлением и дальнейшим раскрытием трещин на верхней поверхности арки. Левая (индикатор № 3) и центральная части (индикатор № 2) продолжают равномерно опускаться с развитием трещин по нижней поверхности арки.

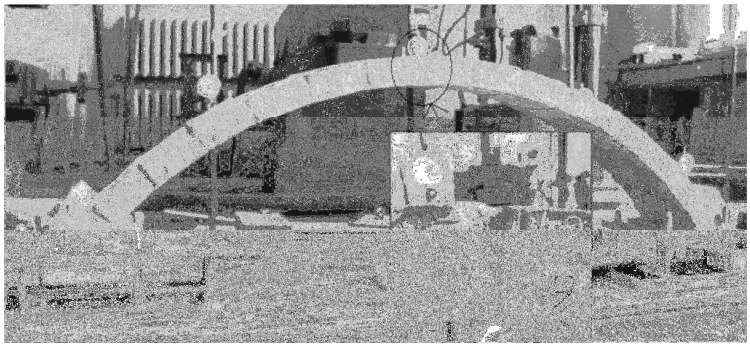


Рис. 6. Образование трещины в области щелыги арки
при вертикальной подвижке (осадке) опоры 20 мм

По результатам испытаний трех серий кирпичных арок была построена сравнительная диаграмма зависимости между величиной вертикальной подвижки (осадке) и вертикальными перемещениями в трех точках (рис. 7).

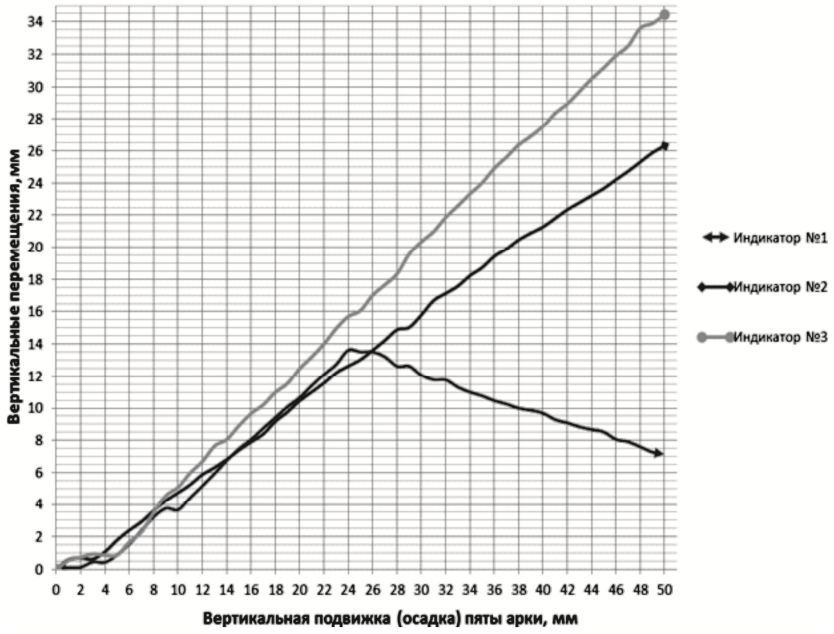


Рис. 7. Диаграмма вертикальных перемещений арки при вертикальной подвижке опоры.
Обозначение и расстановка индикаторов на рис. 4

Сравнивая результаты диаграммы можно сделать следующие выводы:

Характер вертикальных перемещений арки при осадке до 14мм, имеет неопределенную зависимость. При значении осадки в пределах от 16 до 24 мм величины перемещений имеют четкую линейную зависимость и постоянный рост. Далее при величине осадки более 24 мм характер деформирования арки резко меняется, о чем свидетельствует изменение роста значений индикатора № 1.

По результатам испытаний было определено, что механизм разрушения арки при вертикальной подвижке сводится к образованию трех шарниров между четырех независимых блоков арки меняющих свое положение относительно друг друга и тем самым приводящих к дальнейшей потере устойчивости арки.

Список библиографических ссылок

1. Бессонов Г.Б. Исследование деформаций, расчет несущей способности и конструктивное укрепление древних распорных систем. – М.: Союзреставрация, 1989. – 171 с.
2. АХЦ «АРХХРАМ» Православные храмы. Том 2. Православные храмы и комплексы. Пособие по проектированию и строительству (к СП 31-103-99) МДС 31-9.2003.
3. Соколов Б.С., Антаков А.Б. Исследования сжатых элементов каменных и армокаменных конструкций. – М.: Издательство АСВ, 2010. – 104 с.
4. Отчет по обследованию технического состояния конструкций каменных стен и каменных перекрытий цокольной части здания бывшей гостиницы «Казань», расположенного по адресу: г. Казань, ул. Баумана, д. 9/15. – Казань.: ООО «Исследование», 2010. – 63 с.
5. Бернгард В.Р. Арки и своды. Руководство к устройству и расчету арочных и сводчатых перекрытий. – СПб.: Типография Ю.Н. Эрлих, 1901. – 128 с.
6. Кривошеин Н.К. Расчет упругих сводов. Расчет упругих сводов по методу предельного равновесия. – Петроград: Типография Бенке, 1918. – 42 с.
7. Пашкин Е.М., Бессонов Г.Б. Диагностика деформации памятников архитектуры. – М.: Стройиздат, 1984. – 151 с.
8. Физдель И.А. Дефекты и методы их устранения в конструкциях и сооружениях. – М., Стройиздат, 1970. – 175 с.
9. Лахтин Н.К. Расчет арок и сводов. Руководство к аналитическому и графическому расчету арочных и сводчатых перекрытий. – М.: Студенческое Издательское Общество при Императорском Техническом Училище, 1911. – 468 с.
10. Красовский А.К. Гражданская архитектура. Части зданий. Сочинение Аполлинария Красовского. – СПб.: Типография А.А. Левенсон, Петровка, Рахмановский переулок, собственный дом, 1851. – 586 с.

Sokolov B.S. – doctor of technical sciences, professor
E-mail: sokolov@kgasu.ru
Pavlov V.V. – candidate of technical sciences, associate professor
E-mail: newtura@mail.ru
Khorkov E.V. – assistant
E-mail: evg-ne@mail.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Experimental research of strengthening brick arches functioning according to vertical slip of pillar

Resume

The research objective is receiving experimental data about the deformation and character of cracking in masonry arches. In moving the end support it reveals the weak points that cause arch failure. This is checked by the removal of the end joint support. It is at this point dead load (of the arch) creates the emergence of cracking which reveals how damages occurs in the arch itself. A masonry arches were made in laboratory conditions, bricks and mortar were taken in accordance with GOST. Draft was formed with the help of specially designed equipment. The experiment has a several stages. After each stage, thorough inspection of the structure to identify emerging injury and the degree of development of the existing ones was carried out. A masonry arch has three hinges between four independent arch blocks which creates a draft action. This causes the arch to lose its stability. By the results of the test it is possible to understand where the cracking occurs that weakens the masonry system.

Keywords: an arch, the destruction factor, a support motion.

Reference list

1. Bessonov G.B. Research of deformations, calculation of bearing ability and constructive strengthening of ancient systems. – M.: Soyusrestovratsiya, 1989. – 171 p.
2. ACC «ARHHRAM» Pravoslavic churches. Volume 2. Orthodox churches and complexes. Manual on design and construction (to SP 31-103-99) MDS 31-9.2003 2003.
3. Sokolov B.S., Antakov A.B. Research masonry and reinforced masonry structures. – M.: Publishing ACB, 2010. – 104 p.
4. Report on the survey of masonry walls and floors of the hotel «Kazan» basement, located at: Kazan, Bauman st., 9/15. Kazan.: LLC «Research», 2010. – 63 p.
5. Berngard V.R. Archs and Vaults. Guide to the device and calculating arched and vaulted ceilings. – SPb.: Typography U.N. Erlich, 1901. – 128 p.
6. Krivoshein N.K Calculation of elastic arches. Calculation of elastic arches on the limit equilibrium method. – Petrograd: Typography Behnke, 1918. – 42 p.
7. Pashkin E.M., Bessonov G.B. Diagnosis deformation monuments. – M.: Stroyizdat, 1984. – 151 p.
8. Fizdel I.A. Defects and methods in designs and constructions. – M.: Stroyizdat 1970. – 175 p.
9. Lahtin N.K. Calculation of arches and vaults. Guide to the analytical and graphical calculation arched and vaulted ceilings. – M.: Publishing Student Society at the Imperial Technical School, 1911. – 468 p.
10. Krasovsky A.K Civil architecture. Parts of buildings. – SPb.: Typography A.A. Levenson, 1851. – 586 p.

УДК 624.012.4-183.2, 624.044:539.384
Соколов Б.С. – доктор технических наук, профессор
E-mail: sokolov@kgasu.ru
Радайкин О.В. – кандидат технических наук, старший преподаватель
E-mail: olegxxii@mail.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1

К расчёту прогибов изгибаемых железобетонных элементов с учётом совместного действия изгибающих моментов и перерывающих сил с использованием нелинейной деформационной модели

Аннотация
Целью работы ставилось определение прогибов изгибаемых железобетонных элементов с учётом совместного действии изгибающих моментов и перерезывающих сил по нелинейной деформационной модели. Для этого с использованием ПК математического анализа *MathCAD* разработан алгоритм расчёта бетонных и железобетонных балок, учитывающий также схему нагружения, нелинейные свойства бетона и арматуры, а также появление и развитие нормальных трещин. Алгоритм позволяет использовать диаграммы состояния бетона, полученные авторами ранее.
Ключевые слова: железобетон, пролёт среза, изгибающий момент, перерезывающая сила, прогиб.

Перспективность применения нелинейной деформационной модели для расчёта железобетонных конструкций на всех стадиях работы – от начала нагружения вплоть до разрушения – неоднократно отмечалась в статьях авторов [1-5], а также другими исследователями. При этом в подавляющем большинстве случаев расчёт изгибаемых элементов с использованием этой модели ведётся только на действие изгибающих моментов, а перерезывающие силы не учитывают, что принято в СП 63.13330.2012. Однако в некоторых железобетонных конструкциях, например, в подкрановых балках, стропильных конструкциях с подвесным транспортным оборудованием, влияние перерезывающей силы может оказаться определяющим. В связи с этим целью данной работы ставилось определение прогибов изгибаемых железобетонных элементов с учётом совместного действии изгибающих моментов и перерезывающих сил по нелинейной деформационной модели.

В работе [1] жёсткость, по которой вычисляются прогибы, для элементов без предварительного напряжения арматуры определялась в зоне чистого изгиба с использованием трёх видов диаграмм – СП 52-01-2003, EuroCod-2 и [2]. В развитие полученных результатов выполнен расчёт прогибов рассмотренных элементов, но с учётом действия перерезывающих сил:

$$f = f_M + f_Q, \tag{1}$$

$$f_M = \int_0^l \bar{M} \frac{1}{r} dx, \tag{2}$$

$$f_Q = \int_0^l \bar{Q} \gamma_{xy}^{\max} dx. \tag{3}$$

В качестве примера рассмотрена шарнирно опёртая балка, нагруженная двумя сосредоточенными силами, расположенными симметрично относительно середины пролёта (рис. 1). Геометрические и физические характеристики сечения балки приняты аналогичными элементу из работы [1]: размеры сечения $b \times h$=0,2x0,4 м, длина l=3 м (l/h=7,5), «пролёт среза» – a=1 м (a/h=2,5), бетона В25, два различных варианта армирования: 2∅18 А400 (μ=0,63 %) и 3∅28 А400 (μ=2,31 %). В «пролёте среза» балки проведено два сечения – «а-а» и «б-б» – соответственно на участке без трещин и на участке с трещинами. Схема деформаций и напряжений для этих сечений показана на рис. 2, что основано на анализе напряжённо-деформированного состояния изгибаемых

конструкций в «пролёте среза», выполненном в работе [5]. При этом влияние наклонных трещин в приопорной зоне в данной статье не рассматривается. Этому вопросу будут посвящены дальнейшие публикации.

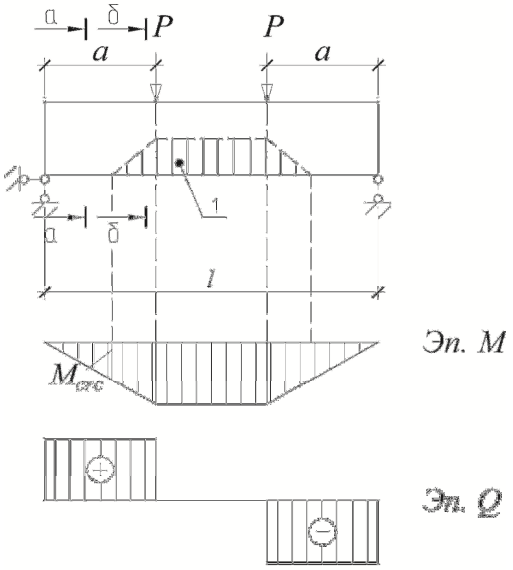


Рис. 1. Схема нагружения балки и зона развития трещин (1)

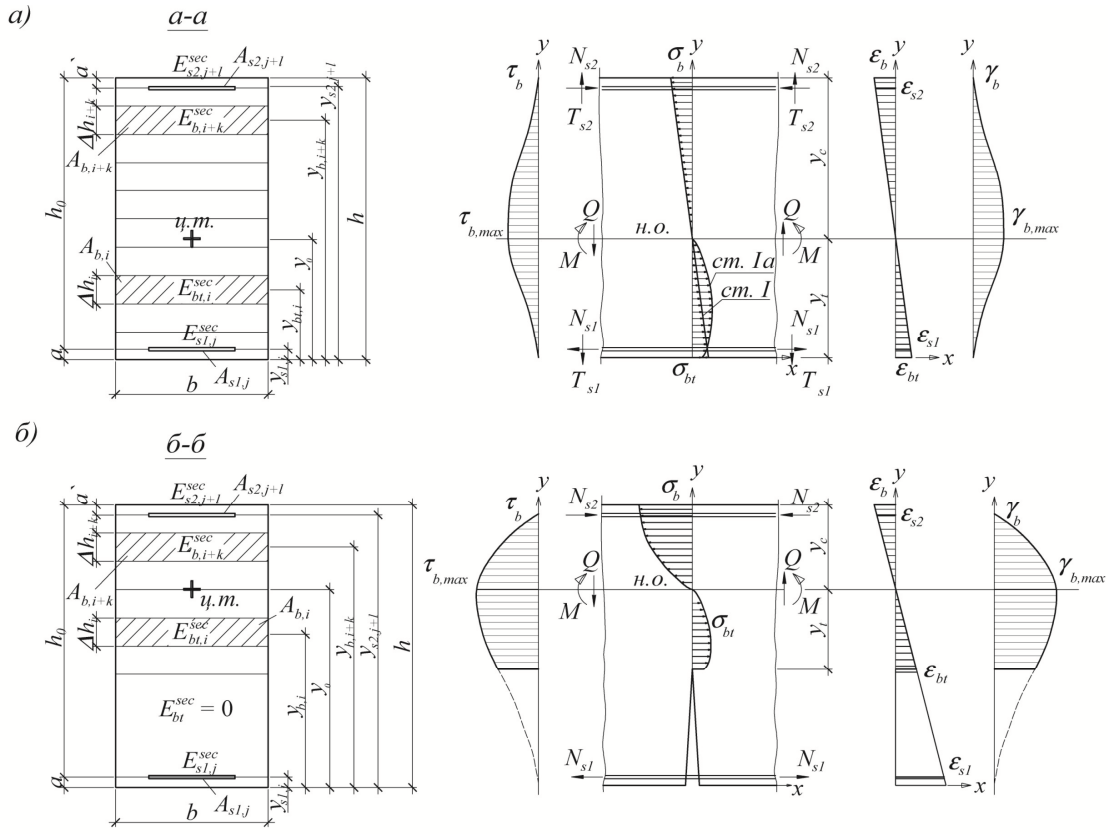


Рис. 2. Схема распределения деформаций и напряжений по сечению балки:
а – до образования; б – после образования нормальной трещины

Отличие предложенной расчётной схемы от принятой в СП 63.1330.2012 в том, что кроме продольных деформаций ε_b в сечении учитываются и сдвиговые – γ_b, обусловленные действием перерезывающих сил. Сдвиговые деформации, в свою очередь, вызывают в бетоне касательные напряжения τ_b. Анализ литературы [6, 7 и др.] показал,

что за редким исключением, зависимостям «τ_b-γ_b» не уделяется должного внимания – это не позволяет довести их до конечных расчётных выражений и использовать в практических расчётах. Поэтому возникает необходимость в нормировании диаграмм деформирования бетона при сдвиге.

Одним из путей решения поставленной задачи является получение зависимостей «τ_b-γ_b» расчётным способом по опытным данным при испытаниях бетонных призм на сжатие. При этом по мере нагружения образцов необходимо фиксировать продольные и поперечные относительные деформации бетона – ε_b и ε'_b. Тогда, применяя известные выражения, искомые параметры для описания диаграмм можно получить по следующему алгоритму:

$$\nu = \frac{\varepsilon'_b}{\varepsilon_b} \rightarrow \gamma_b = (1+\nu)\varepsilon'_b \rightarrow E_b^{\sec} = \frac{\sigma_b}{\varepsilon_b} \rightarrow G_b^{\sec} = \frac{E_b^{\sec}}{2(1+\nu)} \rightarrow \tau_b = G_b^{\sec}\gamma_b, \qquad (4)$$

где ν – коэффициент поперечных деформаций; $E_b^{\sec}$, $G_b^{\sec}$ – соответственно секущие модуль деформаций и модуль сдвига.

На рис. 3б показана кривая, построенная по предложенному алгоритму (4) на основе экспериментальных данных [8], которая использована в расчётах прогибов.

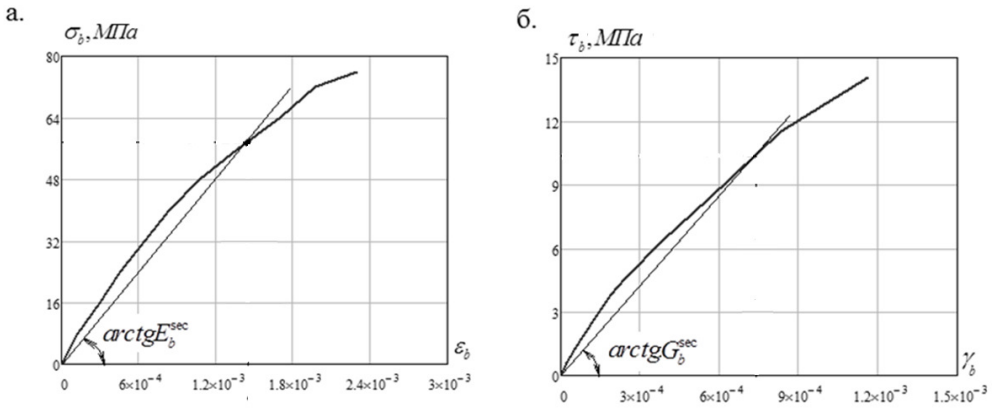


Рис. 3. Диаграммы деформирования для тяжёлого бетона класса В100: а – «σ_b-ε_b»; б – «τ_b-γ_b»

Изменение коэффициента поперечных деформаций бетона ν по мере нагружения образца показано на рис. 4.

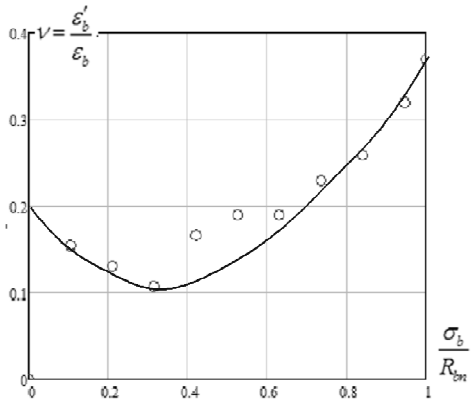


Рис. 4. Изменение коэффициента поперечных деформаций «ν»
по мере нагружения сжатой призмы из бетона класса В100

Из рис. 3, 4 видно, что диаграмма «τ_b-γ_b» геометрически близка диаграмме «σ_b-ε_b», а коэффициент поперечных деформаций ν изменяется от 0,2 до 0,37 по мере нагружения по нелинейному закону. Подобные результаты получены также для других классов бетона.

Основные этапы алгоритма расчёта жёсткости, кривизны и компонент напряжённо-деформированного состояния железобетонных сечений (рис. 2) с учётом совместного

действия изгибающих моментов и перерезывающих сил на всех этапах нагружения элемента – от нуля вплоть до разрушения – представлены в табл. 1.

Таблица 1

Сокращённый алгоритм расчёта жёсткости железобетонных сечений

№ п/п	Описание этапа	Основные расчётные выражения и величины
1.	По заданному классу прочности бетона и арматуры и соответствующим нормативным прочностным и деформационным характеристикам материалов строятся диаграммы деформирования: для арматуры – двухлинейная Прандтля, для бетона криволинейные по [1-3]	«σ_b-ε_b», «σ_{bt}-ε_{bt}», «τ_b-γ_b», «σ_s-ε_s», «σ_{sc}-ε_{sc}»
2.	Сечение разбивают по высоте на полосы ($n\geq 10$) – составляют расчётную схему рис. 1	$n,\ y_{bt,i},\ y_{b,i+k}$
3.	По приближённым формулам вычисляют кривизну сечения и центр тяжести приведённого сечения, который определяет положение нейтральной оси, и секущий модуль сдвига. Это первое приближение итерационного процесса вычисления	$\frac{1}{r}=\frac{12M}{E_b bh^3},\ y_0=\frac{h}{2},$ $G_b^{\text{sec}}=\frac{E_b}{2(1+\nu)}\approx 0{,}417E_b$
4.	Задаются числом итераций (последовательных приближений) – рекомендовано не менее 20	m
5.	Используя гипотезу плоских сечений, вычисляют относительные деформации в бетоне и арматуре	$\varepsilon=\frac{1}{r}(y_0-y)$
6.	По формуле Журавского определяют угол сдвига	$\gamma_b=\frac{6Q}{G_b^{\text{sec}}bh^3}\left[(h-y_0)^2-(y_0-y)^2\right]$
7.	По диаграммам деформирования «σ_b-ε_b», «σ_{bt}-ε_{bt}», «τ_b-γ_b», «σ_s-ε_s», «σ_{sc}-ε_{sc}» вычисляют соответствующие напряжения в бетоне и арматуре	$\sigma_b,\ \sigma_{bt},\ \tau_b,\ \sigma_s,\ \sigma_{sc}$
8.	Вычисляют секущие модули бетона и арматуры	$E_b^{\text{sec}}=\frac{\sigma_b}{\varepsilon_b},\ E_b^{\text{sec}}=\frac{\sigma_{bt}}{\varepsilon_{bt}},\ G_b^{\text{sec}}=\frac{\tau_b}{\gamma_b},$ $E_s^{\text{sec}}=\frac{\sigma_s}{\psi_s\varepsilon_s},\ E_{sc}^{\text{sec}}=\frac{\sigma_{sc}}{\varepsilon_{sc}}$
9.	Уточняют положение нейтральной оси	$y_0=\frac{\sum_{i=0}^{n-1}E_{b,i}^{\text{sec}}S_{b,i}+E_s^{\text{sec}}S_s+E_{sc}^{\text{sec}}S_{sc}}{\sum_{i=0}^{n-1}E_{b,i}^{\text{sec}}A_{b,i}+E_s^{\text{sec}}A_s+E_{sc}^{\text{sec}}A_{sc}}$
10.	Уточняют изгибную жёсткость сечения	$B=\sum_{i=0}^{n-1}E_{b,i}^{\text{sec}}I_{b,i}+E_s^{\text{sec}}I_s+E_{sc}^{\text{sec}}I_{sc}$
11.	Уточняют кривизну	$\frac{1}{r}=\frac{M}{B}$
12.	В случае, если разница кривизн, полученных на данной и предыдущей итерациях, превышает 5 %, то расчёт повторяют с п. 4.	$\left[\frac{1}{r}-\left(\frac{1}{r}\right)'\right]\Big/\frac{1}{r}<5\%$
13.	Вывод конечных результатов	$B,\ \frac{1}{r},\ \varepsilon_b,\ \varepsilon_{bt},\ \gamma_b,\ \sigma_s,\ \sigma_{sc}\ \sigma_b,\ \sigma_{bt},\ \tau_b,\ \sigma_s,\ \sigma_{sc}$
14.	Переход к другим сечениям для расчёта прогибов по формулам (1-3) согласно алгоритму табл. 2	

Реализация представленного в табл. 1 алгоритма, позволяет определять прогибы балок по уравнениям (1-3), которые решаются численно методом последовательных приближений. Для этого авторами данной статьи с использованием ПК математического анализа *MathCAD* разработан второй алгоритм, содержащий в себе вышеприведённый. Он

позволяет рассчитывать изгибаемые элементы с учётом совместного действия момента и перерезывающей силы, нелинейных свойств бетона и арматуры, а также развития нормальных трещин. Алгоритм включает в себя следующие этапы, показанные в табл. 2.

Таблица 2

Сокращённый алгоритм расчёта прогибов железобетонной балки

№ п/п	Описание этапа	Основные расчётные выражения и величины
1.	Пролёт балки разбивается на n участков размером $\Delta l=l/n$ (рекомендуется $n\geq 10$)	Δl
2.	Для каждого из участков в точке с координатой x_i по формулам строительной механики и сопротивления материалов определяются изгибающий момент и перерезывающая сила от действия заданной и единичной нагрузок (единичная нагрузка прилагается в месте определения прогиба)	M_i, Q_i, $\bar{M}_i$, $\bar{Q}_i$, $i=0\ldots n-1$
3.	В каждом сечении x_i по нелинейной деформационной модели вычисляются кривизна и максимальный угол сдвига (алгоритм табл. 1)	$\left(\frac{1}{r}\right)_i$, $\gamma_{xy,i}^{\max}$
4.	По формулам (2) и (3), переходя от интегрирования к суммированию, вычисляют прогибы от совместного действия изгибающего момента и перерезывающей силы	$f_M=\Delta l\sum_{i=0}^{n-1}\bar{M}_i\left(\frac{1}{r}\right)_i$, $f_Q=\Delta l\sum_{i=0}^{n-1}\bar{Q}_i\gamma_{xy,i}^{\max}$
5.	Вычисляют полный прогиб балки	$f=f_M+f_Q$

Результаты расчёта рассмотренной выше балки по предложенному алгоритму и диаграмм [1-3] сведены в таблицу 3. Из неё видно, что с увеличением процента армирования доля прогибов, вызванных действием перерезывающих сил, возрастает с 6,2 до 10,8 %, а с ростом нагрузки – снижается с 10,8 до 1,5 %. То есть рост неупругих деформаций бетона и арматуры, а также развитие нормальных трещин сглаживает влияние перерезывающих сил на прогибы.

Таблица 3

Результаты расчёта прогибов

M, кН·м	Q, кН	f_M, мм	f_Q, мм	f, мм	$f/f_M\cdot 100$ %	$f/f_Q\cdot 100$ %
μ=0,63%						
9	9	0,213	0,014	0,231	93,8	6,2
18	18	0,517	0,028	0,544	95,0	5,0
30	30	1,364	0,043	1,407	96,9	3,1
45	45	3,0	0,059	3,059	98,1	1,9
60	60	4,7	0,072	4,772	98,5	1,5
μ=2,31%						
9	9	0,142	0,017	0,159	89,2	10,8
18	18	0,338	0,034	0,371	90,0	9,0
60	60	1,873	0,098	1,917	95,0	5,0
120	120	4,529	0,177	4,707	96,2	3,8
135	135	5,228	0,2	5,428	96,7	3,6

Общие выводы

1. На основе нелинейной деформационной модели и диаграмм, полученных в [1-3], предложен подход к расчёту прогибов железобетонных изгибаемых элементов с учётом совместного действия изгибающих моментов и перерезывающих сил. Для этого разработан алгоритм, позволяющий определять напряжённо-деформированное состояние элементов в зоне взаимного влияния этих силовых факторов на всех этапах загружения – от нуля вплоть до разрушения. Для автоматизации расчёта алгоритм реализован в ПК математического анализа *MathCAD*.

2. Расчёт прогибов рассмотренной балки (с l/h=7,5) по предложенному алгоритму показал, что с увеличением процента армирования доля прогибов, вызванных действием перерезывающих сил, возрастает с 6,2 до 10,8 %, а с ростом нагрузки – снижается с 10,8 до 1,5 %, что уточняет положение норм о возможности расчёта прогибов без учёта действия перерезывающих сил в зависимости от отношения l/h, нагрузки и процента продольного армирования.

Заключение

В статье приведен расчёт одной конкретной балки, результаты которого уточняют положение норм о возможности расчёта прогибов изгибаемых железобетонных элементов на действие только моментов – без учёта перерезывающих сил. Однако данные, полученные по программе выбранного направления исследований, показали, что в зависимости от схемы нагружения, отношения l/h и a/h, процента продольного армирования, вида диаграмм деформирования материалов, развития наклонных трещин, наличия предварительно напряжённой арматуры, а также уровня напряжений влияние перерезывающих сил на прогибы может достигать 80%. Поэтому возникает необходимость в разработке методики определения прогибов с учётом перечисленных факторов, что будет изложено в дальнейших публикациях авторов.

Список библиографических ссылок

1. Карпенко Н.И., Соколов Б.С., Радайкин О.В. К определению деформаций изгибаемых железобетонных элементов с использованием диаграмм деформирования бетона и арматуры // Строительство и реконструкция. – Орёл: Изд. ОГТУ, 2012, № 2. – С. 11-20.
2. Карпенко Н.И., Соколов Б.С., Радайкин О.В. Анализ и совершенствование криволинейных диаграмм деформирования бетона для расчета железобетонных конструкций по деформационной модели // Промышленное и гражданское строительство. – М., 2013, № 1. – С. 25-27.
3. Карпенко Н.И., Соколов Б.С., Радайкин О.В. Совершенствование методики расчета изгибаемых железобетонных элементов без предварительного напряжения по образованию нормальных трещин // Строительные материалы. – М., 2013, № 6. – С. 54-55.
4. Карпенко Н.И., Соколов Б.С., Радайкин О.В. К расчёту прочности, жёсткости и трещиностойкости внецентренно сжатых железобетонных элементов с применением нелинейной деформационной модели // Известия КГАСУ, 2013, № 4 (26). – С. 113-120.
5. Соколов Б.С., Радайкин О.В. Исследование напряженно-деформированного состояния бетонных и железобетонных изгибаемых элементов в зоне совместного действия изгибающих моментов и поперечных сил // VIII Академические чтения РААСН. Международная научно-технической конференции «Механика разрушения строительных материалов и конструкций», г. Казань, 18-20 сентября, 2014. – С. 312-317.
6. Карпенко Н.И. Общие модели механики железобетона. – М.: Стройиздат, 1996. – 416 с.
7. Тур В.В., Кондратчик А.А. Расчёт железобетонных конструкций при действии перерезывающих сил: монография. – Брест: Изд. БГТУ, 2000. – 400 с.
8. Пунагин В.В. Свойства и технология бетона для высотного монолитного строительства // Электронный архив Харьковского национального университета имени В.Н. Каразина. – Харьков, 2012. URL: http://dspace.snu.edu.ua:8080/jspui/bitstream/123456789/357/32/Punagin.pdf (дата обращения: 12.05.2014).

Sokolov B.S. – doctor of technical science, professor
E-mail: sokolov@kgasu.ru
Radaikin O.V. – candidate of technical sciences, senior lecturer
E-mail: olegxxii@mail.ru

Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Calculation of the bending deflections of reinforced concrete elements with regard to joint action of bending moments and shear forces using a non-linear deformation model

Resume

The aim of this work was the determination of the bending deflections of reinforced concrete elements with regard to combined action of bending moments and shear forces using nonlinear deformation model. Using mathematical analysis program – MathCAD – the algorithm of calculation of concrete and reinforced concrete beams was elaborated. It takes into account the scheme of loading, nonlinear properties of concrete and reinforcement, the emergence and development of normal cracks. The algorithm allows the use of state diagrams concrete, obtained by the authors previously.

The article describes the calculation of the single beams, the results of which specify the position of the norms about the possibility of calculation of the bending deflections of reinforced concrete elements on the action only moments without taking into account shear forces. However, the data obtained by the program selected areas of research have shown that depending on circuit loading, the relationship l/h and a/h, the percentage of longitudinal reinforcement, types of deformation diagram of materials, development of inclined cracks, presence of prestressing reinforcement, and stresses the influence of shear forces on the deflection can reach 80 %. Therefore, there is a need to develop techniques for determination of deflections taking into account these factors, which will be discussed in further publications.

Keywords: reinforced concrete, shear span, bending moment, shear force, deflection.

Reference list

1. Karpenko N.I., Sokolov B.S., Radaikin O.V. To the determination of the bending deformations of reinforced concrete elements using deformation diagrams of concrete and reinforcement // Construction and renovation. – Orel: Ed. OGTU, 2012, № 2. – P. 11-20.
2. Karpenko N.I., Sokolov B.S., Radaikin O.V. Analysis and improvement curvilinear diagrams of deformation of concrete for the calculation of reinforced concrete structures by deformation model // Industrial and civil construction. – M., 2013, № 1. – P. 25-27.
3. Karpenko N.I., Sokolov B.S., Radaikin O.V. Improving the methodology of calculation of the bending of reinforced concrete elements without pre-stressing on education normal cracks // Building materials. – M., 2013, № 6. – P. 54-55.
4. Karpenko N.I., Sokolov B.S., Radaikin O.V. To the calculation of strength, hardness and fracture toughness of eccentrically compressed concrete elements using nonlinear deformation models // News of the KSUAE. – Kazan, 2013, № 4 (26). – P. 113-120.
5. Sokolov B.S, Radaikin O.V. Study of stress-strain state of concrete and reinforced concrete bending elements in the zone of the joint action of bending moments and shear forces // VIII Academic reading RAASN. International scientific-technical conference «Fracture Mechanics of building materials and structures», Kazan, September 18-20, 2014. – P. 312-317.
6. Karpenko N.I. General models of the mechanics of reinforced concrete. – M.: Stroiizdat, 1996. – 416 p.
7. Tour V.V., Kondratchik A.A. Calculation of reinforced concrete structures under the action of shear forces: monograph. – Brest: Ed. Baltic state technical University, 2000. – 400 p.
8. Pungin V.V. Properties and technology of concrete for high-rise monolithic construction // Electronic archive of Kharkov national University named by V.N. Karazin. – Kharkov, 2012. URL: http://dspace.snu.edu.ua:8080/jspui/bitstream/123456789/357/32/Punagin.pdf (date of access: 12.05.2014).

УДК 624.042.6
Фардиев Р.Ф. – кандидат технических наук, старший преподаватель
E-mail: Fardiev@kgasu.ru
Ашрапов А.Х. – кандидат технических наук, ассистент
E-mail: 32116@mail.ru
Мустафин А.И. – аспирант, ассистент
E-mail: mustafaiiialbert@gmail.com
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1

Исследование несущей способности пустотных плит перекрытия при сниженной величине опирания на ригели

Аннотация

В статье рассмотрены результаты экспериментальных исследований пустотных плит перекрытия непрерывного формования при сниженной величине опирания на ригели перекрытия. Исследования направлены на получение опытных данных по прочности нового узла опирания пустотной плиты непрерывного формования на ригель в сборно-монолитном каркасе «Казань XXI в». В ходе исследований установлено, что при принятом конструктивном решении перекрытие полностью удовлетворяет требованиям норм по прочности, жёсткости и трещиностойкости.

Ключевые слова: плита перекрытия, опирание плиты, прочность перекрытия, прогиб плиты.

Пустотные плиты перекрытия широко используются в качестве несущих элементов для зданий с каркасными и стеновыми несущими системами. Надёжность подобного перекрытия определяется качеством изготовления изделий, качеством узлов сопряжения плит с ригелями или несущими стенами, а также условиями эксплуатации. Надёжность узлов сопряжения плит зависит от принятой конструктивной системы, качества выполнения строительно-монтажных работ. Согласно типовым сериям [1, 2] конструкций плит перекрытия величина опирания плит на несущие элементы должна составлять не менее 80÷90 мм при опирания на бетонные конструкции.

В качестве несущей системы в данных исследованиях рассматривается сборно-монолитный каркас «Казань XXI в» [3]. В данном каркасе базовая величина опирания плит перекрытия на ригели принята равной 90 мм [4]. В ходе совершенствования используемых элементов каркаса принято решение по использованию пустотных плит перекрытия непрерывного формования [1] вместо используемых ранее плит опалубочного формования [5]. Данные плиты перекрытия, в отличие от используемых в каркасе «Казань XXI в», имеют строго вертикальные торцы, что вызывает сложности по размещению опорной арматуры монолитных частей ригелей. Поэтому для решения данной проблемы величина опирания плит снижена до 40 мм (рис. 1), а для ряда узлов использовать узел без опирания плит на ригель как в системе «КУБ» [6]

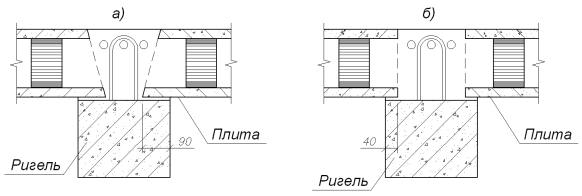


Рис. 1. Опорное сечение плит: а – опалубочного формования; б – непрерывного формования

Поскольку в данном случае имеется отклонение по величине опирания от требуемого для плит непрерывного формования, для обоснования надёжности принятых узлов сопряжения плит с ригелем возникла необходимость проведения экспериментальных исследований.

Целью экспериментальных исследований явилась оценка несущей способности узла опирания плит перекрытий на ригель, а также несущей способности, жесткости и трещиностойкости плит при статическом действии вертикальной равномерно-распределенной нагрузки при сниженной величине опирания плит.

В объем исследований входили следующие задачи:

– разработка узлов сопряжения плит с ригелем перекрытия;

– испытание плит нагружением.

Для проведения контрольных испытаний на заводе ООО «ЗЖБИ-210» были изготовлены и испытаны плиты ПБ 58.12-8-30 типовой серии [1] под расчетную нагрузку 8,0 кПа (800 кгс/м^2) с габаритами 5780(L)×1197(b)×220(h) (рис. 2) из тяжелого бетона проектной марки по прочности на сжатие М400. Армирование плит принято в виде16Ø5 Вр1400.

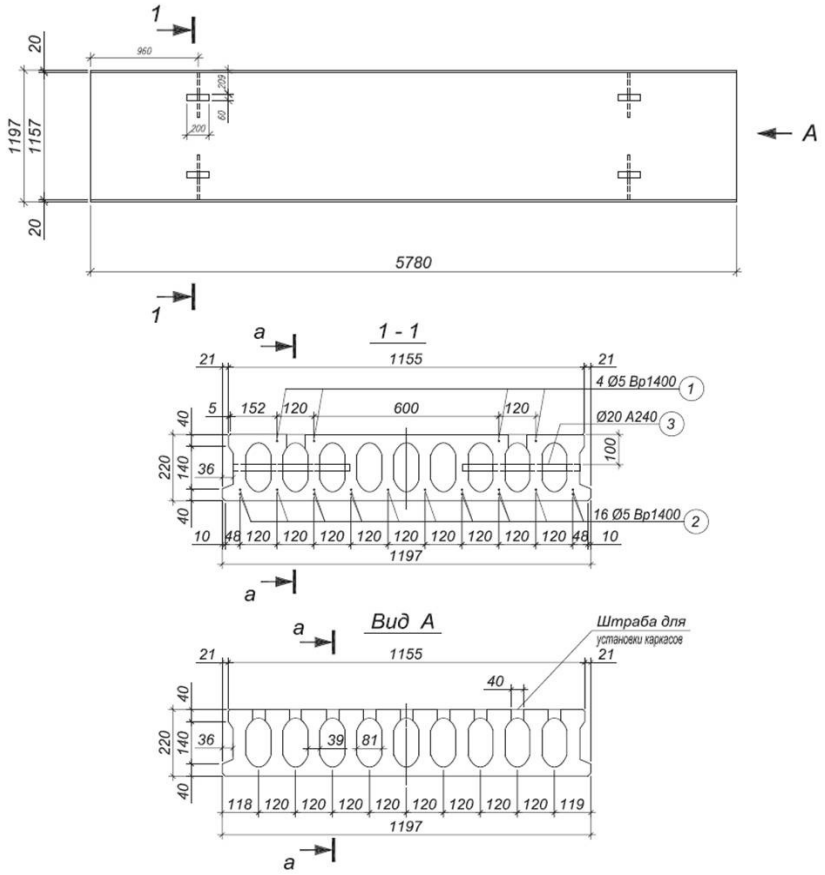


Рис. 2. Опалубочный чертеж плит перекрытия ПБ58.12-8-30

Для проведения испытания использованы три пролёта плит перекрытия с различными схемами опирания (рис. 3). Крайние плиты оперты на шарнирные линейные опоры у крайней опоры, у средней опоры плиты не опираются снизу на ригель, а сопряжение плит с ригелем происходит за счет омоноличивания узла с установкой каркасов в подготовленные штрабы по торцам плит (рис. 3). В качестве шарнирных линейных опор применены стальные катки Ø50 мм, свободно уложенные между стальными пластинами. На стальные пластины перед установкой на них испытываемой плиты укладывается выравнивающий слой цементно-песчаного раствора. Средние плиты имеют минимальное опирание в 40 мм, а сопряжение плит с ригелем происходит также за счёт омоноличивания.

Для измерения вертикальных перемещений плиты в середине пролета и в приопорных частях плиты были установлены механические приборы – прогибомеры Аистова 6ПАО с ценой деления 0,1 мм (рис. 4), индикаторы ИЧ с ценой деления 0,01 мм. Появление трещин в плите фиксировалось визуально, а ширину их раскрытия измеряли с помощью микроскопа МПБ-2 с ценой деления 0,05 мм.

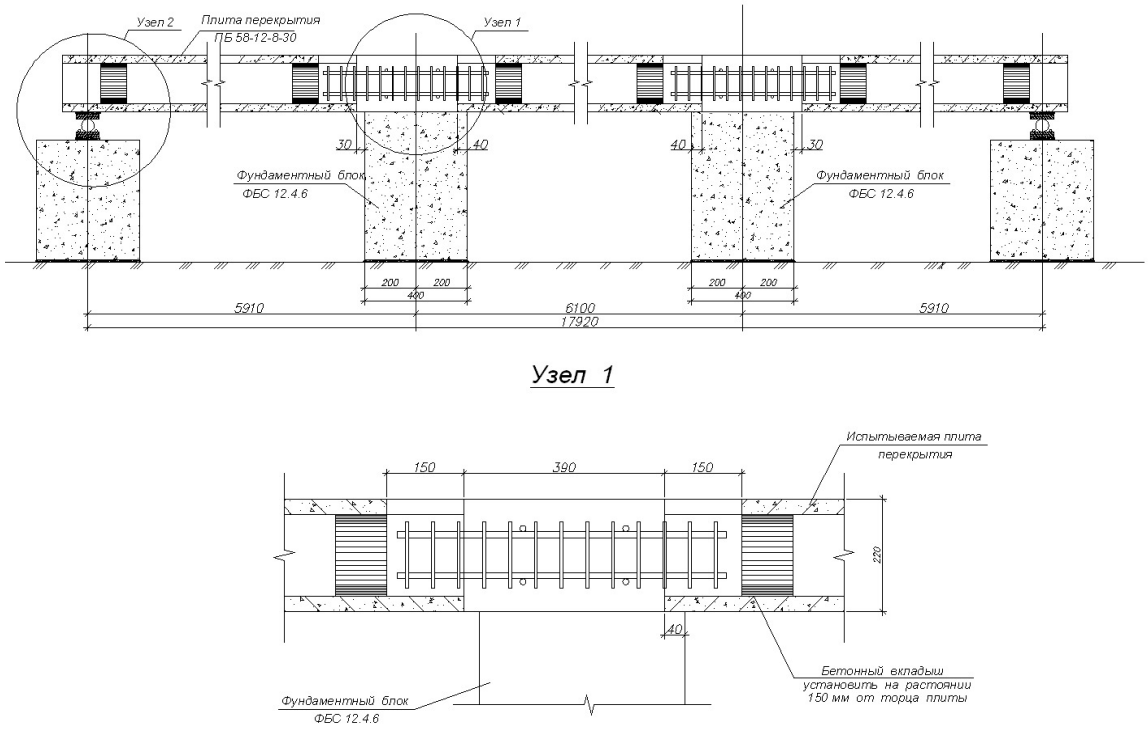


Рис. 3. Схема испытания плит перекрытия

Испытание вертикальной нагрузкой плит проводилось поэтапным нагружением до уровней нагрузок, соответствующих расчетным по первому и второму предельным состояниям по методике, соответствующей ГОСТ 8829-94. Выдержка на этих этапах под нагрузкой составила не менее 30 минут. Вертикальную равномерно-распределенную нагрузку на перекрытие фрагмента создавали штучными грузами в виде фундаментных блоков марки ФБС ступенями, составляющими 0,1 от ожидаемой разрушающей нагрузки. Блоки укладывали равномерно от торцов плиты к середине пролета через деревянные прокладки с зазором 100 мм. На каждой ступени нагружения плиты давалась выдержка 10-15 минут для обследования состояния изделия, снятия показаний по механическим приборам, фиксации и измерения ширины раскрытия трещин. При достижении уровней нагрузки, соответствующих контрольным по жесткости и по прочности, выдержка составляла более 30 минут.

После достижения величины нагрузки, соответствующей контрольной нагрузке по прочности с коэффициентом С=1,4, фиксация деформаций и перемещений по приборам была прекращена, а контрольно-измерительные приборы были демонтированы и дальнейшее нагружение плиты производили только с контролем величины прикладываемой нагрузки.

Значения контрольных нагрузок (без учета собственного веса плиты) согласно нормам проектирования и испытания приняты равными:

– нормативная…….. 670 кгс/м^2;
– расчетная…… 800 кгс/м^2;
– контрольная по проверке жесткости ……. 670 кгс/м^2;
– контрольная по проверке трещиностойкости…… 670 кгс/м^2;
– контрольная разрушающая (С=1,4)…….. 1261 кгс/м^2;
– контрольная разрушающая (С=1,6)…… 1492 кгс/м^2.

На день проведения испытания средняя прочность бетона на сжатие образцов-кубиков в узлах сопряжения плит марки ПБ58.12-8п (опытный фрагмент), определенная лабораторией завода, составила 46,1 МПа, что соответствует классу бетона В35 (М450) по ГОСТ 26633-91.

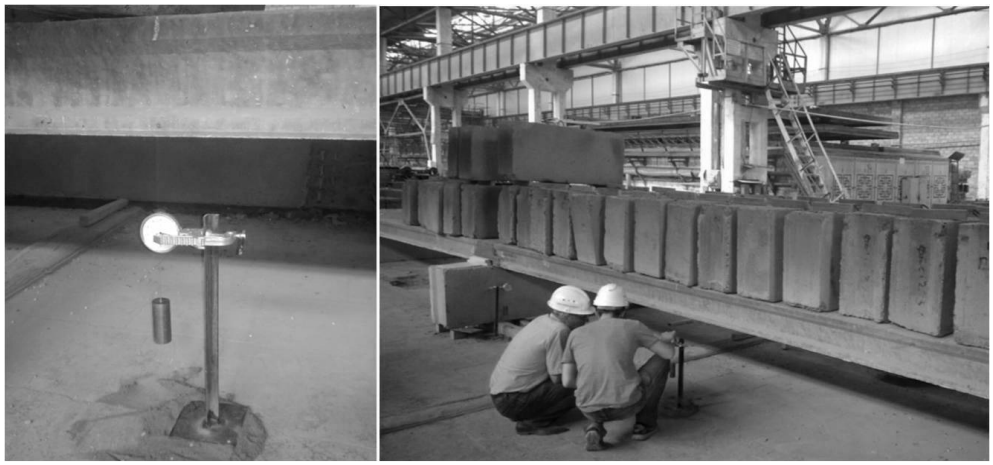


Рис. 4. Измерение прогиба плит прогибомером Аистова 6ПАО

В результате испытания получены следующие результаты.

1. Несущая способность узла сопряжения плит с ригелем перекрытия обеспечена с более чем 2-х кратным запасом. Разрушение узлов сопряжения не произошло.

2. При действии на плиту перекрытия нагрузки, соответствующей контрольной по проверке жесткости и равной 4481 кг (670 кг/м^2), после выдержки плиты под этой нагрузкой в течение 30 минут прогиб в середине плиты составил 0,04 мм (рис. 5), что намного меньше предельно допустимого значения, установленного СП 20.13330.2011 и серией [1]:

f = 0,04 мм < [f] = 1/200l=5700/200=29 мм – по нормам;

f = 0,04 мм < $f_к$ = 15 мм – по серии.

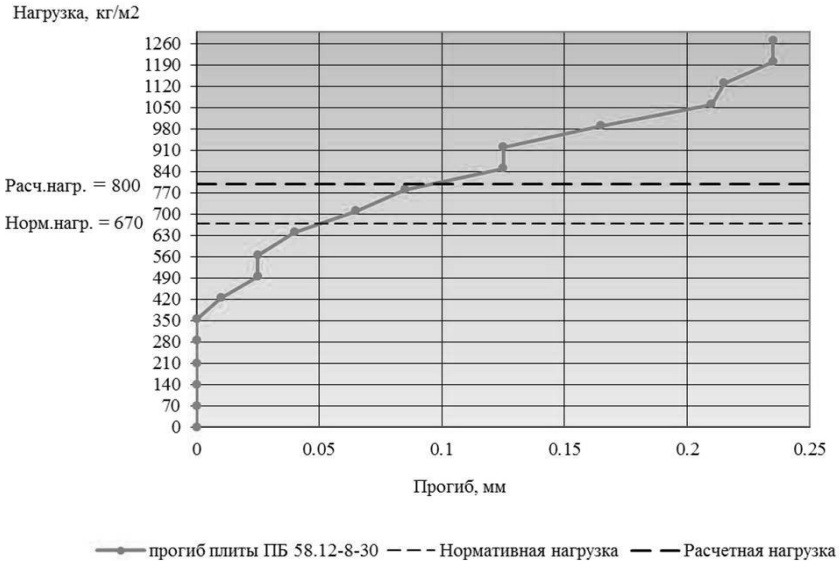


Рис. 5. График зависимости прогиба плиты от нагрузки

3. Трещин при нагрузке, соответствующей контрольной по проверке трещиностойкости и равной 4481 кг (670 кг/м^2) не обнаружено. Также трещин не обнаружено при нагрузках, близких к разрушающим, что свидетельствует о повышении жёсткости и трещиностойкости плит перекрытия, при принятых узлах сопряжения плит с ригелем, более чем в 2 раза.

4. Разрушение плиты произошло при нагрузке 13 720 кг (2051 кг/м^2) без учета нагрузки от собственного веса плиты от раздробления бетона сжатой зоны (рис. 6). Коэффициент безопасности составил:

$$C = (13720+2361) / (5350+2361) = 2,09,$$

где 13720 кг – разрушающая нагрузка, приложенная на плиту перекрытие; 7711 кг – расчетная нагрузка на перекрытие с учетом веса плиты перекрытия; 2361 кг – нагрузка от собственной массы плиты перекрытия.

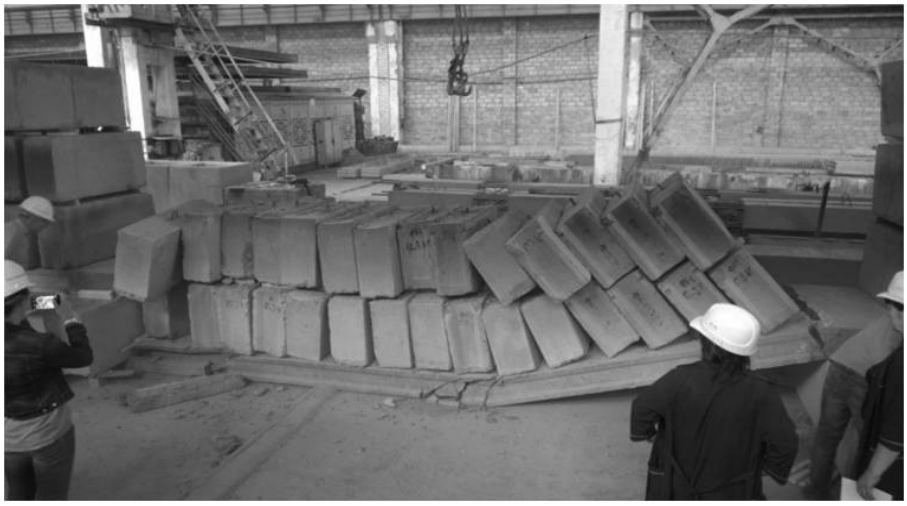


Рис. 6. Разрушение плиты при нагрузке 13720 кг (С=2,09)

Достигнутая величина С=2,09 превышает требуемый коэффициент безопасности для второго случая разрушения по ГОСТ [3], равный С=1,6, следовательно требование ГОСТ 8829-94 по прочности выполнено.

Таким образом, результаты испытания до разрушения плиты перекрытия ПБ58.12-8-30 показали, что при принятом конструктивном решении данная плита полностью удовлетворяет требованиям ГОСТ 8829-94 и СП 52-102-2004 по прочности, жёсткости и трещиностойкости.

Список библиографических ссылок

1. Серия 15/09-1. Плиты перекрытий железобетонные многопустотные предварительно напряженные стендового безопалубочного формования, армированные высокопрочной проволокой класса Вр1400, шириной 1,2 м, высотой сечения 220 мм. ООО «Научно-производственный центр «Стройтех». – Самара, 2009. – 105 с.
2. Серия 1.020-1/87. Конструкции каркаса межвидового применения для многоэтажных общественных зданий, производственных и вспомогательных зданий промышленных предприятий. Выпуск 0-0. Общие указания. ЦНИИПРОМЗДАНИЙ. НИИЖБ ГОССТРОЯ СССР. 1990. – 57 с.
3. Серия 1.141-1. Выпуск 63. Панели перекрытий железобетонные многопустотные. Рабочие чертежи: ЦНИЭП Жилища. НИИЖБ, 1984. – 48 с.
4. Патент на изобретение № 2281362. МПК E04B 1/20 (2006.01). Сборно-монолитный каркас многоэтажного здания «Казань XXI в.» / Мустафин Ильяс Исмагилович. Опубликовано: 2006.08.10.
5. Альбом КЖИ.8. Сборные железобетонные изделия // Монтажные узлы. «Проектно-конструкторская фирма «КАРКАС». – Казань, 2005. – 28 с.
6. Альбом КЖИ.5. Сборные железобетонные изделия // Плиты перекрытия. «Проектно-конструкторская фирма «КАРКАС». – Казань, 2005. – 30 с.
7. Патент на полезную модель № 1231805. Круглопустотная плита перекрытия. Авторы: Мустафин Ильяс Исмагилович, Мустафина Альбина Ильясовна. Патентообладатель: Мустафин Ильяс Исмагилович. Опубликовано: 2013.01.10.
8. Архитектурно-планировочные возможности // Куб систем. http://www.kubstm.ru/technology (дата обращения: 20.09.2014).

Fardiev R.F. – candidate of technical sciences, senior lecture
E-mail: Fardiev@kgasu.ru
Ashrapov A.H. – candidate of technical sciences, assistant
E-mail: 32116@mail.ru
Mustafin A.I. – assistant
E-mail: Mustafin@kgasu.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Research on load-carrying capacity of hollow-core slabs under reduced support on joists

Resume

The problem of ensuring the reliability of load-bearing reinforced concrete structures of residential buildings always remains priority research area. One of the ways to meet this challenge is discussed in the article experimental tests of full-scale fragments of structural floor slabs with bringing them to failure. Experimental studies are carried out on a test three-bay fragment with 5.8 m slabs under two support conditions: support of 40 mm, and without below support but slab connection made by grouting the joint with setting frames in prepared toothing at slab ends. Such kind of test method using measuring instruments provided objective data on the strength of new slab-to-beam joints and the whole slab. Tests to failure showed that the loss of strength at joints wasn't found; no cracks under test cracking load were detected; span deflection under test load was several times less than maximum allowable. Slab failure occurred in the span at concrete compressive zone. Thus, the results of the study showed that at joints in question the floor slab has sufficient strength, stiffness, and crack resistance.

Keywords: slabs, support on joists, load-carrying capacity of slab, flexure.

Reference list

1. Series 15/09-1. Pre-stressed hollow-core reinforced concrete floor slabs of long-line non-formwork moulding, reinforced by high-strength steel wire of class Bp1400, 1, 2 m width, 220 mm depth of section. Limited liability company «Scientific Manufacturing Center «Stroitech». – Samara, 2009. – 105 p.
2. Series 1.020-1/87. Frame construction of interspecific application for multi-storied public buildings, industrial and ancillary buildings of manufacturing enterprises. Issue 0-0. General guide. Russian Design Agency. Concrete and Reinforced Concrete Research Institute of the Russian Federation State Committee for Construction, Architectural and Housing Policy of USSR, 1990. – 57 p.
3. Series 1.141-1. Issue 63. Hollow-core reinforced concrete floor slabs. Production drawings: Central Research and Engineering Design Institute of Residential and Industrial Buildings. Concrete and Reinforced Concrete Research Institute, 1984. – 48 p.
4. Patent for an invention № 2281362. International Patent Classification E04B 1/20 (2006.01). Reinforced concrete composite frame of a multi-storied building «Kazan XXI century» / Ilyas I. Mustafin. Published 2006.08.10.
5. Sketch-book of reinforced concrete products. 8. Precast concrete units // Erection joints. «Design-construction company «KARKAS». – Kazan, 2005. – 28 p.
6. Sketch-book of reinforced concrete products. 5. Precast concrete units // Floor slabs. «Design-construction company «KARKAS». – Kazan, 2005. – 30 p.
7. Patent for an invention № 1231805. Hollow-core floor slab. Authors: Ilyas I. Mustafin, Albina I. Mustafina. Patent holder: Ilyas I. Mustafin. Published 2013.01.10.
8. Architectural and planning facilities // System cube. http://www.kubstm.ru/technology (reference date: 20.09.2014).

УДК 628.921
Халикова Ф.Р. – кандидат технических наук
E-mail: khalikova_f@mail.ru
Куприянов В.Н. – доктор технических наук, профессор
E-mail: kuprivan@kgasu.ru
Седов А.Н. – кандидат технических наук
E-mail: sedovartur@mail.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1

Автоматизированный программный комплекс для расчета инсоляции жилых помещений

Аннотация

Представлен автоматизированный программный комплекс «РаиН 2013», предназначенный для расчета инсоляции жилых помещений с учетом интенсивности и дозы ультрафиолетовой радиации.

В основе компьютерной программы лежит разработанная на основе теоретических и экспериментальных исследований методика расчета дозы УФ облучения диапазона (В+С) в воздухе помещений и на его поверхностях. Данная методика учитывает параметры помещения, ориентацию помещения, типы стекол и их количество, а также интенсивность ультрафиолетовой радиации в диапазоне (В+С), приходящая к фасадам зданий различных ориентаций.

Ключевые слова: программный комплекс, расчет инсоляции, ориентация помещения, продолжительность инсоляции, прозрачность стекол, интенсивность солнечной радиации, доза облучения.

В основе нормативного принципа расчета инсоляции лежит методика расчета по продолжительности облучения в часах. Считается, что если помещение инсолируется 2 часа, то оно соответствует норме. Однако, в данном методе расчета не учитываются такие важные параметры, как, интенсивность солнечной радиации в течение суток, ориентация помещения по сторонам света, параметры помещения, тип стекол и их проницаемость в эффективном ультрафиолетовом диапазоне.

Изучению вопроса о совершенствовании методики расчета инсоляции посвящены работы [1-6]. Согласно проведенным теоретическим и многочисленным экспериментальным исследованиям расчет инсоляции предлагается рассматривать с точки зрения интенсивности и доз ультрафиолетового облучения. При этом предлагается определять дозы ультрафиолетового облучения как в воздухе помещения, так и на его поверхностях. (из автореферата кратко переписать другими словами методику расчета и формулу, расшифровав параметры, которые в нее входят). Соответственно энергетическая доза в воздухе помещения ($\Delta_в$) будет зависить от объема помещения ($V = L \cdot B \cdot H$, м^3):

$$\Delta_в = 3{,}6\ Q \cdot \tau / V,\ Дж/м^3, \quad (1)$$

энергетическая доза на поверхностях помещения ($\Delta_п$) от площади всех поверхностей помещения F:

$$\Delta_п = 3{,}6\ Q \cdot \tau / F,\ Дж/м^2. \quad (2)$$

Разработанная методика позволяет учитывать объемно-планировочные решения помещений, интенсивность солнечной радиации, ориентацию помещения и тип используемого стекла в стеклопакете. Созданная, на основе разработанной методики, компьютерная программа «РаиН 2013» позволяет в автоматическом режиме получать вывод о соответствии или несоответствии уровня бактерицидной эффективности жилых помещений.

Программный комплекс «РаиН 2013» предназначен для инженеров-архитекторов и может быть включен в существующие пакеты программ для проектирования зданий. На данный комплекс получено свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2013660878 [7].

В основе автоматизированного программного комплекса лежит методика расчета дозы ультрафиолетового облучения диапазона (В+С) в вохдухе помещения и на его поверхностях [8].

Исходными данными для расчета являются:

1. Градостроительные параметры застройки с ориентацией светопроемов и противостоящими зданиями;

2. Объемно-планировочные и конструктивные решения помещений;

3. Конструкция светопрозрачной части окон и типы стекол;

4. База данных об интенсивности прямой и рассеянной УФ радиации диапазона (В+С) < 315 нм, приходящей к фасадам зданий; для географических широт от 35^0 до 75^0 с.ш. с шагом 5^0.

5. База данных о коэффициентах прозрачности современных стекол и светопрозрачных конструкций в диапазоне (В+С) УФ радиации, в том числе при разных углах падения солнечного луча.

Расчет проводится в два взаимосвязанных между собой этапа:

1. Определяется продолжительность облучения помещений солнечным светом с использованием картограммы затенения светопроемов (рис. 1-3);

2. Определяются дозы УФ части спектра (В+С), которые получает помещение за эту продолжительность облучения его солнечным светом.

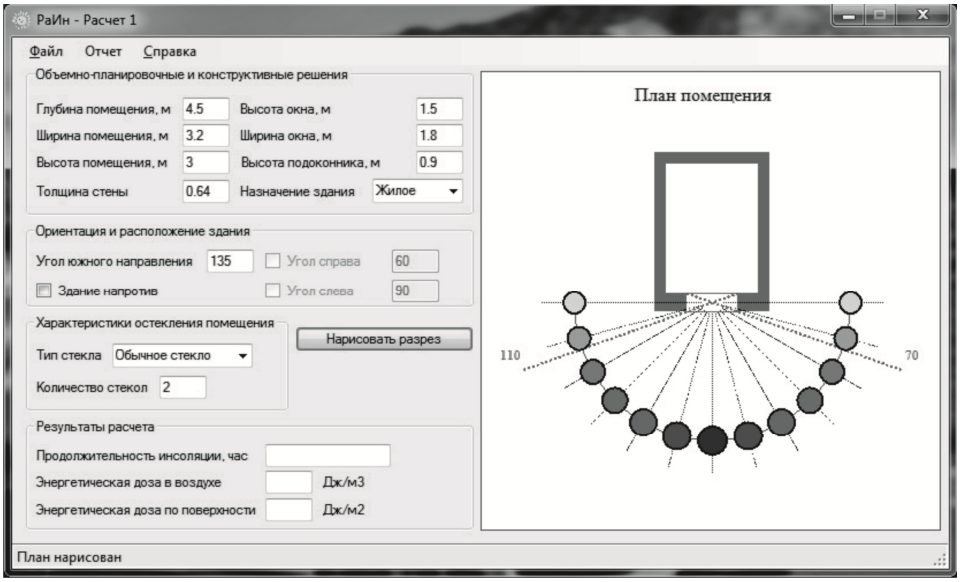


Рис. 1. Задание исходных данных, построение плана помещения.
Построение углов затенения светопроема

Для определения доз УФ облучения, которые получат воздух помещения ($\Delta_в$) и поверхности помещения ($\Delta_п$) за время облучения требуется характеристика облучаемого помещения:

1. Объемно-планировочное решение помещения (ширина B, глубина L, высота H) для расчетов объема помещения (V, $м^3$) и площади всех поверхностей (F, $м^2$);

2. Конструктивные решения светопроема (наличие или отсутствие балкона или лоджии, толщина наружной стены – для определения углов затенения, высота h и ширина b светопроемов для оценки его площади);

3. Конструкции светопрозрачной части ограждения (типы стекол, используемые в стеклопакетах, типы стеклопакетов).

Программа позволяет по ориентации и геометрическим параметрам помещения, с учетом коэффициентов прозрачности светопрозрачных конструкций в автоматическом режиме получить величину дозы УФ облучения в воздухе помещения и на его поверхностях и вывод о соответствии (или несоответствии) этой дозы необходимой бактерицидной эффективности.

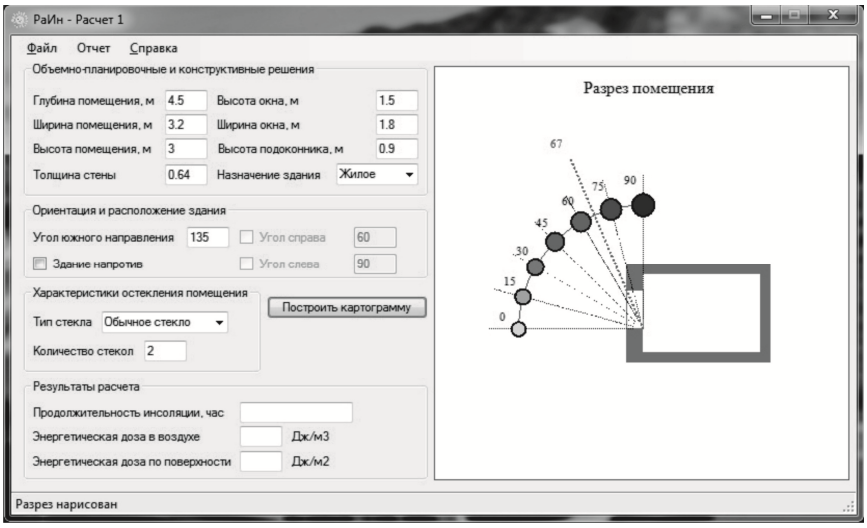


Рис. 2. Построение углов затения светопроема по разрезу помещения

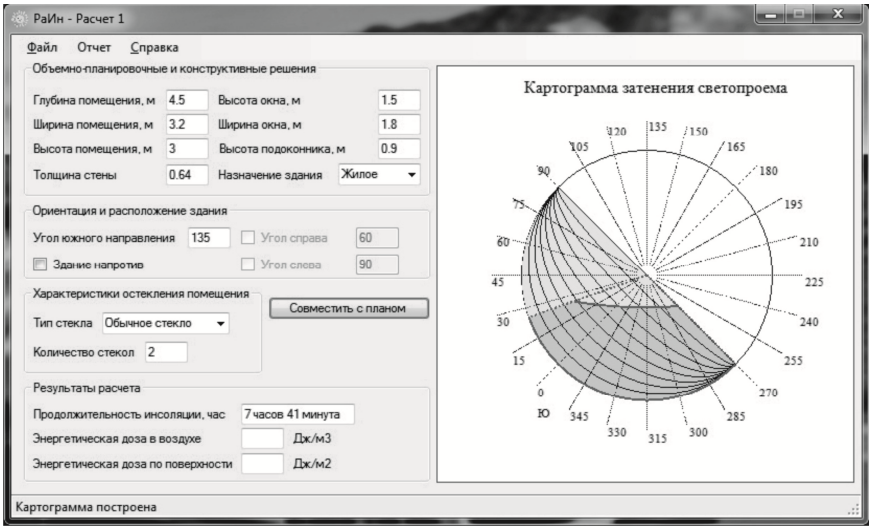


Рис. 3. Построение картограммы затенения светопроема

Расчет инсоляции помещений с использованием программного комплекса «РаиН 2013» выполняется в следующей последовательности:

1) задание исходных данных (рис. 1);

2) построение плана и разреза помещения (рис. 2);

3) построение картограммы затенения светопроема (рис. 3);

4) вычисление продолжительности инсоляции и уровня бактерицидной эффективности (рис. 4).

В качестве исходных данных задаются геометрические характеристики помещения, параметры светового проема, ориентация здания, тип и количество стекол, после чего определяются углы затенения светового проема. Для этого сначала на плане определяются углы горизонтального затенения (рис. 1).

Далее по разрезу помещения определяются углы вертикального затенения (рис. 2).

Для определения ориентации помещения задается угол южного направления относительно западного направления горизонтальной оси, проходящей через центр оконного проема. Согласно значению этого угла строится картограмма затенения светопроема (рис. 3). Существующие здания могут ограничивать продолжительность инсоляции, поэтому программный комплекс «РаиН 2013» позволяет задать соответствующие ограничения при построении картограммы затенения в виде значений соответствующих углов (рис. 4).

Далее картограмма затенения светопроема совмещается с планом помещения, таким образом, определяется продолжительность инсоляции данного помещения, а затем вычисляется доза УФ облучения в воздухе и на поверхности помещения. По результатам сравнения с требуемой дозой УФ, принятой согласно [6, 8], делается вывод о достаточности инсоляции.

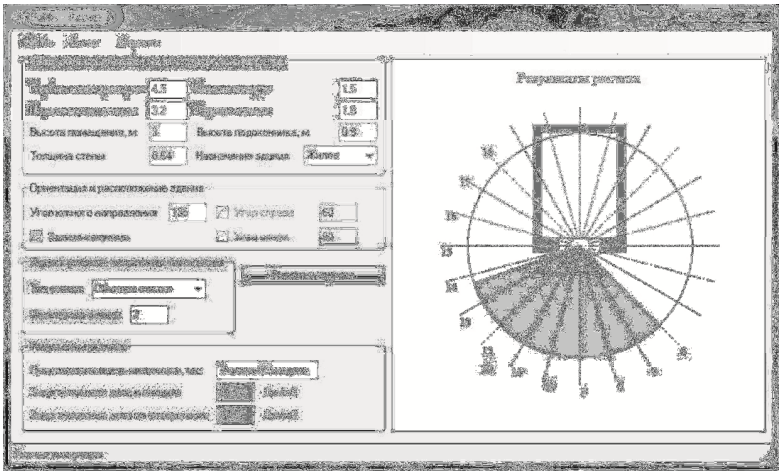


Рис. 4. Вычисление продолжительности инсоляции и уровня бактерицидной эффективности

Процесс расчета сопровождается комментариями и подсказками в строке состояния программы. Например, если требуемый уровень бактерицидной эффективности не обеспечен значения выделяются красным цветом, если обеспечен – зеленым.

Впервые разработан программный комплекс для проектирования и расчета инсоляции жилых зданий с учетом интенсивности и доз ультрафиолетового облучения. Получено свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2013614838 [7]. Компьютерная программа создана на основе разработанной методике, которая позволяет по заложенным исходным данным в автоматическом режиме получать дозы ультрафиолетового облучения и получать выводы об обеспечении или необеспечении требуемого уровня бактерицидной эффективности.

Список библиографических ссылок

1. Куприянов В.Н., Халикова Ф.Р. К исследованию инсоляции жилых помещений // ACADEMIA архитектура и строительство, 2010, № 3. – С. 477-482.
2. Халикова Ф.Р., Куприянов В.Н. Экспериментальные исследования проникновения УФ радиации через оконные стекла // Вестник МГСУ, 2011, № 3, Т. 2. – С. 30-35.
3. Куприянов В.Н., Халикова Ф.Р. Современные проблемы инсоляции жилых помещений // Светопрозрачные конструкции, 2010, № 4 (72). – С. 24-28.
4. Куприянов В.Н., Халикова Ф.Р. Пропускание ультрафиолетовой радиации оконными стеклами при различных углах падения луча // Жилищное строительство, 2012, № 7. – С. 64-65.
5. Куприянов В.Н., Халикова Ф.Р. Натурные исследования энергетических параметров инсоляции жилых помещений // Известия КГАСУ, 2012, № 4 (22). – С. 139-147.
6. Халикова Ф.Р. Совершенствование нормирования и расчета инсоляции жилых помещений путем учета интенсивности и дозы ультрафиолетового радиации: диссертация кандидата технических наук: 05.23.01: защищена 20.05.13: утв. 30.09.13. – Казань, 2013. – 145 с.
7. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2013660878. Автоматизированный программный комплекс «РаиН» / Халикова Ф.Р., Куприянов В.Н., Седов А.Н.; КазГАСУ. № 2013660878; Заяв. 07.08.2013; Опубл. 21.11.2013.
8. Куприянов В.Н., Халикова Ф.Р. Новые предложения по нормированию и расчету инсоляции жилых помещений // Жилищное строительство, 2013, № 6. – С. 50-54.

Khalikova F.R. – candidate of technical sciences
E-mail: khalikova_f@mail.ru
Kupriyanov V.N. – doctor of technical sciences, professor
E-mail: kuprivan@kgasu.ru
Sedov A.N. – candidate of technical sciences
E-mail: sedovartur@mail.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Automated software package for calculating insolation premises

Resume

At the heart of the current regulatory principle calculation method for calculating insolation is the duration of exposure in hours. However, according to numerous theoretical and experimental studies of calculation of insolation is proposed to consider in terms of intensity and doses of ultraviolet radiation. It is proposed to determine the dose of ultraviolet radiation as in room air, and on its surfaces.

An automated software system «RaiN 2013» for calculating insolation premises by the intensity and dose of ultraviolet radiation is presented. The basis of a computer program is developed on the basis of theoretical and experimental research methodology for calculating the dose of ultraviolet radiation range (B + C) in indoor air and on its surfaces. When calculating the parameters specified premises window parameters, thickness of the outer walls, the orientation of the room, the presence or absence of opposing buildings, the number and type of glass in the pane.

Thus, this methodology takes into account both space-planning and urban space solutions and permeability types of glass used in the effective UV range (B + C), coming to the facades of buildings of different orientations.

Established on the basis of the developed method, a computer program «RaiN 2013» allows you to automatically receive conclude that the level of non-compliance or bactericidal efficiency of residential premises.

The software package «RaiN 2013» is designed for engineers, architects, and can be incorporated into existing software packages for the design of buildings.

Keywords: software package, the calculation of insolation, orientation facilities, duration of insolation, the transparency of glass, the intensity of solar radiation, the radiation dose.

Reference list

1. Kupriyanov V.N., Khalikova F.R. To study insolation premises // ACADEMIA architecture and engineering, 2010, № 3. – P. 477-482.
2. Khalikova F.R., Kupriyanov V.N. Experimental studies of penetration of UV radiation through window glass // Herald MGSU, 2011, № 3, T. 2. – P. 30-35.
3. Kupriyanov V.N., Khalikova F.R. Modern problems of insolation premises // Translucent design, 2010, № 4 (72). – P. 24-28.
4. Kupriyanov V.N., Khalikova F.R. Transmittance of ultraviolet radiation panes at different angles of incidence // Homebuilding, 2012, № 7. – P. 64-65.
5. Kupriyanov V.N., Khalikova F.R. Field investigations of the energy parameters of insolation premises // News of the KSUAE, 2012, № 4 (22). – P. 139-147.
6. Khalikova F.R. Improving regulation and calculating insolation premises and by taking into account the intensity of ultraviolet radiation dose: the dissertation of the candidate of technical sciences: 05.23.01: 20.05.13 protected: approved 30.09.13. – Kazan, 2013. – 145 p.
7. Certificate of state registration of the computer software № 2013660878. Automated software complex «RaiN» / Khalikova F.R., Kupriyanov V.N., Sedov A.N.; KSUAE. № 2013660878; Stated. 07.08.2013; Publ. 21.11.2013.
8. Kupriyanov V.N., Khalikova F.R. New proposals for regulation and calculation of insolation premises // Homebuilding, 2013, № 6. – P. 50-54.

УДК 624.019; 624.072
Хусаинов Д.М. – кандидат технических наук, доцент
E-mail: xdmt@mail.ru
Дымолазов М.А. – старший преподаватель
Пеньковцев С.А. – кандидат технических наук
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

Расчет несущих элементов конструкций рекламных конструкций с использованием методов теории надежности

Аннотация

Рассматривается метод подбора сечений опорных стоек рекламных конструкций наиболее распространенной конструктивной формы с использованием методов надежности. Устанавливается зависимость между вероятностью потери прочности опорной стойки рекламной конструкции и площадью её сечения с использованием приведенной в статье модели определения ее отказа с описанием напряжений в расчетном сечении стойки от ветровой нагрузки как случайной величины с законом распределения Вейбулла, а прочности стали опорной стойки как случайной величины с нормальным законом распределения. Приведены зависимости между вероятностью отказа в виде потери прочности и площадью сечения для наиболее распространенных в практике проектирования марок сталей и профилей. Приведены графики зависимостей оптимальных значений площадей опорных стоек от времени эксплуатации и планируемого дохода от эксплуатации рекламных конструкций для наиболее распространенных марок сталей и профилей сечений.

Ключевые слова: ветровая нагрузка, вероятность отказа рекламной конструкции, закон распределения ветровой нагрузки, закон распределения прочности стали, опорная стойка.

Широко используемой конструктивной формой рекламных конструкций является конструкция состоящая из опорной стойки и крепящейся к ней рекламной конструкции в виде щита [1-4]. Геометрические параметры наиболее распространенных на сегодняшний день рекламных конструкций, приведены на рис. 1. Определяющим критерием несущей способности данных рекламных конструкций, как показывает опыт их эксплуатации, является несущая способность их опорной стойки, а наиболее распространенной формой их разрушения или отказа потеря прочности опорной стойки [4-8].

Предлагается метод определения сечений опорных стоек рекламных конструкций по оптимальным значениям вероятностей отказа рекламных конструкций, определяемых с использованием методов теории надежности [4-8]. Напряжения в опорной стойке рассматриваются как случайная величина и определяются из условия:

$$S = \frac{M_{\text{изг}}}{\text{W}_{\text{пл}}} = k_1 \times w, \qquad (1)$$

где $W_{\text{пл}} = 2 \times S_x$ – пластический момент сопротивления стойки;

$M_{\text{изг}}$ –изгибающий момент в стойке от ветровой нагрузки;

w – ветровое давление, подчиняющееся закону Вейбулла с плотностью распределения $f(w) = c \times \beta \times w^{\beta-1} \times e^{-(c \times w^{\beta})}$;

$k_1 = \frac{c_e \times L \times B \times (h + B/2) \times k_\partial}{W_{пл}}$, L – длина рабочей поверхности щита;

B – высота рабочей поверхности щита, h – высота стойки щита;

c_e – аэродинамический коэффициент конструкции [2], κ_∂ – коэффициент динамичности.

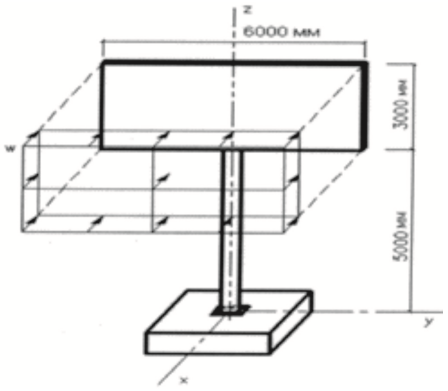


Рис. 1. Типовая конструкция рекламного щита

Плотность распределения максимальных напряжений от ветровой нагрузки в опорной стойке будет равна:

$$f(s) = f(w)/k_1 = c_1 \times \beta \times w^{\beta-1} \times e^{-(c_1 \times w^{\beta})}/k_1, \quad (2)$$

с параметрами распределения Вейбулла: $\beta = \beta$; $c_1 = c \times k_1{}^{\beta}$.

Для нашей модели можно записать следующее условие для определения вероятности отказа опорной стойки из-за потери ее прочности:

$$q_{nn} = \int_0^{\infty} \frac{1}{\sqrt{2\pi} \cdot \kappa_1 \cdot \sigma} \cdot e^{-\frac{(R-\overline{R})^2}{2\cdot\sigma^2} - c_1 \cdot R^{\beta}} dR, \quad (3)$$

где $\bar{R}$, σ – параметры распределения прочности металла стойки для нормального закона распределения.

Приведенный выше интеграл можно найти только в численном виде. Для получения вероятности отказа опорной стойки в виде формулы (3) использовалась вычислительно – графическая программа ADVANCED GRAPHER. Невозможность получения формулы (3) в виде аналитической зависимости между вероятностью отказа опорной стойки и ее основным параметром: площадью ее сечения делает неудобным получение выражения минимума целевой функции возможных материальных потерь при потере ее прочности. Вероятность отказа щита от потери прочности опорной стойки в течение времени *t* лет может быть записана как (4):

$$q_t = 1 - (1 - q_{nn})^t. \quad (4)$$

Запишем целевую функцию стоимости суммарных ожидаемых расходов от стоимости рекламной конструкции и возможных экономических потерь в виде формулы (5):

$$C = C_н + q_t \cdot y, \quad (5)$$

где $C_н$ – стоимость возведения рекламной конструкции.

$$C_н = A_1 + B_1 \cdot A, \quad (6)$$

y – ущерб от разрушения рекламной конструкции:

$$y = \Pi \cdot t, \quad (7)$$

П – ежегодная планируемая прибыль от эксплуатации рекламной конструкции;

t – планируемое время эксплуатации рекламной конструкции;

q_t – вероятность отказа рекламной конструкци за время *t*.

Оптимальные параметры опорной стойки рекламной конструкции определяем из минимума целевой функции:

$$\frac{dC}{dq_{nn}} = 0.$$
$$C = A_1 + B_1 \cdot A + \Pi \cdot t + \Pi \cdot t(1 - q_{nn})^t \rightarrow \min. \quad (8)$$

Для получения выражения минимума целевой функции в аналитической удобной для дальнейших исследований форме необходимо формулу (5) представить в виде функциональной зависимости между вероятностью потери прочности опорной стойки и площадью ее сечений. Данная задача решается с использованием математического

аппарата корреляционно-регрессионного анализа. Проведенные расчеты показали, что эту зависимость удобнее всего описывать формулой вида:

$$q_{nn} = a_1 \cdot e^{-a_2 \cdot A}, \quad (9)$$

где a_1 и a_2 – коэффициенты полученные при составлении регрессионной модели;
A – площадь сечения опорной стойки.

Из формулы (9) площадь поперечного сечения стойки A рекламной конструкции запишем в виде формулы:

$$A = \frac{1}{a_2} \cdot \left(\ln \frac{a_1}{q_{nn}} \right). \quad (10)$$

Для дальнейших исследований были построены зависимости подобные зависимости, приведенной в формуле (12) для различных марок стали и форм сечений опорных стоек типовых рекламных конструкций г. Казани с параметрами распределения ветровой нагрузки $c = 1{,}0611$, $\beta = 0{,}611$. Полученные зависимости между вероятностью потери прочности опорной стойки и площадью ее сечения представлены в виде графиков для широко используемых в практике проектирования сечений опорных стоек и марок стали.

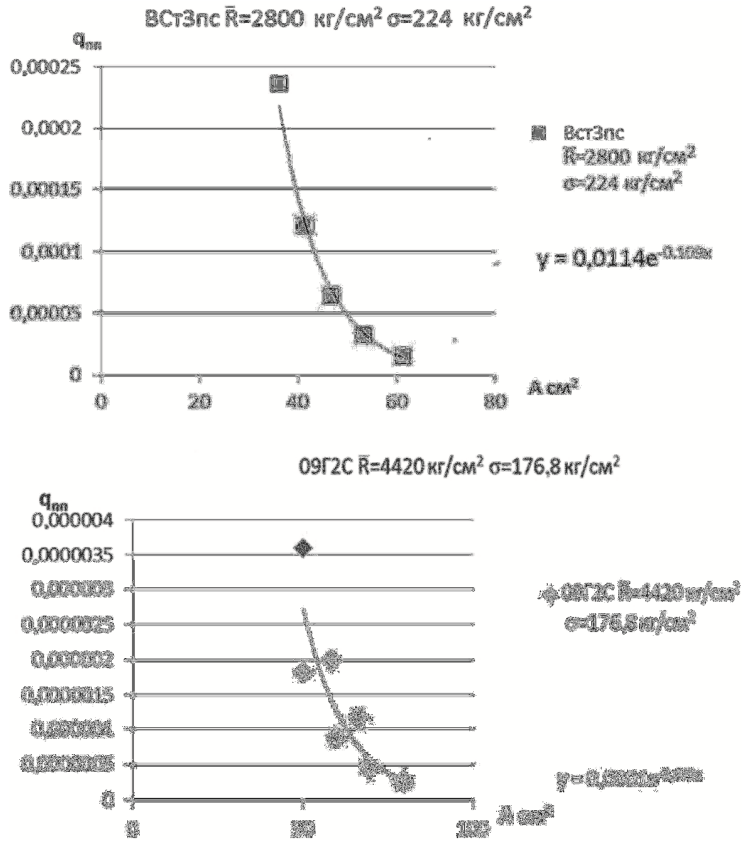


Рис. 2. Графики зависимости вероятности потери прочности и площади сечения опорной стойки РК из трубы по ГОСТ 10704-91 для различных марок стали

Подставляя (9) в (8) можно получить выражение минимума целевой функции экономических потерь от потери прочности стойки рекламной конструкции в виде функции:

$$\frac{B_2}{a_2 \cdot q_{nn}} - П \cdot t^2 = 0. \quad (11)$$

Для этого из минимума целевой функции в формуле (11) для планируемых сроков эксплуатации t и ожидаемой прибыли $П$ находим значение оптимальной вероятности отказа и подставляя его в формулу (10) определяем соответствующую оптимальную площадь сечения стойки.

В качестве примера для типового рекламного щита г. Казани с размерами на рис. 1 получены графические зависимости оптимальных значений площадей поперечного сечения опорной стойки *A* рекламной конструкции для различных сроков ее эксплуатации и различных значениях планируемой прибыли. Данные зависимости приведены на графиках, приведенных ниже.

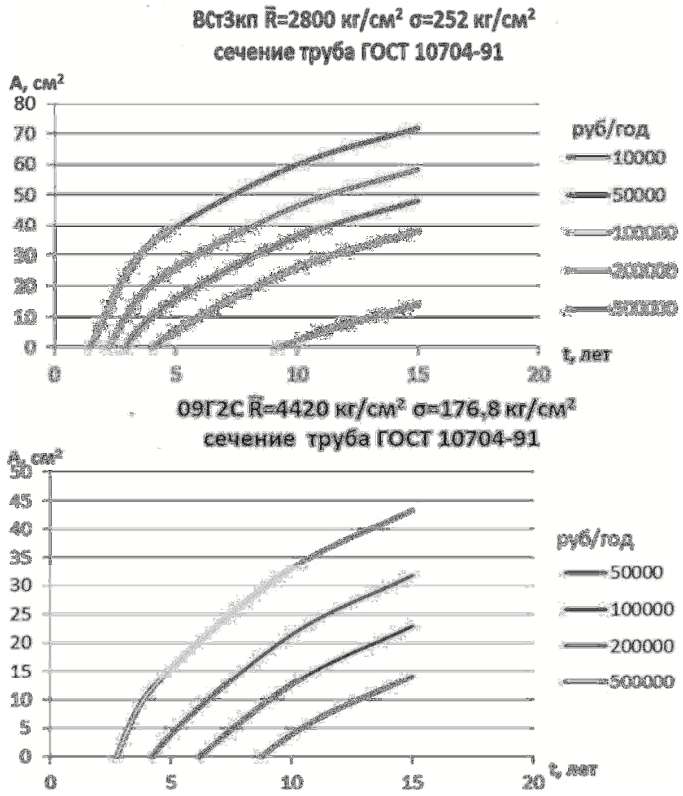


Рис. 3. Графики зависимости оптимальной площади сечения стойки (состоящей из трубы ГОСТ 10704-91) от времени эксплуатации и планируемой прибыли

Приведенный в статье метод расчета несущих конструкций типовых рекламных конструкций позволяет подбирать оптимальные значения сечений их опорных стоек с учетом таких важных факторов как планируемый доход от эксплуатации этих конструкций и время их эксплуатации.

Список библиографических ссылок

1. Лычев А.С. Надежность строительных конструкций. – М.: Из-во АСВ, 2008 – 168 с.
2. СП 20.13330.2011 Нагрузки и воздействия.
3. Манапов А.З., Хусаинов Д.М., Козлов М.В. О силе и последствиях урагана 8 июля 2007 года. // Известия КазГАСУ, 2008, № 2 (10). – С. 93-96.
4. Хусаинов Д.М., Шмелев Г.Н., Козлов М.В. Определение вероятностных характеристик ветровой нагрузки в г. Казани // Известия КГАСУ, 2010, № 2 (14). – С. 132-136.
5. Веселов Ю.А., Демченко Д.Б. Основы надежности строительных конструкций. – Ростов-на-Дону: Из-во Терра, 2001. – 384 с.
6. Хусаинов Д.М., Козлов М.В., Шагиева Г.Д. Определение оптимальных размеров фундаментов рекламных конструкций балластного типа // Известия КГАСУ, 2012, № 4 (22). – С. 171-174.
7. Хусаинов Д.М., Крупин В.П., Шагиева Г.Р. Определение параметров рекламных крышных конструкций балластного типа с учетом неэкономических потерь // Известия КГАСУ, 2012, № 4 (22). – С. 175-179.

8. Хусаинов Д.М., Пеньковцев С.А.., Шагиева Г.Р. Совершенствование инженерной методики расчета на устойчивость рекламных конструкций // Известия КГАСУ, 2013, № 4 (26). – С. 135-138.

Khusainov D.M. – candidate of technical sciences, associate professor
E-mail: xdmt@mail.ru
Dymolasov M.A. – senior lecturer
Penkovcev S.A. – candidate of technical sciences, associate professor
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Calculation of bearing structural elements of advertising designs using the methods of reliability theory

Resume

A method of selecting sections of the support legs advertising designs the most common structural form using the methods of reliability. Establish the relationship between the probability of loss of strength of the support post advertising structure and the area of its cross section, using the model described in the article to determine its failure with the description of stresses in the design section of the rack wind load as a random variable with a Weibull distribution law, and the strength of steel pedestal as a random variable with normal distribution. The relationship between the probability of failure in the form of the loss of strength and the cross-sectional area for the most common practice in the design of steel grades and profiles was shown. From the minimum of the objective function of the total expected cost is the corresponding optimal value of the refusal of the support post, allowing finding the optimal value obtained dependences cross-sectional area of the support post. A plot of the optimal values of the areas of supports from the time of operation and projected income from the operation of advertising structures for the most common grades of steel profiles and sections was shown.

Keywords: wind load, the probability of failure of the advertising structure as its rollover, the distribution of wind load.

Reference list

1. Lychov A.S. Reliability of building structures. – M.: Izd-vo ASV, 2008. – 168 p.
2. SP 20.13330.2011 Loads and actions.
3. Manapov A.Z., Khusainov D.M., Kozlov M.V. Determination of optimal size of the foundations of advertising structures ballast type // News of the KSUAE, 2008, № 2 (10). – P. 93-96
4. Khusainov D.M., Smelev G.N., Kozlov M.V. Definition of probability characteristics of wind load in Kazan // News of the KSUAE, 2010, № 2. – P. 132-136.
5. Veselov Iu.A., Demchenko D.B. Fundamentals of structural reliability. – Rostov-on-Don Izd-vo Terra, 2001. – 384 p.
6. Khusainov D.M., Kozlov M.V., Shagieva G.R. Determination of optimal size of the foundations of advertising structures ballast type // News of the KSUAE, 2012, № 4 (22). – P. 171-175.
7. Khusainov D.M., Krupin V.P., Shagieva G.R. Defining the parameters of advertising constructions ballast type roof with the non-economic losses // News of the KSUAE, 2012, № 4 (22). – P. 175-179.
8. Khusainov D.M., Penkovcev S.A., Shagieva G.R. Improvement of an engineering calculation procedure on stability of advertising constructions // News of the KSUAE, 2013, № 4 (26). – P. 135-138.

УДК 624.138.2
Клевеко В.И. – кандидат технических наук, доцент
E-mail: vlivkl@mail.ru
Пермский национальный исследовательский политехнический университет
Адрес организации: 614990, Россия, г. Пермь, Комсомольский пр., д. 29

Экспериментальные исследования напряженно-деформированного состояния армированных грунтовых оснований в глинистых грунтах

Аннотация

В статье приведены результаты натурных штамповых испытаний армированных оснований. В качестве армирующего горизонтального элемента использовалась стеклоткань. В процессе испытаний измерялись вертикальные перемещения и напряжения в активной зоне грунтового основания, а также осадка штампа. Для определения эффективности применения армирования грунта были проведены контрольные испытания неармированного основания. Результаты испытаний показали высокую эффективность применения армирования для повышения несущей способности оснований в глинистых грунтах.

Ключевые слова: армированные основания, напряженно-деформированное состояние, полевые штамповые испытания, глинистые грунты.

Возведение фундаментов на территориях Урала и Западной Сибири представляет значительные сложности, так как их основания представляют собой переувлажненные глинистые грунты. Стоимость сооружение фундаментов зданий и сооружений в таких условиях могут достигать 30 % от общей общих затрат на строительство. Поэтому сокращение затрат на возведение фундаментов на таких грунтах является весьма актуальной задачей.

Одним из эффективных способов улучшения прочностных и деформативных свойств грунтов является его армирование горизонтальными геосинтетическими прослойками. Особенно привлекательным, с экономической точки зрения, является применения местных глинистых грунтов. На кафедре «Строительное производство и геотехника» ПНИПУ был проведен значительный объем работ по изучению работы армированных оснований в глинистых грунтах [1-12].

Ранее проведенные исследования армированных оснований (АО) позволили выяснить качественную картину поведения армированных оснований, выявить рациональную область применения и их оптимальную конструкцию [2, 3, 5, 6, 8]. Рациональная область применения армирования – грунты тугопластичной и мягкопластичной консистенции (I_L от 0,4 до 0,6). Использование однослойных АО целесообразнее, чем двухслойных, т.к. их удельная несущая способность выше. В рассмотренной области более эффективно применение армирующих материалов, обладающих высокой линейной жесткостью [8]. На основе этих исследований были подобраны соответствующие грунтовые условия и параметры армирования для проведения натурных экспериментов.

Основной целью полевых штамповых испытаний было определение напряженно-деформированного состояния (НДС) армированных оснований для получения реальных количественных показателей. При проведении испытаний применялся круглый жесткий штамп диаметром 600 мм, выполненный из стали. В качестве армирующего материала использовалась стеклоткань, располагающаяся на глубине 150 мм и имеющая диаметр 1800 мм. Стеклоткань имела прочность на разрыв 45 кН/м и удлинение при разрыве 2%.

При проведении натурных экспериментов было запланировано установить закономерности развития осадок АО при различных ступенях нагружения, определить их несущую способность. а также сравнить полученные результаты с неармированным грунтовым основанием. Следующей задачей было исследование НДС активной зоны АО, для этого замерялись вертикальные напряжения и деформации в активной зоне основания с использованием датчиков давления (мессдоз) и грунтовых марок.

Опыты проводились в полевых условиях на специально подготовленной площадке.

Конструкция упорного устройства состояла из стальных двутавровых балок высотой 600 мм, усиленных поперечными ребрами жесткости, которые закреплялмсь на анкерных сваях. В качестве анкерных свай использовались железобетонные призматические сваи длиной 8 м, сечением 300×300 мм. Общий вид упорной конструкции представлен на рис. 1.

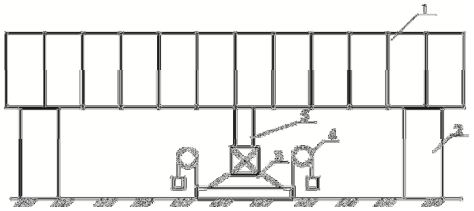


Рис. 1. Общий вид упорного устройства для штамповых испытаний
на экспериментальной площадке:
1 – упорная балка, *2* – анкерная свая, *3* – жесткий штамп,
4 – прогибомеры, *5* – гидравлический домкрат

Нагрузка на штамп прикладывалась с помощью гидравлического домкрата ДГ-25, работающего с ручной насосной станцией. Величина нагрузки контролировалась по показаниям манометра.

Для изучения НДС активной зоны АО замерялись нормальные вертикальные напряжения с помощью датчиков давления (мессдоз) и вертикальные перемещения с помощью грунтовых марок. Схема установки мессдоз и грунтовых марок приведена на рис. 2.

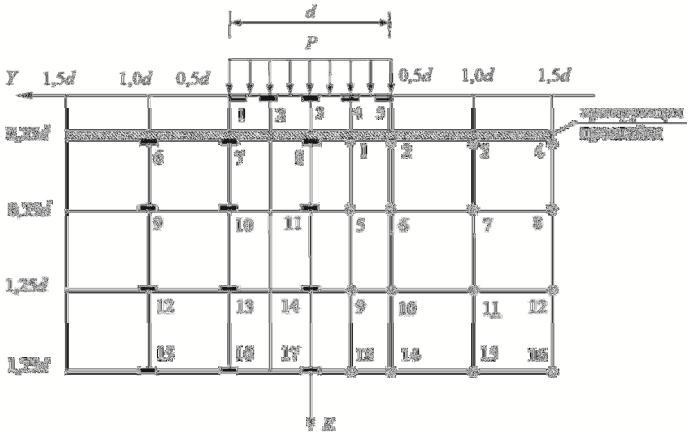


Рис. 2. Схема расположения мессдоз и марок (о – марки; ▬ – мессдозы)

Вертикальное давление в грунтовом массиве измерялось тензорезисторными преобразователями давления с гидравлическим мультипликатором типа ПДП-70-11 и ПДМ-70-11 разработанные в ЦНИИСКа им. В.А. Кучеренко. Выходных сигналы тензорезисторов регистрировались измерительной тензометрической системой СИИТ-3.

Вертикальные деформаций в активной зоне грунтового массива замерялись с помощью грунтовых марок. Глубинная грунтовая марка выполнена в виде стального конуса с упругой зубчатой пластиной, который прикрепляется к прогибомеру с помощью стальной проволоки диаметром 0,3 мм, которая пропускалась через алюминиевую трубку диаметром 5 мм для предотвращения трения проволоки о грунт.

На опытной площадке инженерно-геологическими изысканиями установлено следующее напластование грунтов (сверху вниз):

1) глины мягкопластичной консистенции мощностью до 1,4 м;

2) глины от тугопластичной до мягкопластичной консистенции мощностью до 9,2 м;

3) суглинки иловатые от тугопластичной до мягкопластичной консистенции

мощностью до 6,2 м;

4) суглинки слюдистые от тугопластичной до мягкопластичной консистенции мощностью до 5,5 м.

Уровень грунтовых вод отмечен на глубине 0,7 м от дневной поверхности. Физико-механические характеристики грунтов основания приведены в табл.

Таблица

№	Мощность слоя, м	I_p, д.ед.	I_L, д.ед.	γ, кН/м^3	e, д.ед.	W, %	S_r, д. ед.	φ, град.	c МПа	E МПа
1	1,4	0,20	0,6	18,8	0,864	28,0	0,888	10	0,013	8,22
2	9,2	0,176	0,59	18,7	0,87	26,75	0,961	12	0,036	11,5
3	6,2	0,119	0,61	19,6	0,78	29,82	0,991	17	0,017	11,0

Для сопоставления с результатами испытаний АО попутно проводились испытания для неармированного грунтового основания. Испытания проводились в соответствии с ГОСТ 20276-99. Непосредственно из точек проведения штамповых испытаний были взяты пробы для уточнения физико-механических характеристик грунта.

Перед проведением испытаний АО верхний слой грунта снимался на глубину 150 мм, затем устанавливались мессдозы и грунтовые марки на глубину 150, 450, 750 и 1050 мм, после этого укладывалась армирующая прослойка. Далее снятый слой грунта укладывался сверху армирующей прослойки с уплотнением до природной плотности.

Первым этапом проведения исследований было определение зависимости осадки штампа от нагрузки, а затем определить НДС активной зоны армированных грунтовых оснований. По результатам испытаний получены графики зависимости осадки штампа от нагрузки и вертикальные напряжения и перемещения.

Графики зависимости осадки штампа от нагрузки для армированного и неармированного оснований представлены на рис. 3. Анализ этих графиков показывает, что на первоначальной стадии загружения АО имеет большие осадки по сравнению с неармированным. Этот эффект был отмечен и при модельных испытаниях [9]. Испытательная нагрузка доводилась до нагрузки 150 кПа при которой наблюдался разрыв армирующей прослойки, т.е за несущую способность АО можно принять нагрузку 125 кПа, а не армированного основания – 90 кПа.

Анализ графиков «осадка-нагрузка» показывает, что армирующая прослойка начинает работать только при достижении сравнительно больших осадок (более 70 мм) Поэтому АО с однослойным армированием рационально применять для сооружений, некритичными к величине осадок.

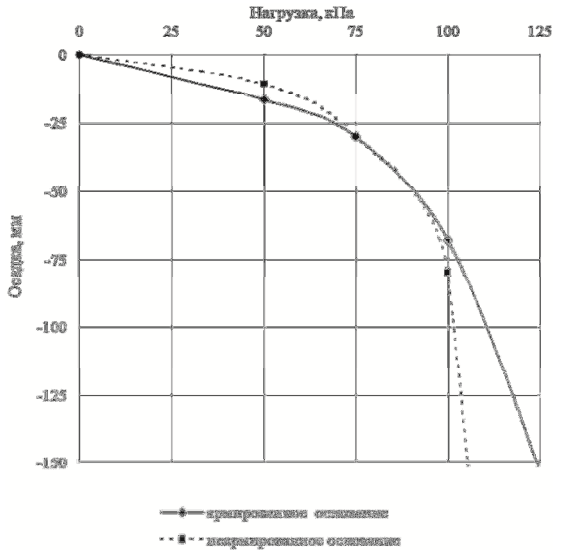


Рис. 3. Графики зависимости осадки от нагрузки
для армированного и неармированного оснований

При проведении полевых штамповых испытаний делались замеры величины нормальных вертикальных напряжений в активной зоне оснований. Для сопоставления результатов на различных стадиях загружения были построены эпюры при нагрузке 50 кПа и 125 кПа, которые приведены соответственно на рис. 4 и 5. Анализ полученных эпюр напряжений показывает значительное различие в поведении армированных и неармированных оснований, особенно в зоне расположения армирующей прослойки.

На уровне расположения армирующей прослойки (глубина 0,25*d*), при нагрузках 50 кПа (рис. 4, а) и 125 кПа (рис. 5, а) эпюры вертикальных напряжений имеют седлообразный вид. Максимальные напряжения в неармированном основании немного больше, чем в АО при нагрузке 50 кПа, но уже при нагрузке 125 кПа величина напряжений в неармированном основании значительно больше, чем в АО.

На глубине 450 мм (0,75*d*) эпюры напряжений при нагрузках как 50 кПа (рис. 4, б), так и при 125 кПа (рис. 5, б) трансформируются из седлообразного вида в выпуклый вид. Величина напряжений в АО становится немного больше, чем в неармированном при нагрузке 50 кПа (рис. 4, б), а при нагрузке 125 кПа (рис. 5, б) в АО существенно ниже, чем в неармированном, т.е армирующая прослойка существенно перераспределяет напряжения.

На глубине 750 мм (1,25*d*) при нагрузке 50 кПа (рис. 4, в) величина вертикальных напряжений неармированного основания остается ниже, чем АО, а при нагрузке 125 кПа (рис. 5, в) величина и распределения напряжений для АО и неармированного оснований практически совпадают.

Величины вертикальных напряжений на глубине 1050 мм (1,75*d*) при нагрузке 50 кПа (рис.4, г) и 125 кПа (рис. 5, г) имеют такое же поведение, как и на глубине 1,25*d*.

Кроме замеров вертикальных напряжений при проведении полевых штамповых испытаний, также проводились замеры величины вертикальных перемещений марок в активной зоне оснований. Результаты замеров приведены на графиках рис. 6 и 7.

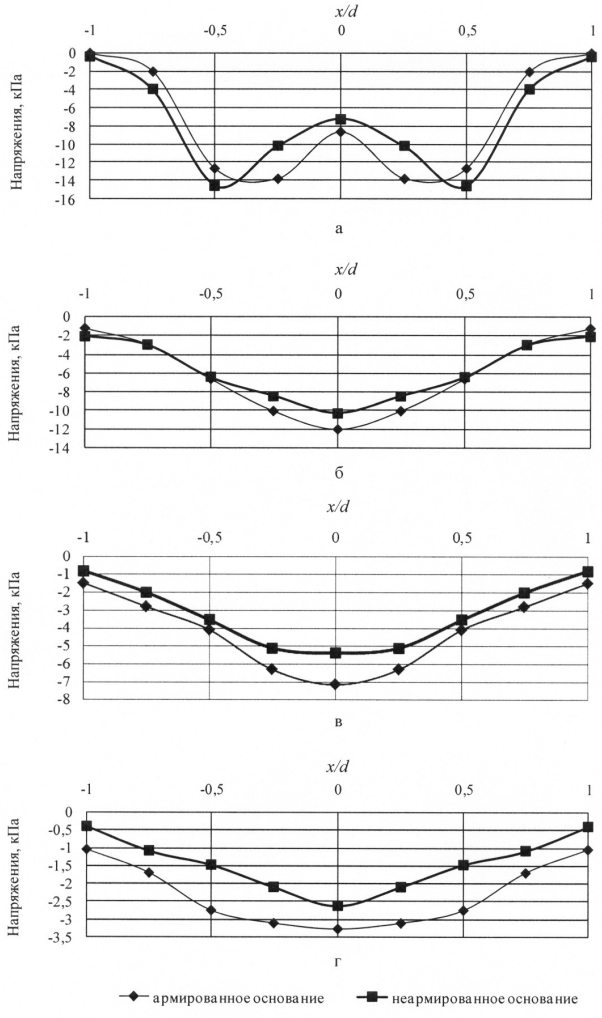


Рис.4. Экспериментальные значения вертикальных напряжений в грунте при нагрузке 50 кПа: а – на глубине 0,25 *d*; б – на глубине 0,75*d*; в – на глубине 1,25*d*; г – на глубине 1,75*d*

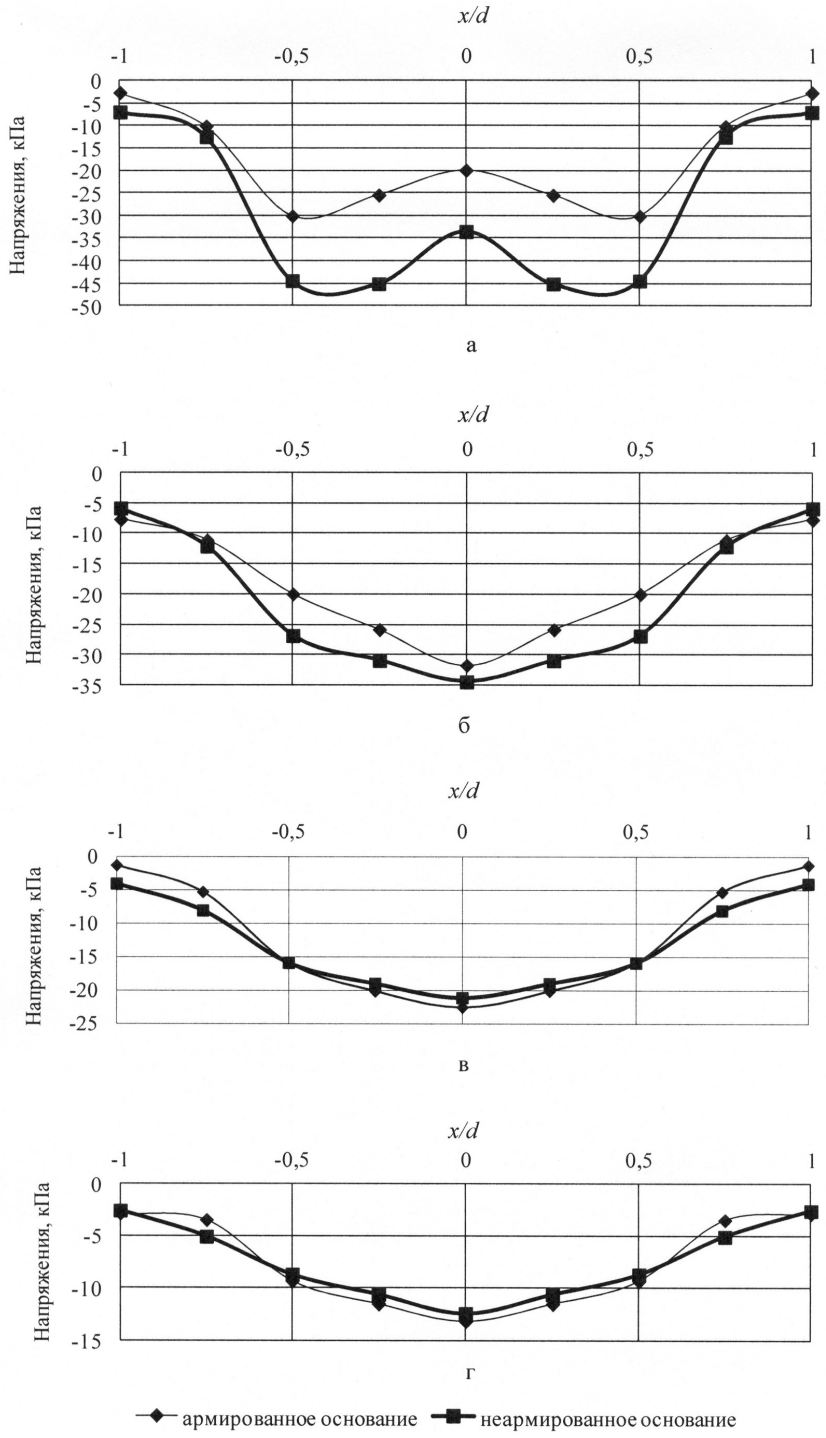


Рис. 5. Экспериментальные значения вертикальных напряжений в грунте при нагрузке 125 кПа: а – на глубине 0,25 *d*; б – на глубине 0,75*d*; в – на глубине 1,25*d*; г – на глубине 1,75*d*

Вертикальные перемещения на глубине 1,75*d* для АО и неармированного основания практически совпадают и поэтому не приведены.

Характер поведения перемещения грунтовых марок в активной зоне грунтового основания соответствует характеру поведения вертикальных напряжений.

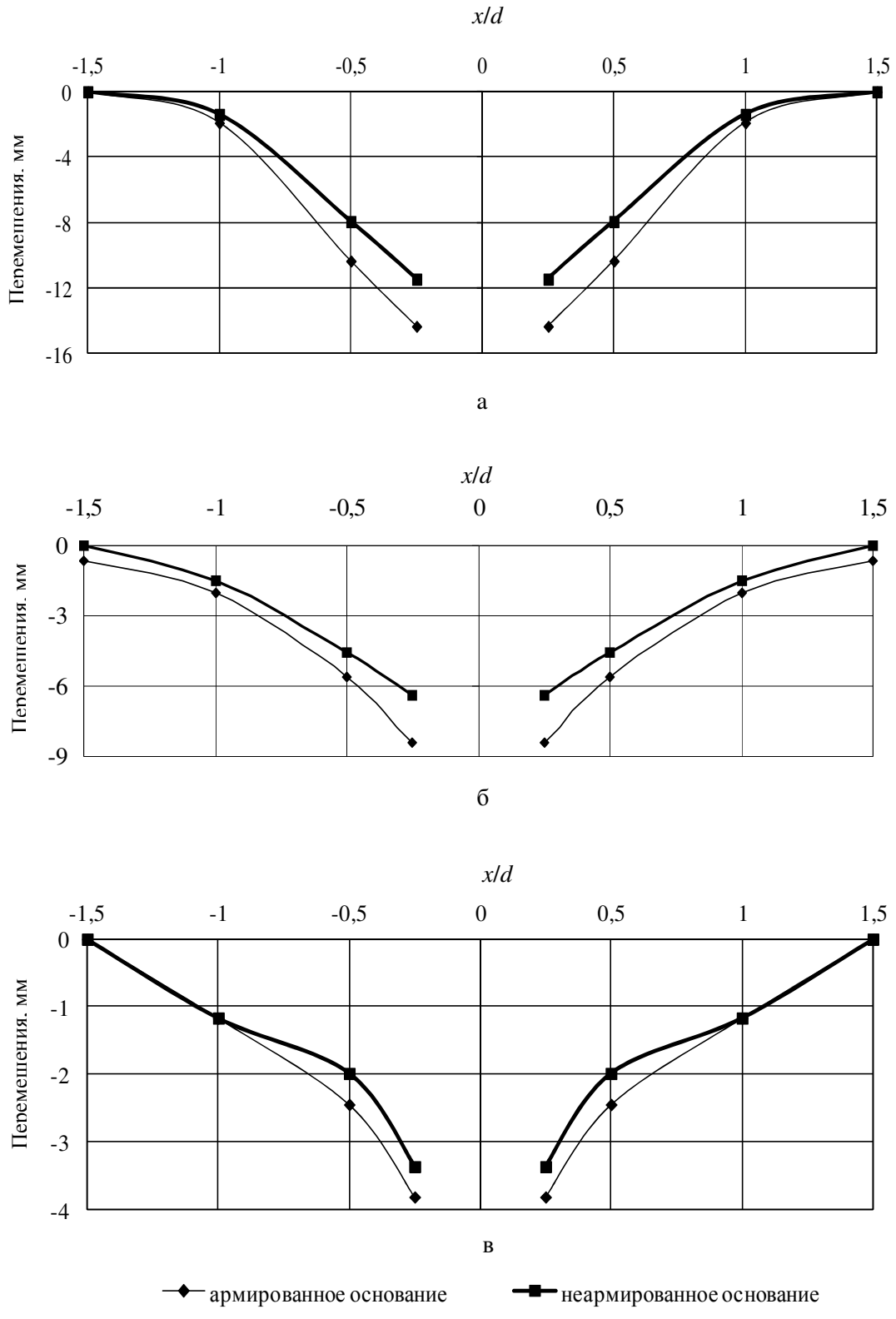


Рис. 6. Экспериментальные значения вертикальных перемещений марок при нагрузке 50 кПа: а – на глубине 0,25*d*; б – на глубине 0,75*d*; в – на глубине 1,25*d*

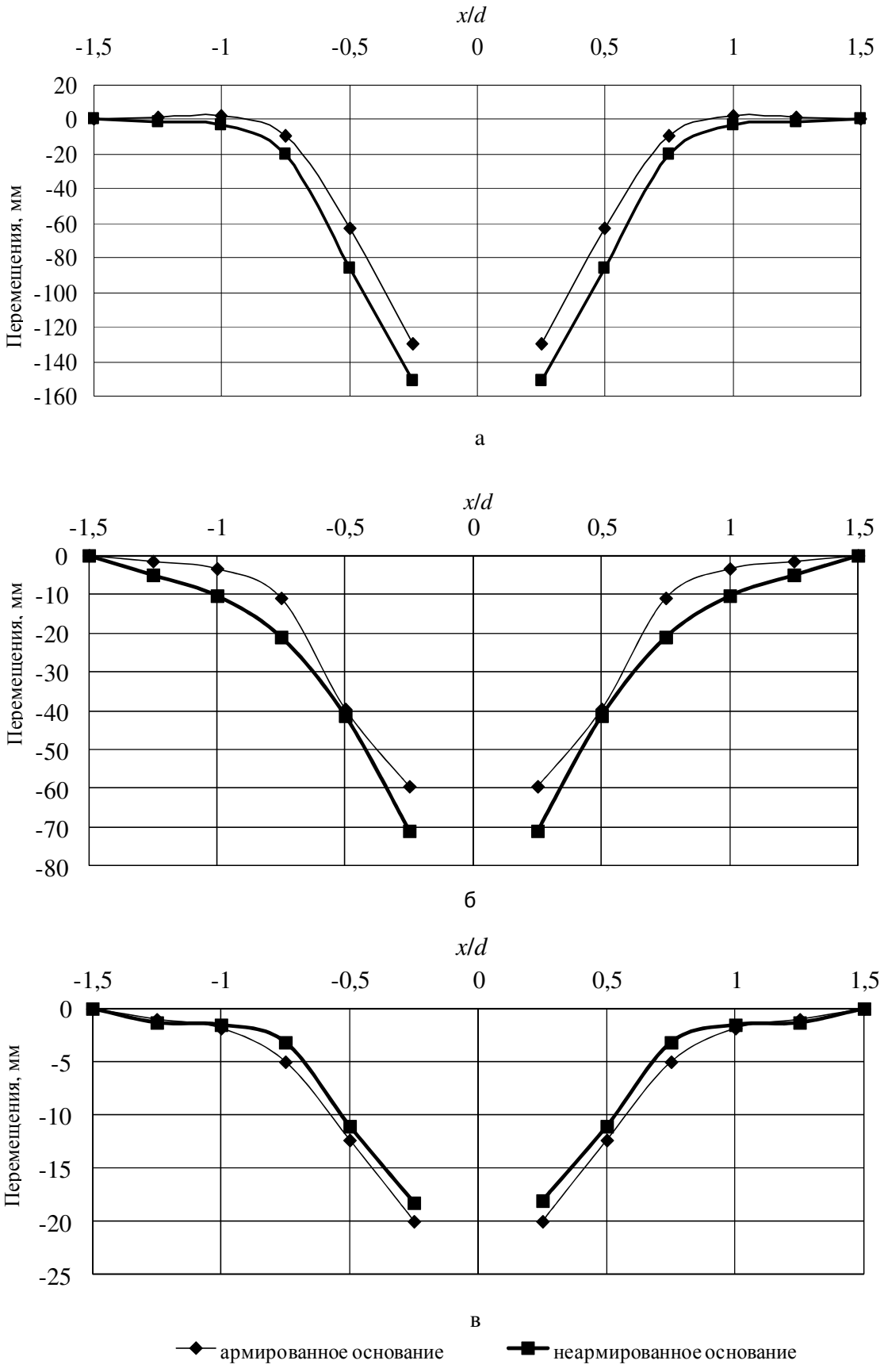


Рис. 7. Экспериментальные значения вертикальных перемещений марок при нагрузке 125 кПа: а – на глубине 0,25*d*; б – на глубине 0,75*d*; в – на глубине 1,25*d*

Выводы

Анализ результатов натурных штамповых исследований в глинистых грунтах позволяет сделать следующие выводы:

1. Армирование основания приводит к повышению несущей способности основания. Эффективность применения армированных оснований повышается при увеличении осадки сооружения.

2. НДС армированного основания заметно отличается от НДС неармированного основания. Введение армирующего элемента трансформирует распределение напряжений в активной зоне основания. Напряжения концентрируются в зоне расположения армирующей прослойки и уменьшаются в области ниже ее.

3. Зона активного перераспределения вертикальных напряжений в АО составляет по глубине величину 1,0-1,25*d* от подошвы штампа, а по ширине на величину до 1,0 *d* от оси штампа.

Список библиографических ссылок

1. Bartolomey A.A., Kleveko V.I., Ofrikhter V.G., Ponomaryov A.B., Bogomolov A.N. The use of synthetic materials in the highway engineering in the Urals // Geotechnical engineering for transportation infrastructure. Proceedings of the 12th European conference on soil mechanics and geotechnical engineering, Amsterdam, June 1999. Netherlands. – Amsterdam, 1999, Vol. 2. – P. 1197-1202.
2. Kleveko V.I. Research of the clay soil reinforced bases work // Proceedings 5-th European Geosynthetics Congress. – Valencia, 2012, Vol. 4. – P. 317-321.
3. Клевеко В.И. Оценка напряженно-деформированного состояния армированных оснований в пылевато-глинистых грунтах: дис. канд. техн. наук / Перм. гос. техн. ун-т. – Пермь, 2002. – 152 с.
4. Клевеко В.И. Применение геосинтетических материалов в дорожном строительстве в условиях Пермского края // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Строительство и архитектура, 2013, № 1. – С. 114-123.
5. Клевеко В.И. Влияние глубины заделки и модуля деформации армирующей прослойки на несущую способность армированных грунтовых оснований // Основания и фундаменты в геологических условиях Урала, 2001, № 1. – С. 71-76.
6. Клевеко В.И. Исследование работы армированных глинистых оснований. // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Строительство и архитектура, 2014, № 4. – С. 101-110.
7. Татьянников Д.А., Клевеко В.И., Пономарев А.Б. Анализ работы армированного песчаного основания на основе штамповых модельных испытаний // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Урбанистика, 2012, № 4 (8). – С. 92-102.
8. Клевеко В.И. Влияние глубины заделки и модуля деформации армирующей прослойки на несущую способность армированных грунтовых оснований // Основания и фундаменты в геологических условиях Урала, 2001, № 1. – С. 71-76.
9. Татьянников Д.А., Клевеко В.И. Влияние сжимаемости армирующего материала на осадку фундамента при штамповых модельных испытаниях на примере геокомпозита // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Строительство и архитектура, 2013, № 2. – С. 124-132.
10. Пономарев А.Б., Кузнецова А.С., Богомолова О.А. Результаты исследований фиброармированного песка // В сборнике: Актуальные проблемы геотехники. Сборник статей, посвященный 60-летию профессора А.Н. Богомолова. Редакторы: Богомолов А.Н., Пономарев А.Б. – Волгоград, 2014. – С. 140-147.
11. Пономарев А.Б., Золотозубов Д.Г., Нестратов М.Ю. Методика расчета армированного грунтового основания при возникновении провалов в грунтовом массиве // В сборнике: Актуальные проблемы геотехники. Сборник статей,

посвященный 60-летию профессора А.Н. Богомолова. Редакторы: Богомолов А.Н., Пономарев А.Б. – Волгоград, 2014. – С.180-187.
12. Пономарев А.Б., Золотозубов Д.Г. Влияние глубины заложения армирующего материала на несущую способность основания при провалах грунта // Вестник гражданских инженеров, 2010, № 2. – С. 100-103.

Kleveko V.I. – candidate of technical sciences, associate professor
E-mail: vlivkl@mail.ru
Perm National Research Polytechnic University
The organization address: 614990, Russia, Perm, Komsomolsky prospekt, 29

Experimental studies of the stress-strain state of reinforced bases in clay soils

Resume

The article presents the results of field testing of die-reinforced bases. Glass fiber was used as the reinforcing horizontal member. During the tests, measured vertical displacements and stresses in the core of the subgrade and sediment stamp. To determine the effectiveness of soil reinforcement were conducted pilot tests reinforced base. The tests revealed that the single layer reinforcing clay base results in an increase in bearing capacity of 1.35 times the base. Effectiveness of reinforced bases increases with increasing precipitation structures. Stress-strain state reinforced base is markedly different from the stress-strain state of reinforced base. Introduction reinforcing element transforms the stress distribution in the core base. Stresses concentrate in an area of the reinforcing layer and decrease in the area below it. Redistribution of the active area in the vertical stress is reinforced based on depth amount 1,0 - 1,25 d from the base of the stamp, and in width by up to 1,0 d from the axis of the die. The test results showed high efficiency of reinforcement to increase the bearing capacity of foundations in clay soils.

Keywords: reinforced bases, the stress-strain state, punching field tests, clay soils

Reference list

1. Bartolomey A.A., Kleveko V.I., Ofrikhter V.G., Ponomaryov A.B., Bogomolov A.N. The use of synthetic materials in the highway engineering in the Urals // Geotechnical engineering for transportation infrastructure. Proceedings of the 12th European conference on soil mechanics and geotechnical engineering, Amsterdam, June 1999. Netherlands. – Amsterdam, 1999, Vol. 2. – P. 1197-1202.
2. Kleveko V.I. Research of the clay soil reinforced bases work // Proceedings 5-th European Geosynthetics Congress. – Valencia, 2012, Vol. 4. – P. 317-321.
3. Kleveko V.I. Evaluation of stress-strain state of reinforced bases in silty clay soils: dis. Candidate. tehn. Science / Perm State Technical University, Perm, 2002. – 152 p.
4. Kleveko V.I. Application of geosynthetics in road construction under the Perm Territory // Bulletin Perm National Research Polytechnic University. Construction and architecture, 2013, № 1. – P. 114-123.
5. Kleveko V.I. Effect of planting depth and modulus of deformation of the reinforcing layer on the bearing capacity of reinforced soil foundations // Foundations in the geological conditions of the Urals, 2001, № 1. – P. 71-76.
6. Kleveko V.I. Study of clay reinforced bases. // Bulletin of the Perm National Research Polytechnic University. Construction and architecture, 2014, № 4. – P. 101-110.
7. Tatyannikov D.A., Kleveko V.I., Ponomarev A.B. Analysis of reinforced sand foundation based on model tests of die // Vestnik Perm National Research Polytechnic University. Urbanistics, 2012, № 4 (8). – P. 92-102.
8. Kleveko V.I. Effect of planting depth and modulus of deformation of the reinforcing layer on the bearing capacity of reinforced soil foundations // Foundations in the geological conditions of the Urals, 2001, № 1. – P. 71-76.

9. Tatyannikov D.A., Kleveko V.I. Effect of compressibility of the reinforcing material to foundation settlement of die model tests in the example geocomposite // Bulletin Perm National Research Polytechnic University. Construction and architecture, 2013, № 2. – P. 124-132.
10. Ponomarev A.B., Kuznetsova A.S., Bogomolov A.N. Research results fiber reinforced sand // In: Actual problems of geotechnics. Collection of papers dedicated to the 60th anniversary of Professor A.N. Bogomolov. Editors: A.N. Bogomolov, A.B. Ponomarev. – Volgograd, 2014. – P. 140-147.
11. Ponomarev A.B., Zolotozubov D.G., Nestratov M.Y. Methods of calculating reinforced subgrade in the event of failures in the soil array // In: Actual problems of geotechnics. Collection of papers dedicated to the 60th anniversary of Professor A.N. Bogomolov. Editors: A.N. Bogomolov, A.B. Ponomarev. – Volgograd, 2014. – P. 180-187.
12. Ponomarev A.B., Zolotozubov D.G. Influence of the depth of the reinforcing material on the bearing capacity of the foundation soil in failures // Bulletin of Civil Engineers, 2010, № 2. – P. 100-103.

УДК 624.154.1
Мирсаяпов И.Т. – доктор технических наук, профессор
E-mail: mirsayapov1@mail.ru
Ибрагимов К.В. – студент
E-mail: kamibragim@mail.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

Экспериментальные исследования моделей плитно-свайных фундаментов при режимном циклическом нагружении

Аннотация

Приводятся результаты исследований влияния воздействия переменной циклической нагрузки на модель плитно-свайного фундамент. При проведении лотковых испытаний определяются осадки, напряжения, деформации в грунте и в сваях. На основании результатов экспериментальных исследований построены графики зависимости осадки и деформаций от количества циклов нагружения. Приводится анализ графических зависимостей, который показывает, что напряжение в грунте и сваях изменяется в процессе циклического нагружения.

Ключевые слова: режимные циклические нагружения, деформация, грунт.

В современных условиях одним из способов увеличения несущей способности при высоких уровнях нагрузки и неблагоприятных грунтовых условиях является применение плитно-свайных фундаментов.

Исследования плитно-свайного фундамента в основном ограничиваются выявлением основных закономерностей поведения при кратковременном статическом нагружении. Наряду со статическими нагрузками основание плитно-свайного фундамента подвергается воздействую режимных циклических нагрузок, которые в ряде случаев являются основными определяющими безопасность зданий при их длительной эксплуатации.

В следствии этого возникает необходимость в изучении работы плитно-свайного фундамента при режимном циклическом нагружении.

Экспериментальные исследования проводились в объемном лабораторном лотке с размерами 100х100х100 см (рис. 1). Для исследования поведения плитно-свайного фундамента была использована теория моделирования.

Моделью ростверка плитно-свайного фундамента использовалась железобетонная плита с размерами 40х40х4 см, армированная проволочной арматурой диаметром 3 мм Вр-I.

Грунтом основания являлась супесь пластичная (модуль деформации Е=3,5 МПа, угол внутреннего трения φ=33°, удельное сцепление С=3 кПа, плотность ρ=1,45 г/см^3, влажность W=11 %).

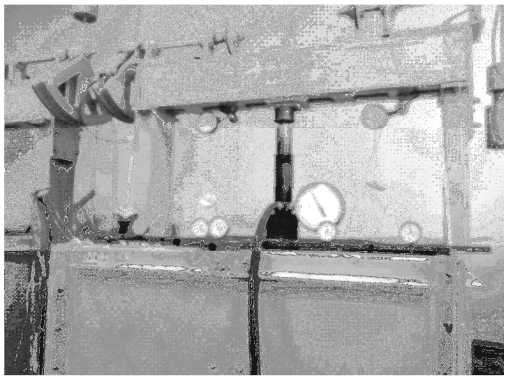


Рис. 1. Внешний вид испытательного стенда

Деформации межсвайного пространства и пространства ниже острия свай определялись грунтовыми датчиками. Сваи представляют собой полые пластиковые трубки диметром 0,7 см, с длинной 40 см и толщиной стенки 0,1 см. Наклеенные по всей длине тензорезисторы определяли деформации свай. Схема расположения датчиков и свай указаны на рис. 2. Прочностные и деформативные характеристики: прочность на сжатие $R_{сж}$=92,0 МПа; модуль деформации $E_{сж}$=7000 МПа. При экспериментальных исследованиях в модели плитно-свайного фундамента принято количество свай в числе 30 шт. и шагом 7d. Установка свай осуществлялась путем послойной отсыпки и уплотнения грунта межсвайного пространства. В зависимости от режима испытания проводилось ступенчатое нагружение модели плитно-свайного фундамента с помощью гидравлического домкрата.

С помощью грунтовых датчиков определилось давление в грунтовом массиве.

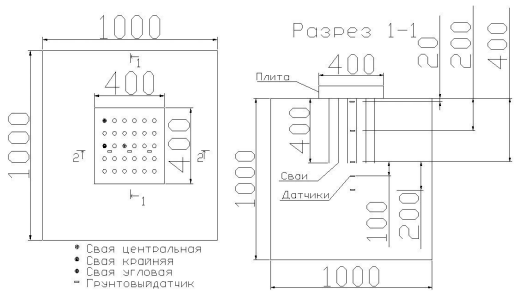


Рис. 2. Схема расположения свай и схема расположения грунтовых датчиков

При проведении экспериментальных исследований фиксировалась осадка плитно-свайного фундамента, деформации в характерных сваях, деформация грунта межсвайного пространства и под острием свай. Деформированное состояние основания плитно-свайного фундамента в процессе режимного циклического нагружения при проведенных работах позволили установить основные закономерности. Параметры режимного циклического нагружения приведены в таблице. Схемы блочного режимного циклического нагружения показаны на рис. 3.

Таблица

Режимы циклического нагружения

№	№ экспериментальной модели	P макс, кг	P мин, кг	Количество циклов N в блоках нагружения	Общее количество циклов нагружения N
1	ПСФ-1	600	300	5000	5000
2	ПСФ-2	500	250	1000	4000
		700	350	1000	
		900	450	1000	
		1000	500	1000	
3	ПСФ-3	700	350	1000	3805
		900 кг	450	1000	
		1100	550	1000	
		1300	650	805	
4	ПСФ-4	800	400	1000	6000
		900	450	1000	
		1000	500	1000	
		1100	550	1000	
		1200	600	1000	
		1300	650	1000	
5	ПСФ-5	300	600	500	1000
		400	800	500	
6	ПСФ-6	300	600	500	2300
		350	700	500	
		400	800	500	
		450	900	500	
		500	1000	300	

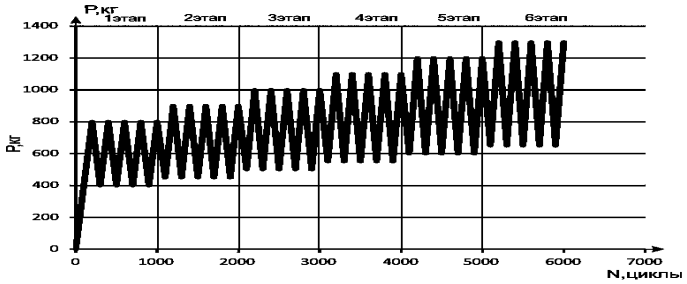


Рис. 3. Схема блочного режимного циклического нагружения

Изменение деформаций в сваях, расположенных в характерных зонах плитно-свайного фундамента, приведены на рисунках 4-6. Как видно из рисунков режимное циклическое нагруение приводит к увеличению деформаций в сваях. При этом значительные деформации в сваях происходят на первых циклах первого блока нагружения до 200-300 цикла. При дальнейших циклах происходит стабилизация деформаций в сваях. Наибольшие деформации свай происходят в верхней зоне. Так, например, в угловой свае на 1-ом цикле первого блока относительная деформация составляет $60\cdot 10^{-5}$, на 300 цикле относительная деформация угловой свай в верхней зоне равна $63{,}5\cdot 10^{-5}$, далее деформации стабилизируются и в конце последнего цикла первого блока относительная деформация составляет $65\cdot 10^{-5}$. В момент перехода на следующий блок нагружения происходит скачкообразное увеличение деформаций на $1\cdot 10^{-5}$, затем деформации развиваются аналогично первому блоку. В пределах второго блока прирост деформации за 1000 циклов составляет $9\cdot 10^{-5}$. При переходе на следующие блоки выше описанные закономерности развития деформаций повторялись, но в каждом последующем блоке интенсивность развития деформаций уменьшается.

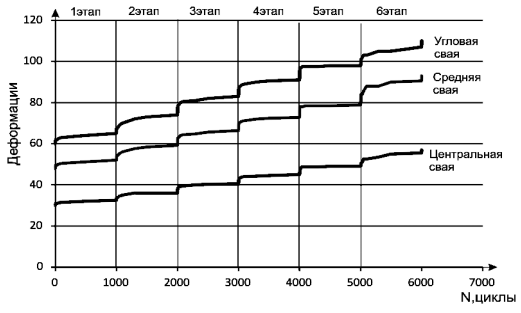


Рис. 4. Изменение деформаций при циклической нагрузке в сваях на уровне 2 см от подошвы ростверка

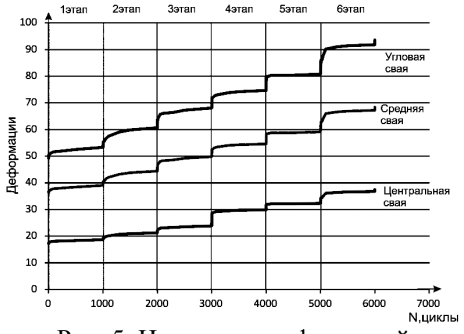


Рис. 5. Изменение деформаций при циклической нагрузки в сваях на уровне 20 см от подошвы ростверка

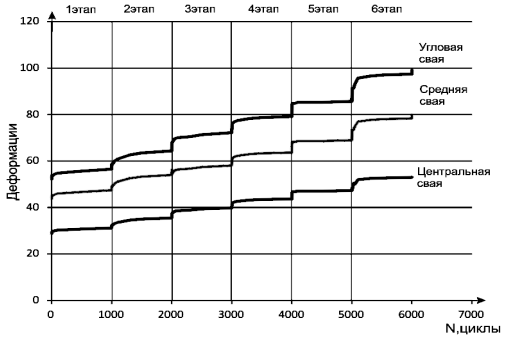


Рис. 6. Изменение деформаций при циклической нагрузки в сваях на уровне 40 см от подошвы ростверка

На рис. 7-9 приведены графики изменения деформаций в разных зонах грунта межсвайного пространства. Как видно из рисунков, происходит увеличение деформаций в грунте во всех зонах грунта по мере увеличения количества циклов нагружения до 200-300 цикла. При дальнейшей циклической нагрузки деформации в межсвайном грунте стабилизируются. При этом необходимо отметить, что наибольшее увеличение деформаций происходит под плитным ростверком и уменьшаются по глубине. Так, например, в верхней зоне межсвайного пространства на уровне 2 см от ростверка фундамента на 1-ом цикле первого блока относительная деформация составляет $48\cdot10^{-5}$, на 300 цикле $50{,}8\cdot10^{-5}$, далее происходит стабилизация деформаций и в конце последнего цикла первого блока относительная деформация составляет $52\cdot10^{-5}$. В момент перехода на следующий блок нагружения происходит скачкообразное увеличение относительных деформаций на $0{,}8\cdot10^{-5}$, затем деформации развиваются аналогично первому блоку. Во втором блоке прирост деформации за 1000 циклов составляет $7{,}2\cdot10^{-5}$. При переходе на следующие блоки выше описанные закономерности развития деформаций повторялись, но в каждом последующем блоке интенсивность развития деформаций уменьшается.

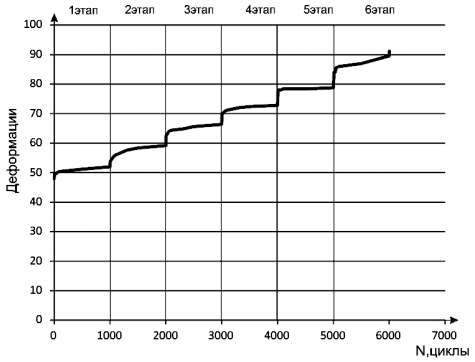


Рис. 7. Изменение деформации при циклическом нагружении в межсвайном пространстве на уровне 2 см от низкого ростверка

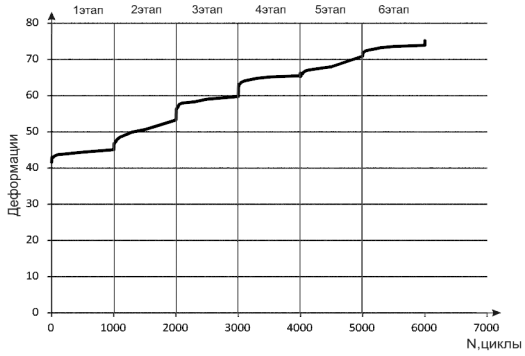


Рис. 8. Изменение деформации при циклическом нагружении в межсвайном пространстве на уровне 20 см от низкого ростверка

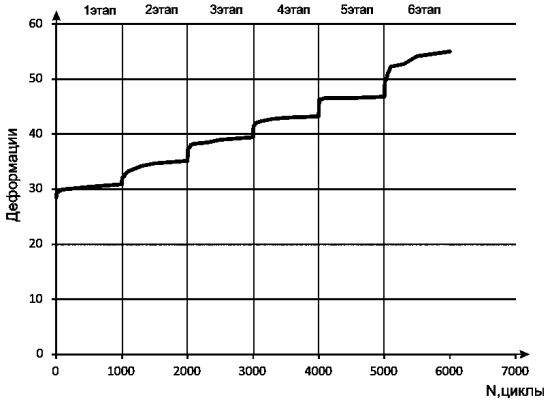


Рис. 9. Изменение деформации при циклическом нагружении в межсвайном пространстве на уровне 40 см от низкого ростверка

На рис. 10 и 11 показаны изменения деформаций в грунте основания свайного поля ниже острия свай. На первых этапах режимного циклического нагружения деформации грунта в плоскости острия свай превышает значения деформаций грунта в межсвайном пространстве. При нагрузке, близкой к предельной, деформации грунта под сваями значительно увеличиваются. Например, в первом блоке нагрузки на первом цикле деформации грунта на 10 см ниже острия свай составляют $60\cdot10^{-5}$, на 300 цикле первого

блока деформация равна $75\cdot10^{-5}$ и в конце первого блока относительная деформация грунта под острием свай составляет $76\cdot10^{-5}$. При переходе на следующие блоки выше описанные закономерности развития относительных деформаций повторялись. В каждом последующем блоке интенсивность развития деформаций уменьшается.

Сравнивая деформации под ростверком плитно-свайного фундамента с деформациями под острием свай утверждаем, что деформации под острием свай на первом цикле нагрузки первого блока больше на $12\cdot10^{-5}$,на 300 цикле $14{,}2\cdot10^{-5}$ и в конце первого блока на $14\cdot10^{-5}$. Далее при переходе к следующим блокам нагрузки закономерности повторяются, но с меньшей интенсивностью развития деформаций.

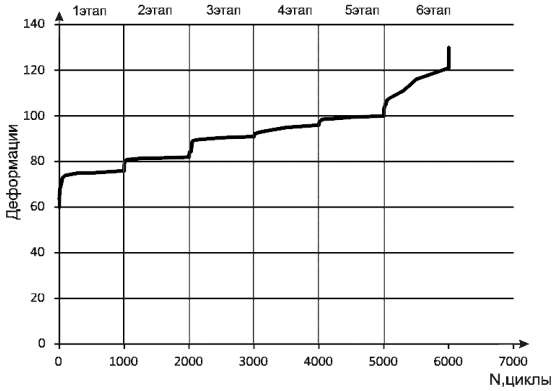


Рис. 10. Изменение деформации при циклическом нагружении на уровне 10 см ниже острия свай

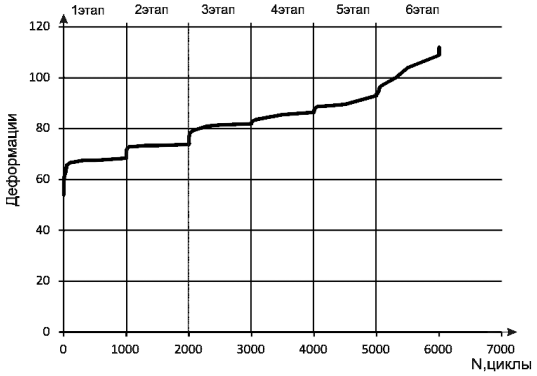


Рис. 11. Изменение деформации при циклическом нагружении на уровне 20 см ниже острия свай

Ниже показаны график осадок при режимном циклическом нагружении (рис. 12) и развитие осадок в пределах каждого блока нагружения (рис. 13). Деформации уплотнения в начальной стадии реализуются практически во всех зонах. Приращение деформаций уплотнения после 300 циклов нагружений практически прекращаются, что вызвало уменьшение интенсивности нарастания осадок, однако характер осадок на следующих блоках нагружения повторяются. Осадки основания, измеренные в процессе нагружения после различного количества повторной нагрузки изменяются аналогично деформациям грунта межсвайного пространства и грунта под острием сваи.

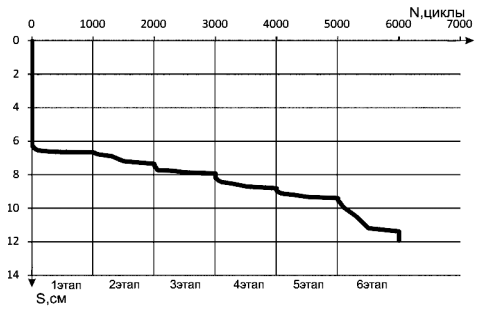


Рис. 12. График зависимости осадки при режимном циклическом нагружении

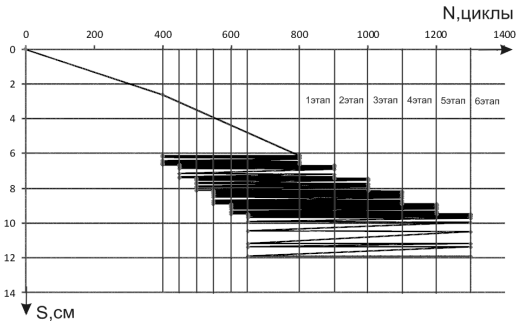


Рис. 13. Развитие осадок плитно-свайного фундамента на различных блоках нагружения

Модуль деформации области ниже острия свай уменьшается и составляет до 71 % от первоначального, в то время как в зоне межсвайного пространства увеличивается и составляет 122 % от первоначального модуля деформации. После проведения экспериментов и анализа несущей способности плитно-свайного фундамента при каждом эксперименте можно сказать, что в основном потеря несущей способности происходит из-за предельного состояния грунта ниже острия свай.

Выводы

При режимном циклическом наружении происходят деформации в сваях, в грунте межсвайного пространства и в массиве ниже острия свай. Установлено, что деформации в первом блоке в сваях и грунте межсвайного пространства после 300 циклов стабилизируется и дальнейшее развитие осадок происходит за счет деформаций массива грунта ниже острия свай. Потеря несущей способности происходит после достижения предельного состояния массива грунта ниже острия свай.

Список библиографических ссылок

1. Мирсаяпов И.Т., Королева И.В. Особенности деформирования глинистых грунтов при циклическом трехосном сжатии // Международный журнал Геотехника, 2010, № 6. – С. 64-67.
2. Мирсаяпов И.Т., Шакиров М.И. Несущая способность и осадки моделей плитно-свайных фундаментов при циклическом нагружении // Интеграция, партнерство и инновации в строительной науке и образовании: научное издание / Министерство образования и науки РФ, ФГБОУ ВПО МГСУ. – М., 2012. – С. 528-531.
3. Зарецкий Ю.К. Лекции по современной механике грунтов. – Ростов-на-Дону: Изд-во Рост. ун-та, 1989. – С. 607.
4. Мирсаяпов И.Т., Королева И.В. Исследование прочности и деформативности глинистых грунтов при длительном трехосном сжатии // Известия КГАСУ, 2009, № 2 (12). – С. 167-172.
5. Мирсаяпов И.Т., Шакиров М.И. Экспериментальные исследования моделей плитно-свайных фундаментов при циклическом нагружении / Достижения, проблемы и перспективные направления развития для теории и практики механики грунтов и фундаментостроения: Материалы XIII Международного симпозиума по реологии грунтов и Международного совещания заведующих кафедрами механики грунтов, оснований и фундаментов, подземного строительства и гидротехнических работ, инженерной геологии и геоэкологии // КГАСУ. – Казань, 2012. – С. 145.
6. Крыжановский А.Л. Механическое поведение грунтов в условиях пространственного напряженного состояния // Основания, фундаменты, механика грунтов, 1983, № 1. – С. 23-27.
7. Мирсаяпов И.Т., Ибрагимов К.В. Несущая способность и деформации моделей плитно-свайных фундаментов при режимных циклических // XIV Международный симпозиум по реологии грунтов «Перспективные направления развития теории и практики в реологии и механике грунтов», 2014. – С. 155-162.
8. Мирсаяпов И.Т., Попов А.О. Оценка прочности и деформативности армированных грунтовых основаий // Международный журнал «Геотехника», 2010, № 4. – С. 58-67.

Mirsayapov I.T. – doctor of technical sciences, professor
E-mail: mirsayapov1@mail.ru
Ibragimov K.V. – student
E-mail: kamibragim@mail.ru
Kazan State University of Architecture and Civil Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Experimental studies of models of plate-pile foundations under cyclic loading regime

Resume

The paper presents the results of studies of the effect of the variable effects of cyclic loading on the model plate-pile foundation and its foundation on the ground of interconnectedness space and on the ground, located at the edge of the pile. In conducting the tests defined trough deformation in the soil and on stilts, as well as the very foundation of the sediment. Application of load cycles is performed, in this case from row to row cycles varying

load. Changes in rainfall quantities and strains accounted for at each step. Based on the data patterns of behavior of the soil during successive cycles with load changes were analyzed. After processing the experimental results rainfall and carrying capacity, and the deformations in the piles, soil interconnectedness space and in soils located below the tip of the piles and the number of loading cycles were plotted. Analysis of plots suggests that for cyclic alternating load deformation of the diaphragm and pile change, wherein in the first cycles sludge load plate-pile foundation and deformation of its elements, as well as in the soil is greater than in subsequent stages of the load.

Keywords: modal cyclic loading, deformation, soil.

Reference list

1. Mirsayapov I.T., Koroleva I.V. Features of deformation of clay soils under cyclic triaxial compression // International journal Geotechnic, 2010, № 6. – P. 64-67.
2. Mirsayapov I.T., Shakirov M.I. Bearing capacity and rainfall patterns plate-pile foundations under cyclic loading // Integration, partnership and innovation in construction science and education: a scientific edition / Ministry of Education and Science of the Russian Federation, FSBEI HPO MGSU. – M., 2012. – P. 528-531.
3. Zaretsky Y.K. Lectures on modern soil mechanics. – Rostov-on-Don: Izd. Growth. University Press, 1989. – 607 p.
4. Mirsayapov I.T., Koroleva I.V. Investigation of strength and deformability of clay soils with prolonged triaxial compression // News of the KSUAE, 2009, № 2 (12). – P. 167-172.
5. Mirsayapov I.T., Shakirov M.I. Experimental studies of models of plate-pile foundations under cyclic loading // Achievements, challenges and future directions for the development of the theory and practice of soil mechanics and foundation engineering: Proceedings of XIII International Symposium on the rheology of soils and the International Meeting of heads of departments of soil mechanics and foundation, underground construction and engineering works, Engineering Geology and Geoecology: KGASU. – Kazan, 2012. – P. 145.
6. Kryzhanovsky A.L. Mechanical behavior of soils in conditions of spatial stress state // Bases, foundations, soil mechanics, 1983, № 1. – P. 23-27.
7. Mirsayapov I.T., Ibragimov K.V. The bearing capacity and deformation models raft-pile foundation under cyclic regime // XIV International Symposium on the rheology of soils «Perspective directions of development of the theory and practice of rheology and Soil Mechanics», 2014. – P. 155-162.
8. Mirsayapov I.T., Popov A.O. Assessment of strength and deformability of reinforced ground Founded // International journal Geotechnic, 2010, № 4. – P. 58-67.

УДК 624.131
Мирсаяпов И.Т. – доктор технических наук, профессор
E-mail: mirsayapov@kgasu.ru
Королева И.В. – кандидат технических наук, доцент
E-mail: koroleva@kgasu.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

Оценка прочности и деформируемости глинистых грунтов при режимном нагружении с учетом деградации структуры грунта

Аннотация

В условиях трехосного сжатия глинистых грунтов деструктивные процессы и процесс разрушения локализуется на площадках предельного равновесия. Исходя из результатов анализов экспериментальных и теоретических исследований автором принимается, что разрушение глинистого грунта наступает, когда суммарная длина микротрещин в зоне предельного равновесия достигает предельного критического значения. Микротрещины в зоне предельного равновесия развиваются нестабильно: выделяются стадии зарождения, накопления субмикротрещин, превращение их в микро- и макротрещины и скачкообразное развитие до критической величины. Используя расчетный механизм разрушения упруго-вязко-пластических тел, предложены уравнения, описывающие изменение основных механических характеристик грунтов – удельного сцепления и угла внутреннего трения глинистых грунтов во времени.

Ключевые слова: режимное нагружение, трехосное сжатие, микро- и макротрещины, деформации грунта, удельное сцепление, контурный интеграл, дилатансия, девиатор.

Введение

В общем случае здания и сооружения и их конструктивные элементы, в том числе фундаменты и грунты оснований, подвергаются воздействию различного рода статических и циклических нагружений.

Основываясь на том, что в основаниях, сложенных глинистыми грунтами, напряженно-деформированное состояние зависит от истории предшествующего нагружения, учет особенностей деформирования глинистых грунтов при режимном нагружении дает возможность более точно изучить реальные свойства грунтов, и таком образом приблизить теоретические прогнозы к реальному поведению грунтов оснований.

В настоящее время при разработке расчетных моделей грунтов используются законы теории пластичности, в основном различные варианты пластического течения, разработанные для металлических материалов. Все эти методы в основном рассматривают случай однократного статического нагружения. Поэтому эти подходы не в состоянии учитывать поведение грунтов при различных режимах нагружения, встречающихся в реальных условиях эксплуатации оснований зданий и сооружений. При этом не учитываются такие факторы как дилатансия, упрочнение грунтов, снижение модуля деформации, угла внутреннего трения и удельного сцепления в зависимости от режима нагружения [1-7].

В связи с этим в лаборатории кафедры ОФДСиИГ были проведены испытания глинистых грунтов в условиях режимного трехосного нагружения, результаты которых позволили установить изменение прочностных и деформационных параметров грунтов при двух режимах:

1) длительно-статический, при котором происходит чередование блока статического девиаторного нагружения с блоком длительной выдержки образца грунта под нагрузкой;

2) длительно-циклический, который сочетает в себе последовательное приложение к образцу блока циклического нагружения и блока длительного статического нагружения.

По результатам экспериментальных исследований получены графики изменения прочности грунта при длительном режимном и длительном циклическом нагружениях; график зависимости между средними напряжениями σ_m и объемными деформациями ε_v; графики зависимости между интенсивностью касательных напряжений τ_i и интенсивностью деформаций сдвига γ_i; графики зависимости между средними напряжениями σ_m и интенсивностью деформаций сдвига γ_i; график изменения линейного модуля деформации; график изменения модуля сдвига G во времени; график изменения линейного модуля деформации E_v во времени.

Анализ полученных результатов позволил разработать пространственную модель дилатирующего грунта в условиях режимного нагружения с учетом образования и развития микро- и макротрещин в плоскостях предельного равновесия.

Расчетная модель деформирования грунта при режимном нагружении

Исходя из результатов экспериментальных исследований и данных, полученных в [7, 8], принимается, что при трехосном режимном нагружении образца грунта возникают различные зоны напряженно-деформированного состояния, т.е. при поэтапном увеличении нагрузки образуются уплотненные зоны в виде пирамид различных размеров и форм в зависимости от режима нагружения: сверху, в нижней части образца и у боковых граней (рис. 1). Деформирование образца происходит за счет движения этих пирамид как жестких тел. В указанных уплотненных зонах не происходит ухудшение физико-механических характеристик грунтов, а их улучшение (увеличение плотности, φ и c). Негативные процессы, снижающие физико-механические характеристики грунта, локализуются в зоне между этими «пирамидами» (зона 4 рис. 1а). Визуальное обследование поверхности сдвига после разрушения образца показало, что грунт в этой зоне подвергаются одновременному отрыву и сдвигу (рис. 1а, 1б).

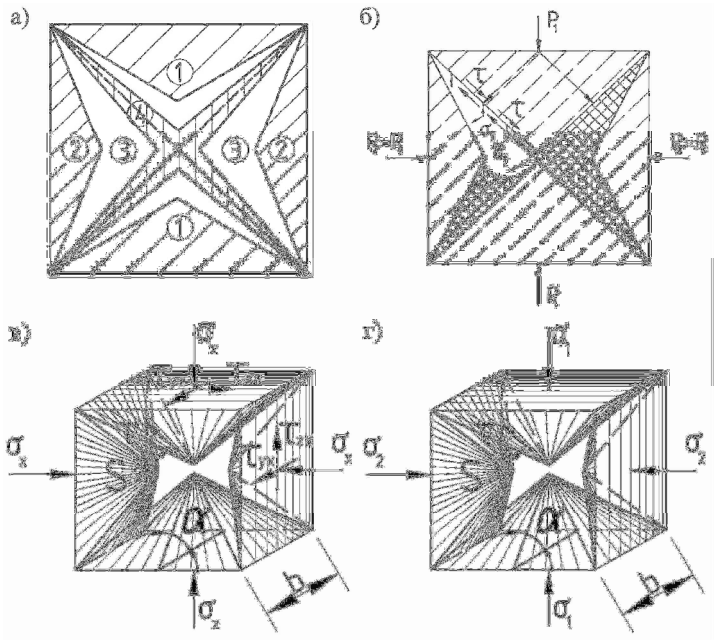


Рис. 1. а) Схема расположения локальных зон различной плотности в образце при трехосных испытаниях 1 – вертикальные уплотненные пирамиды; 2 – уплотненные пирамиды у боковых граней; 3 – зона однородного напряженного состояния; 4 – зона дилатансии; б) Схема напряженного состояния локальных зон между уплотненными пирамидами; в – Напряженное состояние в элементарном объеме грунта в пространстве *X, Y, Z* в произвольный момент времени *t* в допредельном состоянии (напряжения σ_y, τ_{xy}, τ_{zy} условно не показаны); г – Напряженное состояние в элементарном объеме грунта в пространстве главных напряжений на стадии предельного равновесия (напряжения σ_3 условно не показаны)

Исходя из результатов экспериментальных исследований и учитывая закономерности изменения объемных деформаций, принимаем, в процессе режимного нагружения происходит развитие деформации изменения объема и деформации формоизменения.

Объемная деформация грунта во времени описывается в соответствии с теорией наследственной ползучести Больцмана-Вольтерра, модифицированной Масловым-Арутюняном применительно к грунтам, с учетом установленных в экспериментальных исследованиях особенностей поведения грунта при режимном нагружении. Полная деформация сдвига или объема при произвольном режиме нагружения записывается в виде:

$$\varepsilon_i = \frac{\sigma_i(t)}{G(t)} + \frac{1}{G(t)}\int_{\tau}^{t} K_{\gamma}(t,\tau)\cdot\sigma_i(\tau)\cdot d\tau\,, \tag{1}$$

$$\varepsilon_v = \frac{\sigma(t)}{K(t)} + \frac{1}{K(t)}\int_{\tau}^{t} K_V(t,\tau)\cdot\sigma(\tau)\cdot d\tau\,, \tag{2}$$

где $G(t)$ и $K(t)$ – переменные модули сдвига и объемных деформаций при режимном нагружении;

$K_{\gamma}(t, \tau)$ – ядро ползучести, представляющее собой скорость сдвиговой деформации при единичном значении интенсивности нагружения;

$K_V(t, \tau)$ – ядро ползучести, представляющее собой скорость объемной деформации при единичном значении среднего напряжения.

При разработке уравнений деформирования глинистого грунта в пространственном напряженном состоянии при режимном нагружении учитываются процессы упрочнения (старения) глинистого грунта во времени, для чего вводится функция старения $\varphi(t)$. С учетом процесса упрочнения ядра ползучести представляются в виде:

$$K_{\gamma}(\sigma, t-\tau) = \begin{cases} \varphi_{\gamma}(\tau)\cdot\dfrac{\delta_{\gamma 1}}{(t-\tau)}\cdot\delta_{\gamma 2} \\ при \quad 0 \le t \le t_{нт} \\ \varphi_{\gamma}(\tau)\cdot C(\sigma) \\ при \quad t > t_{нт} \end{cases}, \tag{3}$$

$$K_V(\sigma, t-\tau) = \begin{cases} \varphi_V(\tau)\cdot\dfrac{\delta_{V1}}{(t-\tau)}\cdot\delta_{V2} \\ при\ 0 \le t \le t_{нт} \\ \varphi_V(\tau)\cdot C(\sigma) \\ при \quad t > t_{нт} \end{cases}, \tag{4}$$

где $t_{нт}$ – время начала стабилизации скорости деформирования.

На основании выше изложенного можно заключить, что в начальной стадии режимного трехосного сжатия наблюдается неоднородность напряженно-деформированного состояния в пределах образца грунта в целом. Девиаторное нагружение и длительная выдержка при режимном девиаторном нагружении сопровождается возникновением и развитием множества поверхностей сдвига и разрывов сплошности грунта образца, положение которых меняется в процессе увеличения девиатора и во времени, и следовательно, отрицательная дилатансия (разрыхление) глинистого грунта при длительном трехосном сжатии локализуется в пределах потенциально возможных площадок предельного равновесия [7]. В связи с тем, что разрыхление (дилатансия) грунта в этих локальных зонах происходит в стесненных условиях (стесненная дилатансия) возникают значительные напряжения дилатансии в грунте вокруг зоны разрыхления, которая является буферной зоной передачи усилий от вертикальных пирамид к зоне ненарушенного грунта (рис. 1а, 1б). В предельном состоянии разрушение глинистого грунта локализуется в зонах между уплотненными пирамидами и на этой стадии в этой зоне условно можно принимать, что напряженно-деформированное состояние образца однородное.

Исходя из предложенной в работе [7] модели и результатов экспериментальных исследований [8] при режимном нагружении предлагается схема неупругого деформирования глинистых грунтов, согласно которой сила сухого трения Кулона отклоняется от площадки предельного равновесия и действует в плоскости чисто тангенциального скольжения физических частиц. Определение ориентации таких

потенциально опасных площадок требует учета деформированного состояния грунта в условиях режимного нагружения.

Учитывая, что независимо от степени начальной неоднородности напряженно-деформированного состояния элементарного объема грунта разрушение всегда происходит в пространстве главных напряжений, совмещая пространство главных напряжений σ_1, σ_2, σ_3 и пространство главных деформаций ε_1, ε_2, ε_3 и сохраняя принцип коаксиальности тензоров напряжений и скоростей деформаций [1, 7-8], примем, что закон сухого трения Кулона связывает проекции сил, действующих на площадках предельного равновесия на нормаль к площадке скольжения и на нее саму. Тогда условие течения при длительном нагружении запишется в виде:

$$|t| = S \cdot tg\varphi(t, t_1, N, \tau) + c_0(t, t_1, N, \tau), \quad (5)$$

где $S=\sigma_1 \cdot l \cdot l` + \sigma_2 \cdot m \cdot m` + \sigma_3 \cdot n \cdot n`$; $t=((\sigma_1 \cdot l \cdot m` - \sigma_2 \cdot m \cdot l`)^2 + (\sigma_2 \cdot m \cdot n` - \sigma_3 \cdot n \cdot m`)^2 + (\sigma_3 \cdot n \cdot l` - \sigma_1 \cdot l \cdot n`)^2)^{1/2}$;

$\varphi(t, t_1, N, \tau)$ – переменный во времени угол внутреннего трения;

$c_0(t, t_1, N, \tau)$ – переменное во времени удельное сцепление;

l, m, n – направляющие косинусы нормали к площадке предельного равновесия;

$l`, m`, n`$ – направляющие косинусы нормали к площадке скольжения.

Пространственная ориентация площадок предельного равновесия определяется формулами [7]:

$$l^2 = \frac{\overline{I_3}}{\overline{I_2} \cdot \overline{\sigma_1}}; \quad m^2 = \frac{\overline{I_3}}{\overline{I_2} \cdot \overline{\sigma_2}}; \quad n^2 = \frac{\overline{I_3}}{\overline{I_2} \cdot \overline{\sigma_3}}, \quad (6)$$

где $\overline{I_2} = \overline{\sigma_1} \cdot \overline{\sigma_2} + \overline{\sigma_2} \cdot \overline{\sigma_3} + \overline{\sigma_3} \cdot \overline{\sigma_1}$ и $\overline{I_3} = \overline{\sigma_1} \cdot \overline{\sigma_2} \cdot \overline{\sigma_3}$ – второй и третий инварианты тензора приведенных главных напряжений $\overline{\sigma_i} = \sigma_i + H \quad (i = 1, 2, 3)$;

$H=c/ctg\varphi$ – всестороннее сжатие, определяемое по гипотезе Кулона-Мора;

φ – переменное значение угла внутреннего трения;

c – переменное значение удельного сцепления в процессе режимного нагружения.

Выражения для направляющих косинусов нормали к площадкам скольжения представляются в виде [7]:

$$\left.\begin{aligned} (l`)^2 &= \frac{1}{3} \cdot \frac{3 \cdot d\varepsilon_2 \cdot d\varepsilon_3 - I_2 + \sqrt{I_2^2 - 3 \cdot I_1 \cdot I_3}}{(d\varepsilon_1 - d\varepsilon_2) \cdot (d\varepsilon_1 - d\varepsilon_3)}; \\ (m`)^2 &= \frac{1}{3} \cdot \frac{3 \cdot d\varepsilon_1 \cdot d\varepsilon_3 - I_2 + \sqrt{I_2^2 - 3 \cdot I_1 \cdot I_3}}{(d\varepsilon_2 - d\varepsilon_1) \cdot (d\varepsilon_2 - d\varepsilon_3)}; \\ (n`)^2 &= \frac{1}{3} \cdot \frac{3 \cdot d\varepsilon_1 \cdot d\varepsilon_2 - I_2 + \sqrt{I_2^2 - 3 \cdot I_1 \cdot I_3}}{(d\varepsilon_3 - d\varepsilon_1) \cdot (d\varepsilon_3 - d\varepsilon_2)}, \end{aligned}\right\} \quad (7)$$

где $d\varepsilon_1$, $d\varepsilon_2$, $d\varepsilon_3$ – приращения главных деформаций в процессе режимного нагружения;

$I_1=d\varepsilon_1+d\varepsilon_2+d\varepsilon_3$; $I_2=d\varepsilon_1 \cdot d\varepsilon_2 + d\varepsilon_2 \cdot d\varepsilon_3 + d\varepsilon_1 \cdot d\varepsilon_3$; $I_3 = d\varepsilon_1 \cdot d\varepsilon_2 \cdot d\varepsilon_3$ – первый, второй и третий инварианты приращения деформаций.

Как было указано выше, ориентация потенциально возможных площадок предельного состояния в общем случае не постоянна, а изменяется в процессе неупругого деформирования грунта при режимном нагружении.

Исходя из выше изложенной модели и результатов экспериментальных исследований (рис. 1) условие прочности при трехосном режимном сжатии представляется в виде:

$$4 \cdot \left[\sigma_V(t, t_1, N) \cdot A_{sh} \cdot cos\alpha_1(t, t_1, N) + \tau_V(t, t_1, N) \cdot A_{sh} \cdot sin\alpha_1(t, t_1, N)\right] \geq \sigma_1 \cdot A_1, \quad (8)$$

где $A_{sh}=b^2/(4cos\alpha_2(t, t_1, N))$ – площадь поверхности боковых граней пирамиды;

$A_1=b^2$ – площадь грани куба;

$\alpha_1(t, t_1, N)$ – переменный во времени угол наклона площадки предельного равновесия;

$\alpha_2(t, t_1, N)$ – переменный во времени угол наклона площадки сдвига;

$\sigma_v(t, t_1, N)=\sigma_1 \cdot l(t, t_1, N) \cdot l`(t, t_1, N) + \sigma_2 \cdot m(t, t_1, N) \cdot m`(t, t_1, N) + \sigma_3 \cdot n(t, t_1, N) \cdot n`(t, t_1, N) + \sigma_d(t, t_1, N)$ – нормальные напряжения;

$\sigma_d(t, t_1, N)=E \cdot \Delta\delta_d/((1+\nu) \cdot r)$ – дилатантные напряжения;

$\tau_V(t, t_1, N)=S \cdot tg\varphi_0(t, t_1, N, \tau) + c_0(t, t_1, N, \tau)$ – касательные напряжения на площадке предельного равновесия.

Таким образом, прочность грунта при режимном трехосном сжатии зависит от изменения угла внутреннего трения, удельного сцепления и угла наклона плоскости предельного равновесия.

Согласно результатам [7, 8], разрушение наступает, когда степень поврежденности микротрещинами в зоне предельного равновесия достигает критического значения. Снижение прочности грунта во времени происходит, в основном, за счет уменьшения сил сцепления, тогда как угол внутреннего трения меняется незначительно.

Опираясь на результаты исследований [7, 8] можно представить следующую схему развития деформаций ползучести и изменения длительного сопротивления разрушению в процессе режимного нагружения. В зависимости от величины и продолжительности действия нагрузки в многофазном глинистом грунте происходят два взаимно компенсирующих явления – упрочнение, обусловленное залечиванием дефектов и более плотной перекомпоновкой частиц, и разупрочнение, вызванное переориентацией частиц, а также образованием и развитием микро и макротрещин (рис. 1б). В тех случаях, когда разупрочнение начнет превалировать над упрочнением, возникает стадия разрушения и прогрессирующей ползучести. В этой стадии продолжается интенсивный распад микроструктуры и переориентация частиц, причем эти процессы охватывают не весь объем грунта, а лишь зоны предельного равновесия с пониженным значением сопротивления, где происходит развитие трещин (рис. 2).

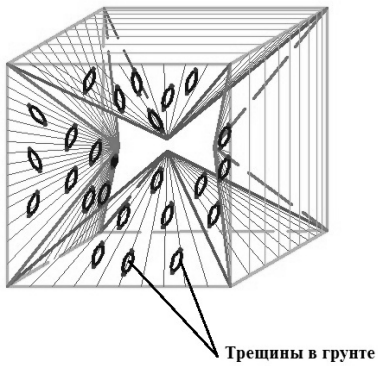


Рис. 2. Схема развития трещин в плоскостях предельного равновесия

Инициаторами образования микротрещин являются дефекты структуры – поры и усадочные микротрещины.

Микро- и макротрещины в плоскостях предельного равновесия развиваются нестабильно: выделяются стадии зарождения, накопления субмикротрещин, превращения их в микро- и макротрещины и скачкообразного развития до критической величины. При действии напряжений в вершине вышеназванных дефектов структуры зарождаются и накапливаются субмикротрещины, возникает зона пластического деформирования грунта (рис. 3) и трещины раскрываются без увеличения длины.

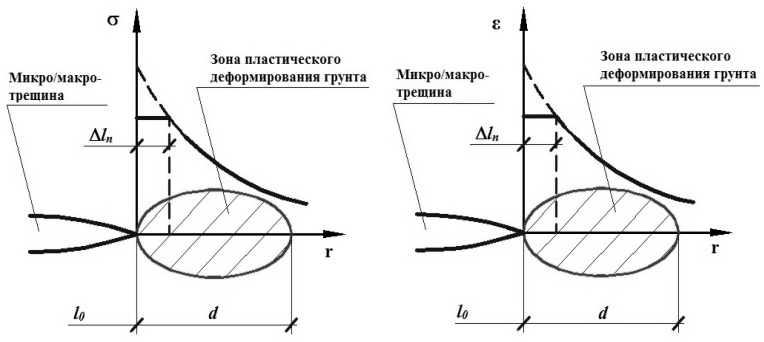


Рис. 3. Распределение напряжений и деформаций в вершине микро- и макротрещины

Критерием «страгивания» (началом увеличения длины) принимается условие критического раскрытия вершины трещины (9). Развитие трещины происходит скачкообразно на величину Δl_n по мере роста напряжений до достижения суммарной длиной величины d_0 (рис. 4):

$$\delta(x,t,l)=\delta_{cr}, \tag{9}$$

$$\Delta l_n=\frac{l_0\cdot c_0(t)\cdot(1+\chi_0)}{\pi\cdot K_0}\cdot ln(cos\,ek\alpha), \tag{10}$$

где $c_0(t)=\frac{2K_0\cdot\varepsilon_2}{1+\chi_0}$;

$\chi_0=\frac{3-\nu_0}{1+\nu_0}$;

$K_0=\frac{E(\tau_1)}{2(1\cdot\nu_0)}$ – объемный модуль деформации грунта;

Δl_n – приращение длины трещины (приращение элементарной зоны пластического деформирования при $\varepsilon_{zp}\geq\varepsilon_{zp,u}$.

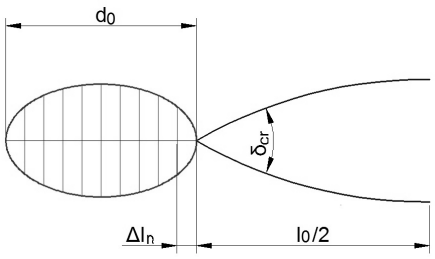


Рис. 4. Схема «страгивания» и развития микротрещины

После этого начинается развитие макротрещины. При этом принимается, что трещины развиваются поэтапно по мере достижения деформаций в вершине критической величины. Приращение длины трещины Δl_n (рис. 5) на каждом этапе определяется из условия:

$$\sum\left[\Delta W_i-\Delta W_r\left(\frac{\Delta W_i}{W_r}\right)^{\beta}\right]=const=W_{pl}. \tag{11}$$

Коэффициент интенсивности напряжений в вершине трещины определяется:

$$K_{Icf}(t)=\sqrt{E_p J_{cf}(t)},\ K_{IIcf}(t)=\sqrt{G_p J_{cf}(t)}. \tag{12}$$

Величина контурного интеграла представляется в виде:

$$J_{cf}(t)=\sqrt{2E_p\left(\int_0^{\varepsilon_R}\sigma_{t_R}\cdot d\varepsilon-\int_0^{\varepsilon_{mp}-\varepsilon_{pl}}\sigma_{t_i}\cdot d\varepsilon\right)}\cdot\frac{k_0^2\cdot R_{zp,}\cdot k_{fb}\cdot d_s}{E_{zp,t}}, \tag{13}$$

$$J_{cf}(t)=\sqrt{2E_p\left\langle\begin{array}{l}\int_0^{\varepsilon_R}\left[\sigma_{t_i}+\sum_1^3 m_{in}(\varepsilon_t-\varepsilon_{t_i})^n\right]\cdot d\varepsilon-\\ -\sum_1^N\left\{\begin{array}{l}c_э\prod_{\kappa=1}^{\kappa=j}k_k a\psi_v\cdot\left[1-(1-\rho)(1-a\psi_{v_i})^{N-1}\right]+\\ +c_э\prod_{\kappa=1}^{\kappa=j}k_k a\psi_v\cdot\left[1+(1-a\psi_{v_i})^{N-1}\right](1-\rho)+\\ +\rho c(t,\tau)\cdot f(t,\tau)\end{array}\right\}\cdot\sigma_{t_i}^2\end{array}\right\rangle}\times$$

$$\times\frac{k_0^2\cdot R_{zp,}\cdot k_{fb}\cdot d_s}{E_{zp,t}}. \tag{14}$$

Энергия, накапливаемая в пределах зоны пластического деформирования в вершине трещины, представляется в виде:

$$\Delta W_{i_{(i-1)}} = \frac{1}{\sqrt{2\pi\left[d+(i-1)\cdot\Delta l_{n_i}\right]}}\times \times\left\{\begin{array}{l}\left[K_{I_{cf}}(t)\cdot\varphi_{11}(\sigma)+K_{II_{cf}}(t)\cdot\varphi_{21}(\sigma)\right]^2- \\ -\left[c_э a\psi_v\prod_{k=1}^{k=j}K_k+\sum_{n=2}^{N_{i-1}}c_э\prod_{k=1}^{k=j}K_k\left(1-a\psi_v\right)^{N_{i-1}-1}\cdot a\psi_{v_i}\right]\end{array}\right\}. \quad (15)$$

Суммарная длина трещин в грунте определяется:

$$l(t,\tau)=l(t_0)+l_{pl}(t,\tau), \quad (16)$$

где $l(t_0)$ – начальная длина трещины на стадии развития микротрещины;

$l_{pl}(t,\tau)=\sum_{i=1}^{n}\Delta l_n$ – длина трещины, зависящая от пластических деформаций.

На основании вышеизложенного, выражение, учитывающее изменение удельного сцепления между частицами грунта, представляется в общем виде:

$$c_0(t,\tau)=K_{Ict}^{M}\cdot q(S), \quad (17)$$

где $q(S)$ – некоторая функция суммарной длины трещин S;
K_{Ict}^{M} – коэффициент интенсивности напряжений в вершине трещин в грунте в процессе режимного нагружения.

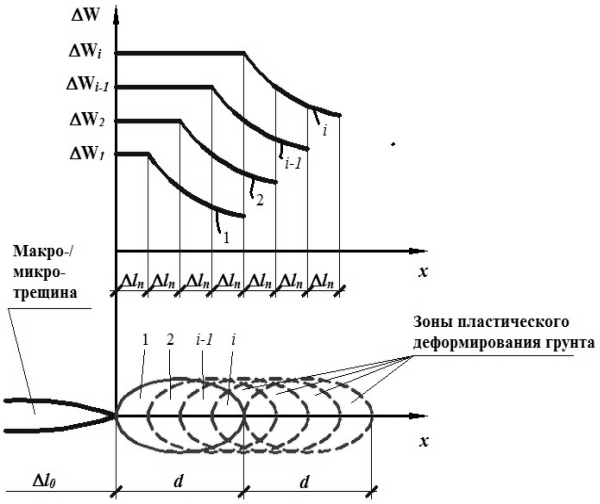


Рис. 5. Схема развития трещин сдвига в плоскостях предельного равновесия

Критическая длина трещин зависит от заданной внешней нагрузки T.

В дальнейшем, используя методику, предложенную в [1, 7], после некоторых преобразований и упрощений получаем функцию снижения прочности грунта (удельное сцепление) в процессе режимного нагружения:

$$\eta(t,\tau_1)=m(t,\tau_1)\cdot\lambda(t,\tau_1)\times\sqrt{\frac{K(\tau_1)}{K(t)}\cdot\frac{1}{1+K(\tau_1)\cdot C(t,\tau_1)}}. \quad (18)$$

Тогда удельное сцепление между частицами с учетом фактора времени представится в виде:

$$C_0(t,\tau_1)=C_0(\tau_1)\cdot m(t,\tau_1)\cdot\lambda(t,\tau_1)\times\sqrt{\frac{K(\tau_1)}{K(t)}\cdot\frac{1}{1+K(\tau_1)\cdot C(t,\tau_1)}}, \quad (19)$$

где $C(t, \tau_1)$ – мера объемной ползучести грунта;
$C_0(\tau_1)$ – начальное значение удельного сцепления грунта при кратковременном нагружении;
$m(t, \tau_1)$ – функция упрочнения грунта за счет восстановления водно-коллоидных связей;
$\lambda(t, \tau_1)$ – функция упрочнения за счет восстановления структурных связей грунта с учетом сочетания различных блоков в процессе режимного нагружения.

Функции $m(t,\tau)$ и $\lambda(t,\tau)$ учитывают эффекты задержки развития микро и макро трещин и эффекты самоупрочнения и самозалечивания глинистого грунта за счет восстановления структурных и коагуляционных связей на ранних стадиях нагружения (в

блоках с низким уровнем напряжений) или после перехода от блока с циклическим нагружением к блоку с длительным статическим нагружением.

Изменение угла внутреннего трения грунта определяется в зависимости от изменения ориентации площадок предельного равновесия при длительном неупругом деформировании в процессе режимного нагружения с учетом сочетания различных блоков нагружения.

Заключение

Разработаны расчетные модели деформирования и прочности глинистого грунта при трехосном режимном нагружении, включая выражения для определения удельного сцепления и угла внутреннего трения, а также модулей сдвига, линейной и объемной деформации.

Расчетные модели корректно отражают особенности нелинейного деформирования глинистых грунтов при трехосном режимном нагружении.

Список библиографических ссылок

1. Мирсаяпов И.Т., Королева И.В. Прогнозирование деформаций оснований фундаментов с учетом длительного нелинейного деформирования грунтов // Основания, фундаменты и механика грунтов, 2011, № 4. – С. 16-23.
2. Тер-Мартиросян З.Г., Тер-Мартиросян А.З., Соболев Е.С. Ползучесть и виброползучесть грунтов // Перспективные направления развития теории и практики в реологии и механике грунтов: Труды XIV междунар. симп. по реологии грунтов, Казань, 8-11 октября 2014. – Казань: Изд-во КГАСУ, 2014. – С. 8-23.
3. Mirsayapov I.T., Koroleva I.V. Experimental and theoretical studies of bearing capacity and deformation of reinforced soil foundations under cyclic loading // Computer Methods and Recent Advances in Geomechanics: Proc. intern. symp., Kyoto, Japan, 22-25 September 2014. Lieden: Balkema, 2014. – P. 742-747.
4. Tanaka T., Yoshiyuki Mohri, Zhussupbekov A. Zh. Elasto-plastic and Viscoplastic Finite Element Analysis – Direct Shear Box Test and Dynamic Deformation of Reinforced Embankment Dam // Достижения, проблемы и перспективные направления развития для теории и практики механики грунтов и фундаментостроения: Труды XIII междунар. симп. по реологии грунтов, Казань, 24-27 апреля 2012. – Казань: Изд-во КГАСУ, 2012. – С. 18-26.
5. Мирсаяпов И.Т., Королева И.В., Иванова О.А. Малоцикловая выносливость и деформации глинистых грунтов при трехосном циклическом нагружении // Жилищное строительство, 2012, № 9. – С. 6-8.
6. Mirsayapov I.T., Koroleva I.V. Bearing capacity and deformation of the base of deep foundations' ground bases // Geotechnical Aspects of Underground Construction in Soft Ground: Proc. intern. symp., Seoul, Korea, 25-27 August 2014. Lieden: Balkema, 2014. – P. 401-404.
7. Мирсаяпов И.Т., Королева И.В. Расчетная модель длительного нелинейного деформирования глинистых грунтов при сложном напряженном состоянии // Известия КГАСУ, 2011, № 2 (16). – С. 121-128.
8. Мирсаяпов И.Т., Королева И.В. Особенности деформирования глинистых грунтов при режимном нагружении // Известия КГАСУ, 2012, № 4 (22). – С. 193-198.

Mirsayapov I.T. – doctor of technical sciences, professor
E-mail: mirsayapov@kgasu.ru
Koroleva I.V. – candidate of technical sciences, associate professor
E-mail: koroleva@kgasu.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Evaluation of the strength and deformability of clay soils under loading regime, taking into account the degradation of the soil structure

Resume

Existing analytical methods for the calculation of the bearing capacity and sediment grounds not to take into account the peculiarities of stress-strain state of the soil under the simultaneous action of cyclic regime and long-term static loading, which undergoes base in the real world, which leads to a discrepancy between the estimated and actual values. The main reason for the discrepancy is that modern computational models of soils do not take into account that the process of nonlinear volume deformation in time with a combination of load cases is accompanied by complex physical and physic-chemical phenomena, changes in the orientation of the mineral particles and slip planes in space and dilatancy.

In conditions of triaxial clay soils destructive processes and the process of destruction is localized to sites of limit equilibrium. Based on the results of the analysis of experimental and theoretical studies of the author assumed that the destruction of the clay soil occurs when the total length of the micro cracks in the zone limit equilibrium reaches critical limits. Micro cracks in the zone limit unstable equilibrium develops: stand infancy, accumulation submicrocracks, turning them into micro- and macro-cracks and abrupt development to the critical value. Using the calculated fracture mechanism of elastic-visco-plastic bodies, proposed equations describing the change of the basic mechanical properties of soils – specific cohesion and angle of internal friction of clay soils over time.

Keywords: regime loading, triaxial compression, micro- and macro-cracks, deformation of soil, specific cohesion, contour integral, dilatancy, deviator.

Reference list

1. Mirsayapov I.T., Koroleva I.V. Prediction of deformation of the foundation with the long-term non-linear deformation of soil // Bases, foundations, soil mechanics, 2011, № 4. – P. 16-23.
2. Ter-Martirosyan Z.G., Ter-Martirosyan A.Z., Sobolev Ye.S. Creep and vibrocreep of soils // Future directions of the theory and practice of rheology and soil mechanics: Proc. XIV intern. symp. on the rheology of soils, Kazan, 8-11 October 2014. – Kazan: Publishers KGASU, 2014. – P. 8-23.
3. Mirsayapov I.T., Koroleva I.V. Experimental and theoretical studies of bearing capacity and deformation of reinforced soil foundations under cyclic loading // Computer Methods and Recent Advances in Geomechanics: Proc. intern. symp., Kyoto, Japan, 22-25 September 2014. Lieden: Balkema, 2014. – P. 742-747.
4. Tanaka T., Yoshiyuki Mohri, Zhussupbekov A. Zh. Elasto-plastic and Viscoplastic Finite Element Analysis – Direct Shear Box Test and Dynamic Deformation of Reinforced Embankment Dam // Achievements, Problems and Perspective Directions of Development for the Theory and Practice of Soil Mechanics and Foundation Engineering Problems: Proc. XIII intern. symp. on the rheology of soils, Kazan, 24-27 April 2012. – Kazan: Publishers KGASU, 2012. – C. 18-26.
5. Mirsayapov I.T., Koroleva I.V., Ivanova O.A. Low-Cycle Endurance and Deformations of Clay Soils in the Course of Three-Axial Cyclic Loading // Zhilishchnoye stroitelstvo, 2012, № 9. – P. 6-8.
6. Mirsayapov I.T., Koroleva I.V. Bearing capacity and deformation of the base of deep foundations' ground bases // Geotechnical Aspects of Underground Construction in Soft Ground: Proc. intern. symp., Seoul, Korea, 25-27 August 2014. Lieden: Balkema, 2014. – P. 401-404.
7. Mirsayapov I.T., Koroleva I.V. Designed model of long nonlinear deformation of clay soil in a complex stress state // News of the KSUAE, 2011, № 2 (16). – P. 121-128.
8. Mirsayapov I.T., Koroleva I.V. Features of deformation of clay soils during loading of regime // News of the KSUAE, 2012, № 4 (22). – P. 193-198.

УДК 624.159.4
Нуриева Д.М. – кандидат технических наук, доцент
E-mail: danm_n@mail.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

Численные исследования моделей свай и свайных фундаментов в условиях нагрузок типа сейсмических

Аннотация
В статье приведены результаты численных исследований моделей одиночных свай и свайного фундамента при воздействии нагрузок типа сейсмических с применением программного комплекса Лира. Представлены параметры компьютерной модели, позволяющие получить результаты расчета, хорошо согласующиеся с традиционными ручными методами, применительно к сваям, работающим в условиях однородной и неоднородной грунтовой среды.
Ключевые слова: свайный фундамент, расчет одиночной сваи, сейсмические нагрузки, коэффициент постели, компьютерная модель.

Решение задачи по обеспечению сейсмостойкости зданий и сооружений невозможно без обеспечения сейсмостойкости их оснований и фундаментов. Учитывая, что в последнее время все больше возрастают объемы строительства на площадках с неблагоприятными грунтовыми условиями, наиболее приемлемым при этом является применение свайных фундаментов, достаточно хорошо зарекомендовавших себя в сейсмически активных районах. По результатам обследования последствий землетрясений было выявлено, что сооружения на свайных фундаментах имели меньшие остаточные деформации и получали меньшие повреждения [3-8].

При проектировании свайных фундаментов в сейсмоопасных районах необходимо предусматривать расчет по определению несущей способности сваи по грунту на сжимающую (выдергивающую) нагрузку и расчет свай на совместное действие расчетных усилий (продольной силы, изгибающего момента и поперечной силы), включая проверку устойчивости грунта по условию ограничения давления, передаваемого на грунт боковыми поверхностями сваи. При этом согласно СП 24.13330.2011 «Свайные фундаменты» расчет сваи на действие 3-х компонент усилий допускается производить с помощью современных программных комплексов, описывающих механическое взаимодействие балок и упругого основания. В связи с этим весьма актуальным является разработка компьютерных моделей свай и свайных фундаментов, максимально отражающих реальную работу конструкций в условиях сейсмической нагрузки. На первом этапе критерием оптимальности компьютерной модели может быть принята хорошая сходимость, полученных на ее основе результатов с результатами ручного инженерного расчета, отраженного в своде правил СП 50-102-2003 «Проектирование и устройство свайных фундаментов».

В работе были произведены численные исследования моделей свай в условиях однородного и неоднородного грунта при действии горизонтальных нагрузок типа сейсмических. Расчет производился в структуре программы Лира 9.6 применительно к фундаменту под компрессор Троицкой компрессорной станции (Краснодарский край, Объект газосбора ДНС со строительством КС). При этом свая моделировалась балочными конечными элементами, работа грунта на сжимающую нагрузку была учтена путем введения вертикальной податливой связи у ее нижнего конца, а сопротивление грунта по боковой поверхности сваи при действии горизонтальной нагрузки учитывалось с помощью коэффициентов постели, принятых по действующим нормам проектирования на основании коэффициента пропорциональности *K*.

Предварительно решение задачи было разделено на 3 этапа:

этап I – расчет одиночной сваи на комбинацию нагрузок M, H, N в условиях *однородной* грунтовой среды;

этап II – расчет одиночной сваи на комбинацию нагрузок M, H, N в условиях *неоднородной* грунтовой среды;

этап III – расчет сваи *в составе свайного фундамента* в условиях неоднородной грунтовой среды.

На всех этапах расчет производился двумя способами: ручным методом на основании методики, изложенной в СП 50-102-2003, и с использованием программного комплекса Лира, реализующего метод конечных элементов. Целью таких расчетов являлось получение параметров компьютерной модели, позволяющих получить хорошую сходимость результатов с ручным методом.

При реализации **этапа I** в качестве экспериментальной рассматривалась призматическая забивная свая, находящаяся в составе свайного фундамента с низким ростверком, с двухрядным расположение свай сечением $b \times b$ = 300×300 мм и длиной 9 м (рис. 1а). Свая изготовлена из бетона класса В20 и погружена в однородный грунт (суглинок тугопластичный с показателем текучести 0,4), характеризуемый коэффициентом пропорциональности K = 4400 кН/м^4. При особом сочетании нагрузок на голову наиболее нагруженной сваи передавались силы: горизонтальная H = 12 кН и вертикальная N = 400 кН (нагрузки были получены при сейсмичности строительной площадки 9 баллов).

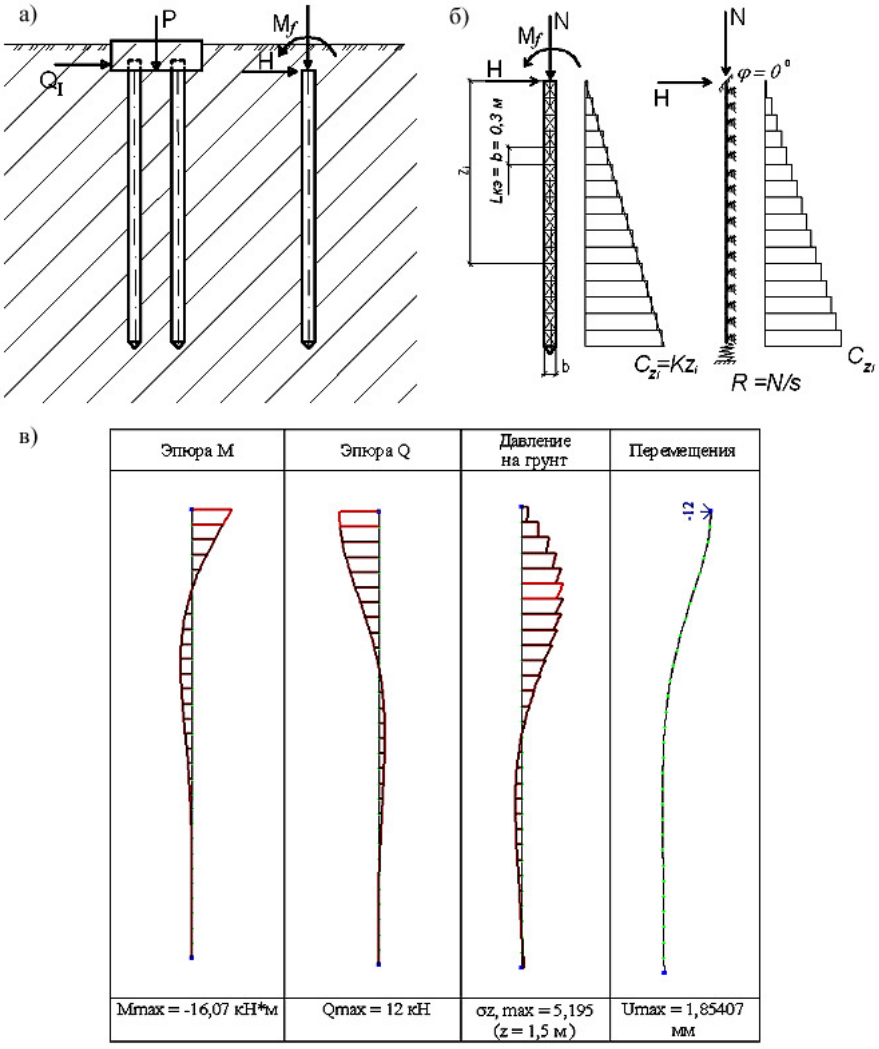


Рис. 1. К расчету одиночной сваи в условиях однородного грунтового массива (этап I):
а) условия нагружения свайного фундамента и сваи; б) компьютерная расчетная модель сваи;
в) эпюры усилий, давлений на грунт и деформированное состояние сваи, полученные в ПК Лира

На основании *ручного расчета*, проведенного в соответствии с СП 50-102-2003, были получены следующие результаты: условная ширина сваи bp = 0,95 м; коэффициент деформации α_ε = 0,69 м$^{-1}$; перемещения сваи в уровне низа ростверка от действия единичных нагрузок ε_{HH} = 0,0004077 м/кН, $\varepsilon_{MH} = \varepsilon_{HM}$ = 0,0000186 рад/кН, ε_{MM} = 0,0000139 рад/кН·м; расчётный момент заделки M_f = -16,1 кН·м; расчётное горизонтальное перемещение поперечного сечения сваи U_0 = 1,88 мм; расчетные усилия на уровне низа ростверка Q_{max}= 12 кН, M_{max} = 16,1 кН·м; расчётное давление на окружающий сваю грунт σ_z = 5,22 кПа (получено на глубине z = 1,232 м).

При проведении *компьютерного расчета* в структуре программы Лира свая моделировалась балочными конечными элементами (кэ 10). Длина конечных элементов принималась равной ширине поперечного сечения сваи b = 0,3 м. Работа грунта на сжимающую нагрузку учитывалась путем введения вертикальной податливой связи (кэ 51) у нижнего конца сваи с жесткостью $R=N/s$= 5400 кН/м (s – осадка сваи от нагрузки N [1]); сопротивление грунта по боковой поверхности сваи при действии горизонтальной нагрузки ― с помощью коэффициентов постели Cz_i, принятых по СП 50-102-2003 на основании коэффициента пропорциональности K = 4400 кН/м^4. Вычисление коэффициентов Cz_i производилось исходя из формулы: $Cz_i = Kz_i$, где z_i - глубина расположения *i-го* расчетного сечения относительно низа ростверка. Значения коэффициентов Cz_i изменялись от 0 до 27000 кН/м^3. При этом, учитывая возможности расчетной программы, в пределах каждого конечного элемента задавался осредненный коэффициент постели. С этой целью предварительно треугольная эпюра коэффициентов была приведена к ступенчатому виду (рис. 1б). Предполагая, что при 2-х рядном расположении свай в кусте, поворот ростверка невозможен, в верхнем узле модели была введена соответствующая связь, позволяющая обеспечить выполнение условия $\varphi = 0^0$. По окончании расчета были получены деформированное состояние, эпюры изгибающих моментов, поперечных сил в свае и эпюра давлений, передаваемых сваей на грунт (рис. 1в). Сравнение результатов компьютерного и ручного расчетов сведено в таблицу 1. Из таблицы видно, что отклонение результатов расчета, полученных в среде программы Лира, от ручного метода, регламентированного сводом правил СП 50-102-2003, составляет не более 1,4 %.

Таблица 1

Сравнение результатов расчета

Метод	Mmax, кН*м	Qmax, кН	σz, max, кПа	Umax, Мм
Ручной расчет (СП 50-102-2003)	16,1	12	5,22	1,88
ПК Лира	16,07	12	5,195	1,85407
Расхождение результатов расчета	0,18 %	0 %	0,5 %	1,4 %

Необходимо отметить, что для достижения результата, хорошо согласующегося с ручным методом расчета, в процессе решения задачи на этапе I было рассмотрено влияние различных параметров модели, таких как:

- разбивка конструкции на конечные элементы (крупная или мелкая разбивка);
- ширина зоны передачи сваей давления на грунт;
- жесткость податливой связи.

Для оценки влияния *первого* параметра было создано 3 модели сваи (рис. 2): с мелкой разбивкой (длина одного конечного элемента принималась равной ширине поперечного сечения сваи $lкэ = b$ = 0,3 м), со средней разбивкой ($lкэ$ = 1 м) и крупной разбивкой ($lкэ$ = 2,5 м). Анализ результатов расчета показал, что наилучшая сходимость с ручным методом наблюдается при мелкой разбивке (табл. 2).

Для оценки влияния *второго* параметра было рассмотрено 2 модели. В одной ширина зоны передачи сваей давления на грунт принималась равной условной ширине сваи $Bc = bp$ = (1,5d+0,5) = 0,95 м, в другой – ширине поперечного сечения сваи $Bc = b$ = 0,3 м. Анализ результатов расчета показал, что наилучшая сходимость с ручным методом наблюдается при ширине зоны передачи давления 0,95 м (табл. 3).

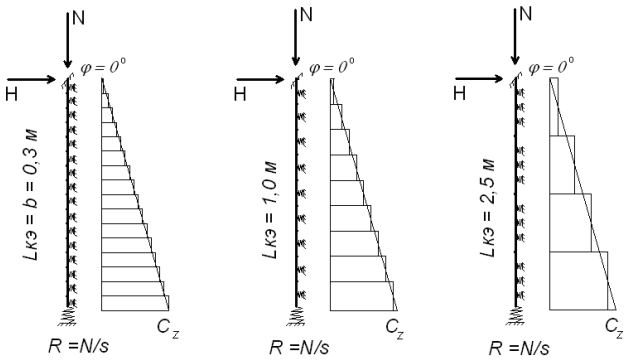


Рис. 2. Схемы разбивки сваи на конечные элементы

Для оценки влияния *третьего* параметра также было рассмотрено 2 модели. В одной жесткость податливой связи на нижнем конце сваи близка к жесткости, препятствующей ее вертикальному перемещению, в другой жесткость податливой связи R = 5400 кН/м (допускает вертикальные перемещения). Анализ результатов расчета показал, что податливость грунтового основания одиночной сваи не оказывает влияния на ее горизонтальные перемещения и усилия в уровне оголовка (табл. 4).

Таблица 2

Оценка влияния разбивки модели на конечные элементы

Критерий	Ручной расчет (эталон)	Лира (мелкая разбивка)	Лира (средняя разбивка)	Лира (крупная разбивка)
Mmax, кН*м	16,1	16,07	15,6	14,1
Umax, мм	1,88	1,85407	1,7928	1,602

Таблица 3

Оценка влияния ширины зоны передачи давления на грунт

Критерий	Ручной расчет (эталон)	Лира (Bc = 0,95 м)	Лира (Bc = 0,3 м)
Mmax, кН*м	16,1	16,07	20,2615
Umax, мм	1,88	1,85407	3,707

Таблица 4

Оценка влияния податливости опоры

Критерий	Ручной расчет (эталон)	Лира (податливая связь)	Лира (жесткая связь)
Mmax, кН*м	16,1	16,07	16,07
Umax, мм	1,88	1,85407	1,85407

На **II этапе** решения задачи рассматривалось взаимодействие сваи с *неоднородным* грунтовым массивом. Здесь в качестве экспериментальной была принята буронабивная свая из бетона класса В15 диаметром 500 мм, длиной 10,8 м, устраиваемая под защитой обсадной трубы, находящаяся в составе свайного фундамента с низким ростверком и 3-х рядным расположение свай. Свая погружена в двухслойный грунт с характеристиками (рис. 3а): ИГЭ-1 – суглинок пылеватый, просадочный, твердый (в замоченном состоянии I_L=0,4; φ_I = 23^0; c_I = 21 кПа; γ_I =20 кН/м^2, коэффициент пропорциональности K = 4400 кН/м^4); ИГЭ-2 – песок мелкий, пылеватый, средней плотности, маловлажный (φ_I = 25^0; c_I = 0 кПа; γ_I = 17 кН/м^2, e = 0,7, K = 5000 кН/м^4). При сейсмичности площадки 9 баллов на голову сваи передавались горизонтальная H = 21,435 кН и вертикальная N = 147 кН нагрузки.

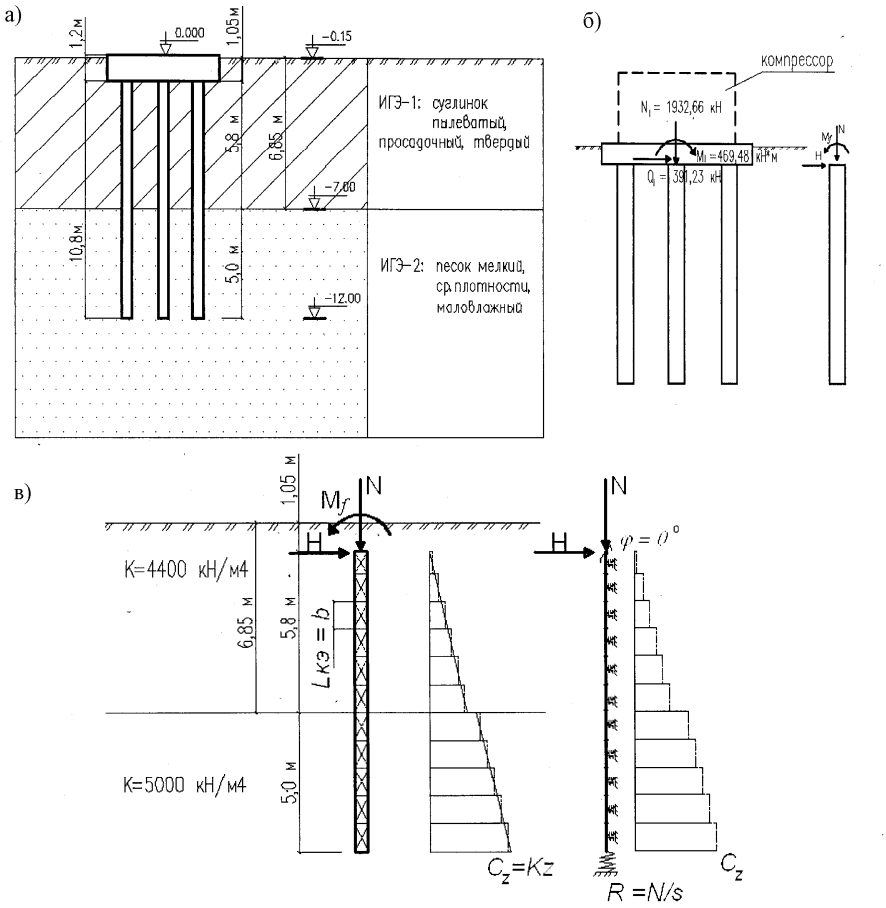


Рис. 3. К расчету одиночной сваи в условиях неоднородного грунтового массива (этап II):
а) геологический профиль строительной площадки;
б) условия нагружения свайного фундамента и сваи; в) компьютерная расчетная модель сваи

При реализации компьютерного расчета, была создана модель сваи, включающая систему балочных конечных элементов на упругом основании. При ее создании были приняты параметры, полученные на этапе I, позволяющие получить хорошую сходимость результатов с результатами ручного расчета. То есть длина конечных элементов принималась равной диаметру сваи 0,5 м; ширина зоны передачи нагрузки на грунт, равной условной ширине сваи bp = 1,5d+0,5 = 1,25 м; также была введена податливая связь на конце сваи. Учитывая разные характеристики грунтов в пределах длины сваи, эпюра коэффициентов постели Cz имела скачек на контакте слоев ИГЭ-1 и ИГЭ-2 (рис. 3в). По окончании расчета были получены деформированное состояние сваи, эпюры изгибающих моментов и поперечных сил, эпюра давлений, передаваемых сваей на грунт. Конфигурация эпюр, схожа с теми, что получена на этапе I (рис. 1в), максимальные значения исследуемых силовых факторов отражены в таблице 5. Сравнение результатов компьютерного расчета с результатами ручного расчета, проведенного в соответствии с СП 50-102-2003, показало хорошую сходимость. Отклонение составило не более 4 %.

Таблица 5

Сравнение результатов расчета

Метод	M_{max}, кН*м	Q_{max}, кН	$\sigma_{z,\,max}$, кПа	U_{max}, мм
Ручной расчет (СП 50-102-2003)	33,8	21,8	6,2	1,35
ПК Лира	33,74	21,8	6,26	1,294
Расхождение результатов расчета	0,18 %	0 %	0,98 %	4 %

На **III этапе** была рассмотрена свая в составе свайного фундамента под компрессор Троицкой компрессорной станции (Краснодарский край, сейсмичность площадки 9

баллов, повторяемость землетрясений – 1). Конструкция фундамента включала в себя ростверк размером 9×4,2×1,2 м и куст из 18 буронабивных свай длинной 10,8 м и диаметром 500 мм, изготовленных из бетона класса В15. Геологические условия строительной площадки аналогичны этапу II (рис. 3а). Схема нагрузок на фундамент при особом сочетании показана на рис. 3в. Пространственная расчетная модель фундамента, созданная в структуре программы Лира, и результаты расчета показаны на рисунке 4 и таблице 6. Из таблицы видно, что отклонение результатов расчета, полученных для куста свай в среде программного комплекса, отличается от результатов ручного расчета одиночной сваи не более чем на 4 %.

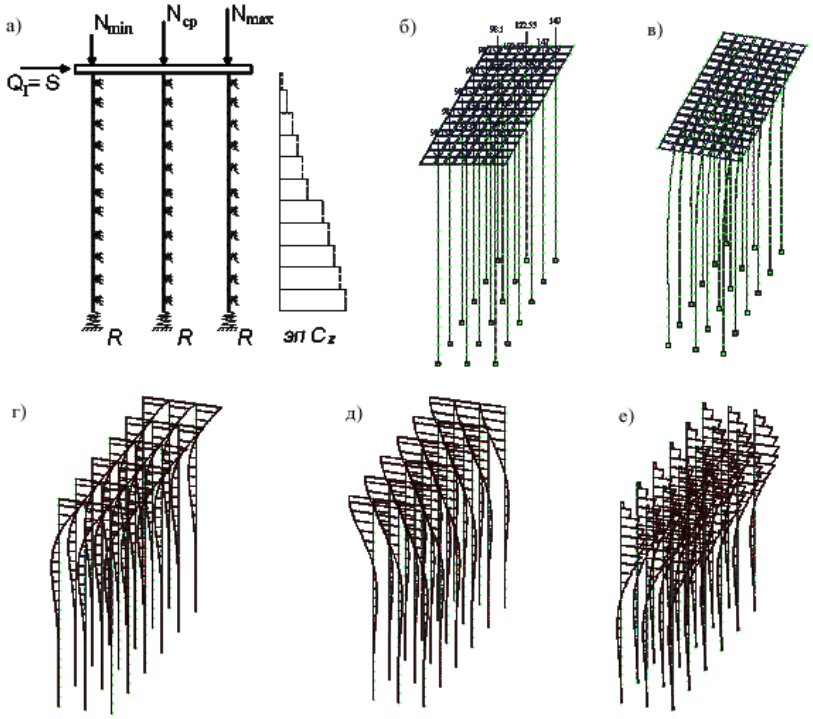


Рис. 4. К расчету сваи в составе свайного фундамента (этап III):
а) расчетная модель свайного фундамента;
б) вид пространственной модели свайного фундамента, созданной в ПК Лира;
в) деформированное состояние фундамента при особом сочетании нагрузок;
г) эпюра изгибающих моментов; д) эпюра поперечных усилий;
е) эпюра давлений, передаваемых сваями на грунт

Таблица 6

Сравнение результатов расчета

Метод	M_{max}, кН*м	Q_{max}, кН	$\sigma_{z,\ max}$, кПа	U_{max}, мм
Ручной расчет одиночной сваи (СП 50-102-2003)	33,8	21,8	6,2	1,35
Расчет сваи в составе фундамента в ПК Лира (расхождение)	33,7783 (0,06 %)	21,82 (0,09 %)	6,21 (0,16 %)	1,29491 (4 %)

Все вышеизложенное позволило сделать следующие выводы:

1. Современные программные комплексы, реализующие метод конечных элементов, при расчете свай и свайных фундаментов на действе нагрузок типа сейсмических в условиях однородной и неоднородной грунтовой среды позволяют получить результаты, хорошо согласующиеся с ручным методом, изложенным в СП 50-102-2003.

2. Моделирование сваи может производиться системой стержневых балочных конечных элементов на упругом основании. При этом наиболее оптимальной является длина конечного элемента, равная размеру поперечного сечения сваи.

3. При действии горизонтальных нагрузок податливость грунтового основания одиночной сваи практически не оказывает влияния на ее горизонтальные перемещения и усилия в уровне оголовка.

Список библиографических ссылок

1. Галиуллин Р.Р., Изотов В.С., Нуриева Д.М. Численные исследования динамических характеристик зданий с железобетонным каркасом // Известия КГАСУ, 2011, № 2 (16). – С. 81-85.
2. Городецкий А.С., Евзеров И.Д. Компьютерные модели конструкций. – М.: АСВ,
3. Ильичев В.А., Монголов Ю.В., Шаевич В.М. Свайные фундаменты в сейсмических районах. – М.: Стройиздат, 1983. – 144 с.
4. Кофф Г.Л., Баулин Ю.И., Смирнов В.И., Беккер А.Т., Лобацкая Р.М, Джинчвелашвили Г.А., и др. Уроки Спитака. Москва-Владивосток: Дальнаука, 2008. – 151 с.
5. Мартемьянов А.И. Проектирование и строительство зданий и сооружений в сейсмически активных районах. – М.: Издательство Стройиздат, 1985. – 255 с.
6. Поляков С.В. Последствия сильных землетрясений. – М.: Стройиздат, 1978. – 311 с.
7. Савинов О.А., Клатцо М.М., Степанов Г.Н. Расчеты свайных фундаментов энергетических сооружений на динамические нагрузки. – Л.: Энергия, 1976. – 41 с.
8. Шаблинский Г.Э., Джинчвелашвили Г.А., Зубков Д.А. Сейсмостойкость строительных конструкций атомных электростанций. – М.: АСВ, 2010. – 252 с.

Nurieva D.M. – candidate of technical sciences, associate professor
E-mail: danm_n@mail.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Numerical study models piles and pile foundations under seismic loads of type

Resume

The article presents the results of numerical studies of models of piles and pile foundations working in conditions of homogeneous and inhomogeneous soil masses under the action of seismic loads. Studies were made in the structure of the program complex Lira relation to the foundation under the Trinity compressor station. Modeling piles produced beamed finite elements on an elastic foundation. The work on the ground compressive load was taken into account by introducing a vertical compliant communication at its lower end. The results of computer calculations are compared with the results obtained by the traditional manual method. In the process of solving the problem considered the influence of parameters such computer models as breakdown structures into finite elements, the width of the zone transfer pile pressure on the soil stiffness at the base of a compliant connection. Choose the most optimal model parameters, allowing to obtain the discrepancy results from the manual method is not more than 4 %.

Keywords: pile foundation, the calculation of the single pile, seismic load, the coefficient of subgrade, computer model.

Reference list

1. Galiullin R.R., Izotov V.S., Nurieva D.M. Numerical researches of dynamic characteristics of buildings with ferro-concrete skeleton // News of the KSUAE, 2011, № 2 (16). – P. 81-85.

2. Gorodetsky A.S., Evzerov I.D. Computer models of constructions. – M.: ASB, 2009 – 360 p.
3. Ilichev V.A., Mongolov J.V., Shaevich V.M. Pile foundations in seismic areas. – M.: Stroyizdat, 1983. – 144 p.
4. Koff G.L., Baulin Y.I., Smirnov V.I., Becker A.T., Lobatskaya R.M., Dzhinchvelashvili G.A., et al. The lessons of Spitak. Moscow-Vladivostok: Dal'nauka, 2008. – 151 p.
5. Martemyanov A.I. Design and construction of buildings in seismically active areas. – M.: Publishing Stroyizdat, 1985. – 255 p.
6. Polyakov S.V. The consequences of strong earthquakes. – M.: Stroyizdat, 1978. – 311 p.
7. Savinov O.A., Klattso M.M., Stepanov G.N. The settlement of pile foundations energy structures for dynamic loads. – L.: Energy, 1976. – 41 p.
8. Shablinsky G.E., Dzhinchvelashvili G.A., Zubkov D.A. Earthquake resistance of building structures of nuclear power plants. – M.: ASB, 2010. – 252 p.

УДК 624.131
Офрихтер В.Г. – кандидат технических наук, доцент
E-mail: ofrikhter@mail.ru
Офрихтер Я.В. – студент
E-mail: ian.ofrikhter@gmail.com
Пермский национальный исследовательский политехнический университет
Адрес организации: 614990, Россия, г. Пермь, Комсомольский проспект, д. 29

Оценка механической ползучести фибропеска по результатам компрессионных испытаний

Аннотация

Осадка фибропеска при компрессионных испытаниях определяется двумя процессами – прямой компрессией и механической ползучестью. Традиционные методы оценки компрессии, основанными на теории фильтрационной консолидации нельзя применять для неводонасыщенных образцов псевдосвязного грунта. Результаты испытаний таких грунтов можно оценивать с помощью скоростных уравнений первого порядка.

Ключевые слова: фиброармированный неводонасыщенный несвязный грунт, механическая ползучесть, скоростное уравнение первого порядка.

1. Введение

Песок, произвольно армированный короткими (6-12 мм) волокнами (в дальнейшем – фибропесок) является специфическим типом искусственного грунта, которому присущи свойства как сыпучих, так и связных грунтов. Механические характеристики фибропеска – угол внутреннего трения и удельное сцепление, но в тоже время, коэффициент фильтрации измеряется порядками 1м/сут. Осадка фибропеска обусловлена физическими механизмами и определяется двумя процессами: прямая компрессия и механическая ползучесть. Концептуальная модель осадки фибропеска приведена на рис 1.

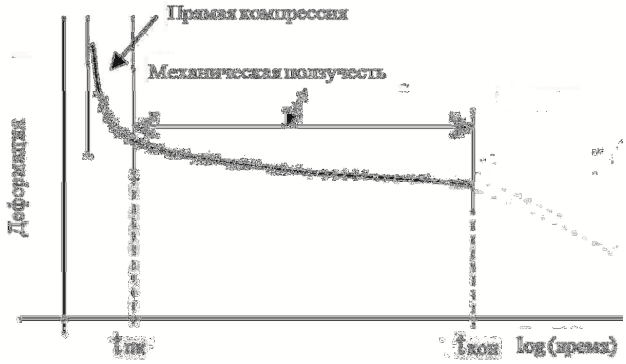


Рис. 1. Концептуальная модель осадки фибропеска

Первоначальное быстрое развитие деформаций при увеличении нагрузки – прямая компрессия. Термин «прямая компрессия» предлагается применять для фибропесков в отличие от первичной, применяющейся в механике грунтов, в связи с тем, что материал фибропесков является, как правило, неводонасыщенным, а первичная компрессия в грунтах соответствует консолидации твердых частиц при рассеивании порового давления. Далее развитие осадок продолжается при постоянной нагрузке в связи с механической ползучестью. Механическая ползучесть – физический процесс уплотнения, при котором объем пустот уменьшается со временем, поскольку отдельные компоненты фибропеска смещаются под нагрузкой и на контакте частиц возникает скольжение.

На рис. 1. показаны переходный момент времени, указывающий время окончания прямой компрессии $t_{ПК}$, а также время окончания механической ползучести $t_{кон}$. Для

оценки прямой компрессии требуется определение деформации (коэффициента пористости), при которой она заканчивается и начинается длительная компрессия, изменяющаяся во времени – т.е. деформации (коэффициента пористости) в конце прямой компрессии ($\varepsilon_{ПК}$). Методологии, использующиеся в механике грунтов для определения перехода от первичной к вторичной консолидации (например, методы Казагранде, Тейлора, основанные на теории одномерной фильтрационной консолидации Терцаги) неприменимы к фибропеску, поскольку материал является неводонасыщенным и поровое давление не рассеивается. В этой ситуации был применен метод оценки компрессии и определения коэффициента пористости к окончанию каждой из двух фаз компрессии (прямой компрессии и механической ползучести, основанный на скоростном уравнении первого порядка (далее – FORE) [1, 8]. Во всех поставленных экспериментах по изучению ползучести фибропеска, на каждой ступени приложения нагрузки вначале наблюдалось быстрое нарастание деформаций (прямая компрессия), за которой следовало снижение скорости деформаций (механическая ползучесть) [2, 3, 4, 5, 9, 10 , 11, 12].

2. Результаты компрессионных испытаний фибропеска

Для формирования образцов был использован песок природный со следующими характеристиками.

Грансостав по фракциям: 2-1 – 0,1 %; 1-0,5 – 8,2 %; 0,5-0,25 – 39,5 %; 0,25-0,1 – 49,4 %; менее 0,1 – 2,5 %.

Степень неоднородности: $C_u = d_{60} / d_{10} = 0,28 / 0,14 = 2,0$

Плотность частиц: $\rho_s = 2,64\ г/см^3$.

В соответствии с ГОСТ 25100 грунт относится к классу природных дисперсных грунтов и является песком пылеватым однородным. Кривая гранулометрического состава песка представлена на рис. 2.

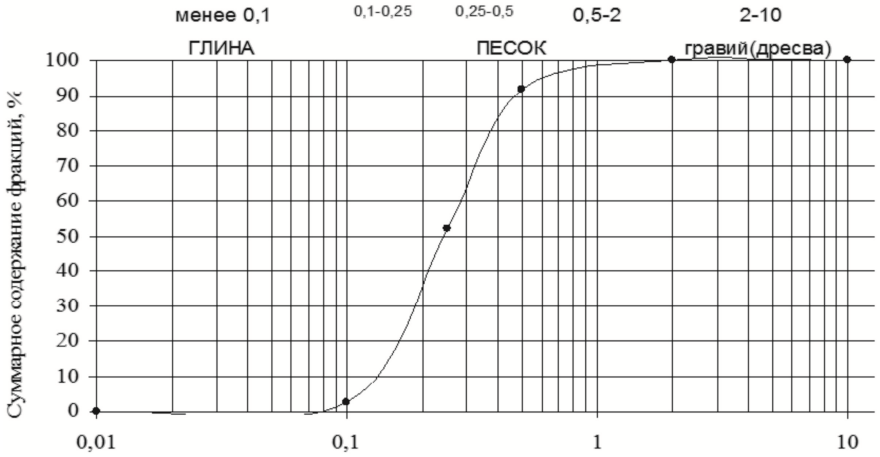


Рис. 2. Кривая гранулометрического состава песка

Для испытаний был изготовлен фибропесок из смеси песка природного и фиброволокна полипропиленового по ТУ 2272 -001-86254023-2010 длиной 12 мм с характеристиками: плотность – 0,91 г/см^3; диаметр волокон 20 мкм; прочность на растяжение 170-260 МПа; удлинение до разрыва 150-250 %; DTex (масса нити длиной 10000 м) – 28; температура воспламенения – 320°; температура плавления – 160°. Расход фибры 0,93 %. Плотность частиц фибропеска $\rho_s = 2,58\ г/см^3$.

Развитие деформаций во времени при компрессионных испытаниях фибропеска на одной ступени нагрузки 400 КПа за 141 день (3384 час или 203040 мин) приведено на рис. 3.

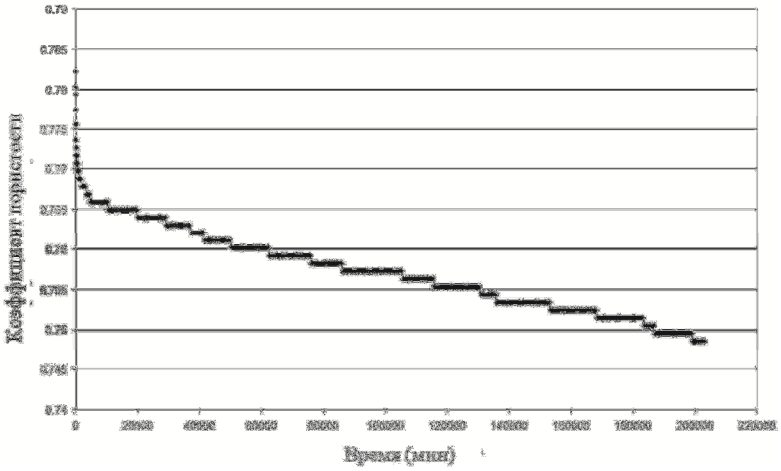


Рис. 3. Результаты компрессионных испытаний образца фибропесчаного грунта при нагрузке 400 КПа в течение 203040 мин (141 сут)

3. Оценка результатов компрессионных испытаний фибропеска

Образец из фибропеска был подвергнут компрессионному испытанию на ползучесть при постоянной нагрузке 400 КПа в течение 141 суток (203040 мин или 3384 час.).

Для определения момента перехода от прямой компрессии к механической ползучести был использован метод FORE [8] в ассоциации с полулогарифмической зависимостью. Скоростное уравнение первого порядка, предложенное в статье [8] описывает скорость приближения переменной функции к ее конечному значению. В нашем случае рассматривается скорость приближения коэффициента пористости к значению этого коэффициента к окончанию процесса механической ползучести. В случае, если этот показатель нельзя однозначно определить точно, по предложению [8] он задается методом подбора.

Скоростное уравнение первого порядка, описывающее процесс механической ползучести, имеет вид:

$$d\left(e_t - e_{кон}\right)/dt = -k\left(e_t - e_{кон}\right). \quad (1)$$

Решение уравнения имеет вид:

$$\ln\left(e_t - e_{кон}\right) = -kt + C \quad (2)$$

или может быть записано в десятичных логарифмах:

$$\lg\left(e_t - e_{кон}\right) = -k_{10}t + C_t. \quad (3)$$

Из этого решения можно записать «скоростное» выражение зависимости коэффициента пористости от времени:

$$e_t = 10^{\left(C_t - k_{10}t\right)} + e_{кон}. \quad (4)$$

Предложение [8] заключается в том, что решение (3) представляет собой уравнение прямой линии $y = ax + b$ в полулогарифмических координатах. Поскольку конечное значение коэффициента пористости неизвестно, подставляются пробные значения этого коэффициента для того, чтобы полученная прямая линия максимально совпадала с экспериментальной кривой. Иными словами, скоростное уравнение первого порядка составляется методом подбора.

Как FORE, так и экспериментальная зависимость пригодны для представления процесса физической компрессии. FORE моделирует физический процесс (механическую ползучесть) и момент расхождения с конкретным процессом, поскольку экспериментальная зависимость воспроизводит непрерывный физический процесс осадки под постоянной нагрузкой по отношению ко времени (логарифму времени) (постоянный коэффициент механической ползучести $C_\alpha^{'}$). Таким образом, перекрытие данных FORE и экспериментальной кривой предполагает представление механической ползучести.

На основании допущения о том, что механическая ползучесть может быть представлена одиночным коэффициентом C'_α [6, 7] расхождение между скоростным уравнением и экспериментальной кривой совпадает с моментом времени, при котором прямая компрессия переходит в механическую ползучесть.

На основании данных, полученных в ходе проведения испытаний были подобраны скоростные уравнения первого порядка для стадий прямой компрессии и механической ползучести. Подбор скоростных уравнений первого порядка выполнялся в программе MS Excel по методике [8] путем составления электронной таблицы, построения графика скоростного уравнения и подбора линейной аппроксимации, максимально совпадающей с построенным графиком скоростного уравнения. Совпадение скоростного уравнения и линейной аппроксимации оценивалось по коэффициенту детерминации R^2 (все эти операции доступны в стандартном пакете Microsoft Excel).

Для составления скоростного уравнения прямой компрессии были взяты данные испытания в промежутке 0 – 20 мин. Электронная таблица составляется из 5 колонок (1 – время, 2 – коэффициент пористости, 3 – разность между конечным и текущим значениями коэффициента пористости, 4 – абсолютная величина этой разности, 5 – логарифм этой абсолютной величины) (рис. 4). Подбирается конечное значение коэффициента пористости к окончанию первичной компрессии таким образом, чтобы построенный график (абсцисса – время; ордината – логарифм абсолютной величины разности) максимально совпадал с линейной аппроксимацией (оценивается по коэффициенту детерминации R^2). Устанавливается уравнение линейной аппроксимирующей прямой и из этого уравнения составляется «скоростная» зависимость коэффициента пористости от времени (рис. 4).

X (t, мин)	Y (e)	Yu-Y	|Yu-Y|	lg|Yu-Y|
0	0,924703	-0,149463	0,149463	-0,825467
0	0,787086	-0,011846	0,011846	-1,926411
0	0,787086	-0,011846	0,011846	-1,926411
0,25	0,784199	-0,008959	0,008959	-2,047721
0,5	0,783237	-0,007997	0,007997	-2,09707
1	0,782275	-0,007035	0,007035	-2,152754
2	0,78035	-0,00511	0,00511	-2,291579
5	0,779388	-0,004148	0,004148	-2,382198
10	0,777463	-0,002223	0,002223	-2,653071
20	0,775538	-0,000298	0,000298	-3,525429

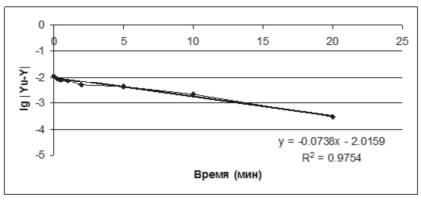


Рис. 4. Подбор скоростного уравнения первого порядка для первичной компрессии образца из фибропеска в интервале 0-20 мин. $P = 400$ *КПа* ; $e_{рез} = 0{,}77524$

В результате подбора значение коэффициента пористости к окончанию первичной компрессии составило 0,77524, для которого скоростное уравнение первого порядка имеет вид ($R^2 = 0{,}9754$):

$$y = -0{,}0738\,x - 2{,}0159\,.$$

В соответствии с выражением (3) скоростное уравнение записывается в виде:

$$\lg\left(e - 0{,}77524\right) = -0{,}0738\,t - 2{,}0159\,.$$

«Скоростная» зависимость коэффициента пористости от времени выражается зависимостью:

$$e = 10^{\left(-2{,}0159 - 0{,}0738\,t\right)} + 0{,}77524\,. \qquad (5)$$

Подбор выполняется очень быстро, как правило за 8-10 попыток, что занимает не более 1 минуты.

Таким же образом выполняется подбор скоростного уравнения и получение «скоростной» зависимости коэффициента пористости от времени для вторичной компрессии (механической ползучести) (рис. 5.).

Для составления скоростного уравнения вторичной компрессии были взяты данные испытания в промежутке 120-203040 мин. В результате подбора значение коэффициента пористости к окончанию вторичной компрессии составило 0,737, для которого скоростное уравнение первого порядка имеет вид ($R^2 = 0{,}9815$):

$$y = -0{,}000002\,x - 1{,}522\,.$$

В соответствии с выражением (3) скоростное уравнение записывается в виде:

$$\lg\left(e-0,737\right)=-0,000002t-1,5122.$$

«Скоростное» выражение для коэффициента пористости:

$$e=10^{\left(-1,522-0,000002t\right)}+0,737. \quad (6)$$

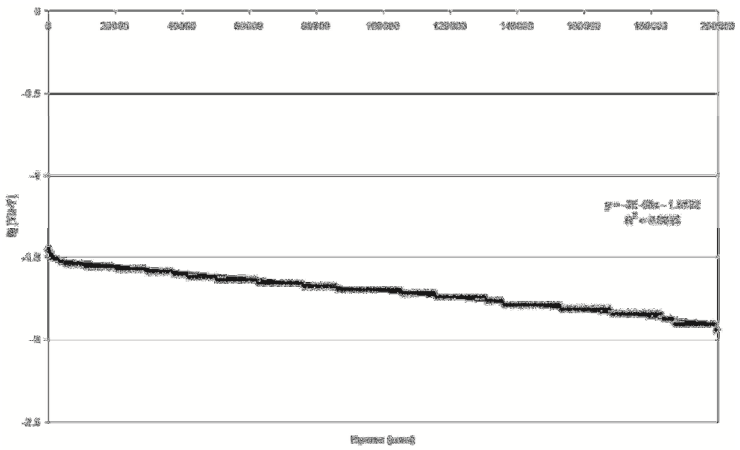


Рис. 5. Подбор скоростного уравнения первого порядка для вторичной компрессии образца из фибропеска в интервале 120-203040 мин. $P = 400$ *КПа* ; $e_{рез} = 0,737$

С помощью полученных скоростных уравнений можно определить начало механической ползучести фибропеска. Для этого полученная «скоростная» зависимость коэффициента пористости от времени для механической ползучести фибропеска (6) накладывается на график результатов испытаний. Точка расхождения графиков – начало процесса вторичной компрессии (рис. 6).

В соответствии с выполненными построениями механическая ползучесть фибропеска начинается между 2880 и 3600 мин. Коэффициент пористости к началу вторичной компрессии составляет 0,767358.

На рис. 6, 7. для сравнения приведен также график кинетического уравнения, с помощью которого определяется коэффициент пористости в зависимости от начального значения e_0 в интервале 120-203040 мин. Кинетическое уравнение изменения коэффициента пористости при вторичной компрессии имеет вид:

$$-de/dt=ke. \quad (7)$$

Решение этого уравнения записывается выражением:

$$e=e_0\exp^{-kt}. \quad (8)$$

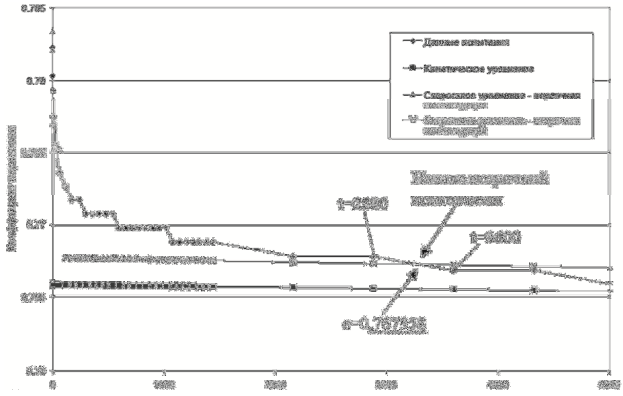


Рис. 6. Определение начала вторичной компрессии для образца из фибропеска $P=400\,КПа$ с помощью скоростного уравнения первого порядка

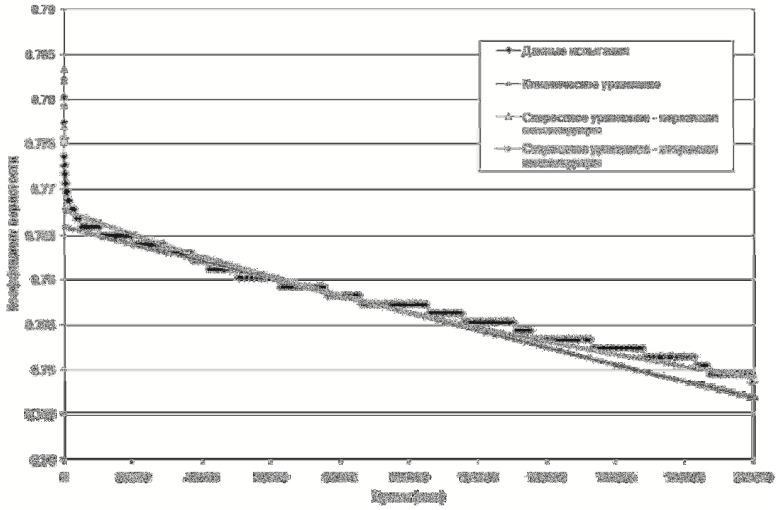


Рис. 7. Сравнение скоростного и кинетического уравнений вторичной компрессии для образца из фибропеска $P = 400\ КПа$

Кинетическое уравнение, в отличие от скоростного, указывает на бесконечность процесса консолидации, что не соответствует действительности. С помощью скоростного уравнения можно прогнозировать величину коэффициента пористости к окончанию вторичной компрессии. Выявленные закономерности позволяют уточнить механизм поведения под нагрузкой неводонасыщенных несвязных фиброармированных грунтов и грунтоподобных материалов, к которым кроме фибропесков относятся твердые бытовые отходы.

Заключение

Компрессия неводонасыщенных песчаных образцов, армированных произвольно ориентированными волокнами состоит из двух фаз – прямой компрессии и механической ползучести. Компрессионные испытания фиброармированных песчаных образцов позволяют понять механизм механической ползучести несвязных фиброармированных грунтов и грунтоподобных материалов. К таким материалам относятся, например, твердые бытовые отходы. Применение скоростных уравнений первого порядка позволяет оценить реологические процессы в неводонасыщенных фиброармированных несвязных грунтах и грунтоподобных материалах при длительном приложении нагрузки.

Список библиографических ссылок

1. Офрихтер В.Г., Лихачева Н.Н. Уточненная модель биоразложения твердых бытовых отходов // Вестник гражданских инженеров. – СПб.: СПбГАСУ, 2014, Вып. 4 (45) . – С. 73-78.
2. Bareither C.A., Hryciw R.D., Athanasopoulos-Zekkos A., Yesiller N., Benson C.H., Edil T.B. Recent findings in compressibility of municipal solid waste // GeoCongress 2012 «State of the art and practice in Geotechnical engineering» ASCE GSP № 225. – New York: ASCE, 2012. – P. 4212-4221.
3. Bareither C.A., Benson C.H., Edil T.B. Compression behavior of municipal solid waste in bioreactor landfills: mechanical creep and biocompression // Geotechnical and Geoenvironmental Engineering. – New York: ASCE, 2013, Vol. 139, Iss. 7. – P. 1007-1021.
4. Chen Y., Ke H., Fredlund D., Zhan L., Xie Y. Secondary compression of municipal solid wastes and a compression model for predicting settlement of municipal solid waste landfills // Geotechnical and Geoenvironmental Engineering. – New York: ASCE, 2010, Vol. 136, Iss. 5. – P. 706-717.

5. Durmusoglu E., Sanchez I.M., Corapcioglu M.Y. Permeability and compression characteristics of municipal solid waste samples // Environmental Geology. – Dusseldorf, Germany: Springer-Verlag, 2006, Vol. 50, Iss. 6. – P. 773-786.
6. El-Fadel M., Khoury R. Modeling settlement in MSW landfills: A critical review // Critical Reviews in Environmental Science and Technologies. – Abingdon, Oxfordshire, UK: Taylor & Francis, 2000, Vol. 30, Iss. 3. – P. 327-361.
7. Gourc J.P., Staub M.J., Conte M. Decoupling MSW settlement into mechanical and biochemical processes – modeling and validation on large-scale setups // Waste Managenment Journal. – Amsterdam: Elsevier, 2010, Vol. 30, Iss. 8-9. – P. 1556-1568.
8. Handy R.L. First-order rate equations in geotechnical engineering // Geotechnical and Geoenvironmental Engineering. – New York: ASCE, 2002, Vol. 128, Iss. 5. – P. 416-425.
9. Jessberger H.L., Kockel R., Sarsby R.W. (eds.) Determination and Assessment of the Mechanical Properties of Waste Materials // Proceedings of International Symposium «Green'93» (Bolton, UK). – Rotterdam: A.A. Balkema, 1993. – P. 181-188.
10. Landva A.O., Valsangkar A.J., Pelkey S.G. Lateral earth pressure at rest and compressibility of municipal solid waste // Canadian Geotechnical Journal. – Ottawa: NRC Research Press, 2000, Vol. 37, Iss. 6. – P. 1157-1165.
11. Rao S.K., Moulton L.K., Seals R.K. Settlement of refuse landfills // Proceedings of ASCE Specialty Conference «Geotechnical Practice for Disposal of Solid Waste Materials», Ann Arbor, MI. – New York, USA: ASCE, 1977. – P. 574-598.
12. Vilar O.M., Carvalho M.F. Mechanical properties of municipal solid waste // Testing and Evaluation. Philadelphia, USA: ASTM, 2004, Vol. 32, Iss. 6. – P. 438-449.

Ofrikhter V.G. – candidate of technical sciences, associate professor
E-mail: ofrikhter@mail.ru
Ofrikhter I.V. – student
E-mail: ian.ofrikhter@gmail.com
Perm National Research Polytechnical University
The organization address: 614990, Russia, Perm, Komsomolsky av., 29

Estimation of the mechanical creep of fibrosand by the results of compression testing

Resume

Settlement of fibrosand in consolidation testing is determined by two processes – direct compression and mechanical creep. Traditional approaches for compression estimation, based on filtration consolidation theory are unsuitable for unsaturated specimens of pseudo-cohesive soil. Testing results for such soils could be estimated by first order rate equations.

Sand reinforced by randomly oriented short (6-12 mm) fibers (further – fibrosand) is a specific type of artificial soil for which the properties of as cohesive as non-cohesive soils are intrinsic. Mechanical characteristics of fibrosand are angle of internal friction and cohesion, but at the same time the permeability coefficient is measured in order of 1 m/day. Settlement of fibrosand is caused by the physical mechanisms and determined by two processes – direct compression and mechanical creep.

Initial rapid development of settlements is direct compression. The term «direct compression» is proposed to use for fibrosand in contrast to the primary consolidation, used in soil mechanics because of the fact that material of fibrosand is generally unsaturated, while the primary consolidation in soils conforms to the compression of cohesive soils at pore pressure dissipation. Further settlement increase continues at constant load as a result of mechanical creep. Mechanical creep is a physical process of compression at which the volume of voids decreases with time because of separate components of fibrosand are shifted under the load and slipping appears on the contact of the particles.

Methodologies applied in soil mechanics for determination of the transition from the primary to secondary consolidation (for example methods of Taylor and Casagrande, founded on one – dimensional theory of filtration consolidation are inapplicable to the fibrosand as the material is unsaturated and pore pressure is not dissipated.

In this situation the method of compression evaluation and determination of void ratio to the ending of each of two phases of compression (direct compression and mechanical creep), based on the first order rate equation was applied. In all performed experiments on the study of fibrosand creep at each step of load application the rapid increase of settlement was observed initially (direct compression), followed by the reduction of the speed of deformations (mechanical creep).

Using the first order rate equation anyone can prognosticate the value of void ratio to the ending of secondary compression. Established rules allow verifying the mechanism of behavior of unsaturated non-cohesive fibro-reinforced soils and soil-like materials to which, except fibrosand, municipal solid waste is related.

Compression of unsaturated sand specimens, reinforced by randomly oriented fibers consists of two phases – direct compression and mechanical creep. Compression testing of fibro-reinforced sand specimens allows understanding the mechanism of mechanical creep of non-cohesive fibro-reinforced soils and soil-like materials. Application of first order rate equation allows estimating the rheological processes in unsaturated fibro-reinforced soils and soil-like materials under continuous loading.

Keywords: fibro-reinforced unsaturated non-cohesive soil, mechanical creep, first order rate equation.

Reference list

1. Ofrikhter V.G., Likhacheva N.N. Improved model of biodegradation for municipal solid waste // Bulletin of civil engineers. – SPb.: SPbGASU, 2014, Iss. 4 (45). – P. 73-78.
2. Bareither C.A., Hryciw R.D., Athanasopoulos-Zekkos A., Yesiller N., Benson C.H., Edil T.B. Recent findings in compressibility of municipal solid waste // GeoCongress 2012 «State of the art and practice in Geotechnical engineering» ASCE GSP № 225. – New York: ASCE, 2012. – P. 4212-4221.
3. Bareither C.A., Benson C.H., Edil T.B. Compression behavior of municipal solid waste in bioreactor landfills: mechanical creep and biocompression // Geotechnical and Geoenvironmental Engineering. – New York: ASCE, 2013, Vol. 139, Iss. 7. – P. 1007-1021.
4. Chen Y., Ke H., Fredlund D., Zhan L., Xie Y. Secondary compression of municipal solid wastes and a compression model for predicting settlement of municipal solid waste landfills // Geotechnical and Geoenvironmental Engineering. – New York: ASCE, 2010, Vol. 136, Iss. 5. – P. 706-717.
5. Durmusoglu E., Sanchez I.M., Corapcioglu M.Y. Permeability and compression characteristics of municipal solid waste samples // Environmental Geology. – Dusseldorf, Germany: Springer-Verlag, 2006, Vol. 50, Iss. 6. – P. 773-786.
6. El-Fadel M., Khoury R. Modeling settlement in MSW landfills: A critical review // Critical Reviews in Environmental Science and Technologies. – Abingdon, Oxfordshire, UK: Taylor & Francis, 2000, Vol. 30, Iss. 3. – P. 327-361.
7. Gourc J.P., Staub M.J., Conte M. Decoupling MSW settlement into mechanical and biochemical processes – modeling and validation on large-scale setups // Waste Managenment Journal. – Amsterdam: Elsevier, 2010, Vol. 30, Iss. 8-9. – P. 1556-1568.
8. Handy R.L. First-order rate equations in geotechnical engineering // Geotechnical and Geoenvironmental Engineering. – New York: ASCE, 2002, Vol. 128, Iss. 5. – P. 416-425.
9. Jessberger H.L., Kockel R., Sarsby R.W. (eds.) Determination and Assessment of the Mechanical Properties of Waste Materials // Proceedings of International Symposium «Green'93» (Bolton, UK). – Rotterdam: A.A. Balkema, 1993. – P. 181-188.
10. Landva A.O., Valsangkar A.J., Pelkey S.G. Lateral earth pressure at rest and compressibility of municipal solid waste // Canadian Geotechnical Journal. – Ottawa: NRC Research Press, 2000, Vol. 37, Iss. 6. – P. 1157-1165.
11. Rao S.K., Moulton L.K., Seals R.K. Settlement of refuse landfills // Proceedings of ASCE Specialty Conference «Geotechnical Practice for Disposal of Solid Waste Materials», Ann Arbor, MI. – New York, USA: ASCE, 1977. – P. 574-598.
12. Vilar O.M., Carvalho M.F. Mechanical properties of municipal solid waste // Testing and Evaluation. Philadelphia, USA: ASTM, 2004, Vol. 32, Iss. 6. – P. 438-449.

УДК 624.151.2
Сафин Д.Р. – кандидат технических наук, доцент
E-mail: d.safin@list.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1

Экспериментальные исследования НДС слабых водонасыщенных глинистых грунтов, армированных вертикальными элементами

Аннотация

В статье приводятся результаты проведенных в объемных лотках экспериментальных исследований. В лабораторных условиях были испытаны образцы слабых глинистых грунтов, армированных вертикальными элементами. В качестве вертикальных армирующих элементов выступают песчаные и известково-песчаные сваи. На основании результатов проведенных исследований предложен упрощенный подход к расчету оснований, сложенных из слабых водонасыщенных глинистых грунтов, армированных песчаными сваями.

Ключевые слова: грунт, слабый глинистый грунт, армирование, песчаная свая, известковая свая, деформации.

Трудность использования слабых водонасыщенных глинистых грунтов в качестве оснований гражданских, промышленных, гидротехнических, транспортных и других сооружений определяется следующим:

1. Водонасыщенные глинистые грунты характеризуются значительным коэффициентом пористости, что свидетельствует об их малой уплотненности (обычно коэффициент пористости больше единицы), соответственно, сооружения, возведённые на таких грунтах с модулем общей деформации меньше $E < 5$ МПа (коэффициент относительной сжимаемости $m_v > 0{,}05\text{-}0{,}1$ см^2/кг) испытывают большие и неравномерные осадки, обусловленные высокой сжимаемостью грунтов.

2. Водонасыщенные глинистые грунты имеют малую прочность – угол их внутреннего трения обычно равен $5\text{-}12^0$, а сцепление 10-30 кПа. Поэтому обеспечить устойчивость фундаментов и отдельных сооружений, возведённых на толще таких грунтов, очень сложно. Особенно трудно обеспечить устойчивость сооружений с эксцентричным приложением нагрузки к фундаментам и при действии горизонтальных сил. Большие сложности возникают и при устройстве на слабых водонасыщенных глинистых грунтах дамб и земляных плотин, так как очень трудно обеспечить устойчивость самих сооружений и их откосов в этих случаях.

3. Осадка сооружений, расположенных на слабых водонасыщенных глинистых грунтах, происходит в течение длительного времени. Это объясняется тем, что глинистые грунты имеют малое и неодинаковое значение коэффициента фильтрации $K_\Phi \approx 10$ см/сут, а уплотнение водонасыщенных грунтов в основном определяется процессами отжатия воды, заполняющей поры грунта, к дренажным поверхностям.

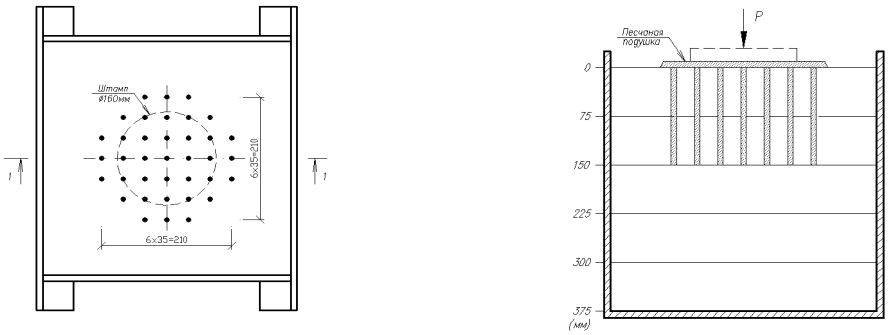
Как уже упоминалось, основные сложности, возникающие при строительстве сооружений на слабых водонасыщенных глинистых грунтах, обусловлены медленным отжатием поровой воды до дренажной поверхности. Время отжатия воды зависит от пути фильтрации, который проходит отжимаемая вода до дренажной поверхности. Начиная с 1950г. по предложению проф. Ю.М. Абелева [4] для уплотнения слабых водонасыщенных глинистых грунтов широко применяют песчаные сваи, представляющие собой вертикальные песчаные дрены, вокруг которых создаются зоны уплотнения. Под действием напряжений, возникающих при изготовлении песчаных свай, на определённом расстоянии вокруг песчаной сваи в поровой воде грунтов возникают напоры, под действием которых поровая вода отжимается в тело песчаной сваи. В тоже время, в отличие от песчаных дрен, увеличивается модуль деформации окружающего

грунтового массива. В настоящее время разработано несколько типов технологии устройства песчаных и известковых свай, гарантирующих их непрерывность по длине и обеспечивающих зону уплотнения грунтов вокруг свай. Основу расчетам вертикальных дрен в виде песчаных свай положили М.Ю. Абелев, К. Терцаги, Б.П. Попов, В.А. Флорин и др. Все существующие расчеты оснований с вертикальными дренами и песчаными сваями базируется на теории фильтрационной консолидации. Расчеты заключаются в определении степени уплотнения (консолидации) грунтов основания под воздействием внешней нагрузки в любой момент времени. В то же время для сильносжимаемых водонасыщенных грунтов на первой стадии уплотнения (степень консолидации 0,7-0,8) решающая роль принадлежит фильтрационной консолидации, а на второй стадии уплотнения (степень консолидации 0,8-1,0) основная роль принадлежит вторичной консолидации. Грунты различного происхождения, состава и физико-механических свойств характеризуются различной степенью ползучести при сжатии, и доля осадки, приходящаяся на вторичную консолидацию, может составлять 50 % и выше. Ю.К. Зарецким, Н.А. Цытовичем и З.Г. Тер-Мартиросяном получены решения для осесимметричной задачи теории консолидации. В них учитывается и вторичная консолидация грунтов, и сжимаемость поровой воды и переменность характеристик уплотняемости грунта в процессе консолидации. Все существующие методы расчета рассматривают работу одной вертикальной дрены с деформируемой зоной вокруг неё.

В данной работе были запланированы и проведены экспериментальные исследования в лабораторных условиях с целью изучения деформативности армирующих элементов и армированного грунтового основания в целом. Испытания проводились в лотке с внутренними геометрическими размерами 40х40х40 *см*. Для испытаний была принята глина легкая пылеватая со следующими физическими характеристиками: W_p = 20 %, W_L = 39 %, ρ_s = 2,72 *г/см*^{3}. Грунт предварительно высушивали, размалывали и просеивали через сито с отверстиями 2 *мм*. Просеянный грунт затворяли на заданном количестве воды с температурой около 40^0. Полученную пасту при влажности W=31% загружали в эксикатор, где её вакуумировали в течении 1 *ч*. В испытательный лоток грунтовую пасту загружали порциями по 3-4 *кг*. Через каждые 75 *мм* по высоте лотка устраивали песчаную подсыпку толщиной в 1 *мм*. Такая прослойка песка после проведения испытаний позволяла визуально определить деформации грунтового массива по глубине. Каждый слой тщательно выравнивали металлической рейкой. При укладке грунтовой пасты добивались плотности 1,85 *г/см*^{3}. Средние значения угла внутреннего трения и удельного сцепления по результатам испытаний отобранных послойно образцов составили $\varphi = 12^0$, c = 13 *кПа*.

Были изготовлены и испытаны три серии образцов: первая серия – грунтовый массив без армирующих элементов; вторая серия – армирующие элементы в виде песчаных свай; третья серия – армирующие элементы в виде песчаных свай с добавлением негашеной извести в пропорции 1:4. Для изготовления армирующих элементов в грунтовую пасту строго вертикально забивали тонкостенную трубку диаметром 8 *мм* с остроконечным сердечником внутри. По достижении заданной глубины сердечник извлекали, и полость трубы заполняли песком. Далее поворотами и небольшими рывками выдергивали обсадную трубу, одновременно прикладывая усилие к сердечнику. Выходящий из трубы песок образовывал песчаную дрену. С целью дополнительного уплотнения грунта вокруг песчаной дрены, по технологии изготовления песчаных свай, указанную процедуру повторяли в тело готовой дрены на глубину до 0,5 её длины. Как показала дальнейшая откопка, тело песчаной сваи не имело разрывов, при этом фактический диаметр сваи получался до 10 *мм*. Шаг армирующих элементов был принят 35 *мм*, длина 150 *мм*. На поверхности армированного массива под штампом устраивали песчаную подушку толщиной 15 *мм*. Песчаная подсыпка способствовала равномерному распределению нагрузки под штампом и свободному дренированию поровой воды. Испытания начинали по истечении 7 дней после изготовления армирующих элементов.

Нагрузку на массив передавали через жесткий металлический штамп диаметром 160 *мм*, давление под штампом увеличивали ступенями по 25 *кПа*. Осадка штампа измерялась прогибомерами, деформации поверхности грунта измерялись четырьмя индикаторами часового типа. Общая схема испытательной установки представлена на рис. 1.



а) б)

Рис. 1. Общий вид экспериментальной установки (объемный лоток):
а) вид сверху; б) сечение 1-1

За критерий условной стабилизации деформаций была принята скорость деформаций 0,1 мм за 12 часов выдержки под нагрузкой. Результаты испытаний в виде осадки штампа для трех серий экспериментов представлены на рис. 2. Графики построены по осредненным значениям нескольких экспериментов в каждой серии.

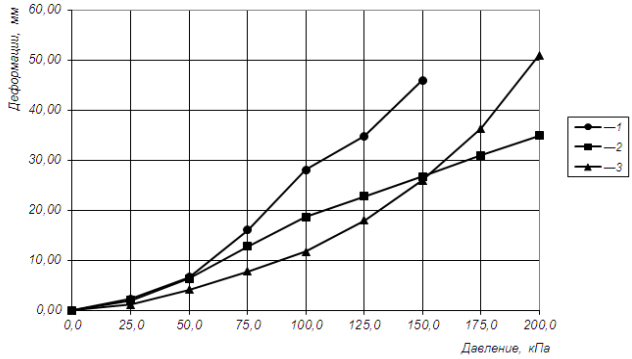


Рис. 2. Вертикальные деформации штампа:
1 – грунтовый массив без армирующих элементов;
2 – армирующие элементы в виде песчаных свай;
3 – армирующие элементы в виде известково-песчаных свай

По окончании испытаний экспериментальный лоток разбирался, массив грунта по центру разрезался металлической струной на две половинки. Абсолютные вертикальные деформации отдельных слоев грунта (по результатам замеров деформаций песчаных прослоек) приведены на рис. 3 и рис. 4. В различных зонах по глубине массива были отобраны образцы грунтов с последующим определением плотности и влажности.

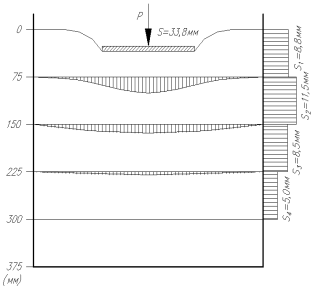


Рис. 3. Осредненные значения деформации отдельных слоев массива грунта для серии с песчаными сваями (по завершении эксперимента, *t*=96 часов)

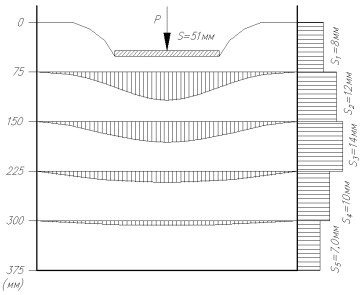


Рис. 4. Осредненные значения деформации отдельных слоев массива грунта для серии с песчаными сваями с добавлением извести (по завершении эксперимента, *t*=96часов)

Максимальное давление, приложенное на образец массива без армирующих элементов, составило 150 *кПа*, при этом максимальная осадка штампа составила 46 *мм*. Как

видно по графику (рис. 2), деформации штампа интенсивно начинают расти в интервале давлений 25-50 *кПа*. С определенной уверенностью можно предположить, что в этом интервале находится величина структурной прочности сжатия грунта под штампом, которая в данном случае обусловлена водно-коллоидными связями. Опыты многих исследователей, занимавшихся структурной прочностью сжатия водонасыщенных грунтов, показали, что в подавляющем большинстве случаев при длительных испытаниях штампами структурная прочность сжатия получается либо равной аналогичным результатам компрессионных испытаний, либо большей. Для определения структурной прочности сжатия слабых водонасыщенных глинистых грунтов, по результатам испытаний на срезном приборе, можно воспользоваться формулой, предложенной В.В. Рощиным:

$$p_{стр} = \frac{2c \cdot \cos\varphi}{1 - \sin\varphi}. \quad (1)$$

В нашем случае эта величина составляет $p_{стр}$ = 32 *кПа*, по превышению который деформации грунта начинают расти практически с постоянной скоростью. Максимальные деформации основания при давлении 150 *кПа* превышали деформации образцов из серий с армированными массивами на 70 %.

Максимальное давление, приложенное на образцы третьей серии экспериментов с армирующими элементами в виде песчаных свай с добавлением негашеной извести в пропорции 1:4, составило 200 *кПа*, при этом средняя осадка штампа в серии составила 51 *мм*. Деформации осадки штампа для этой серии в интервале давлений до 100 *кПа* значительно меньше (до 50 %) деформаций образцов с песчаными армоэлементами. Однако, при последующем увеличении давлении до 150 *кПа* деформации образцов двух серий выравниваются, а уж в интервале давлений 150-200 *кПа* деформации образцов с известкого-песчаными сваями превышают деформации массива с песчаными сваями на величину до 30 %. При устройстве армирующих элементов в результате погружения трубы с закрытым концом происходит уплотнение грунта. А в процессе изготовлении армирующих элементов в виде песчаных свай с добавлением негашеной извести в пропорции 1:4, при взаимодействии с водой происходит гашение извести и происходит увеличение диаметра сваи до 10-15 %, что вызывает дополнительное уплотнение окружающего грунта. Однако в дальнейшем тело сваи приобретает некоторую прочность, и армирующий элемент начинает вести себя подобно железобетонным висящим сваям. Во-первых, в результате уплотнения тела сваи она теряет свои дренажные способности и поровая вода либо отжимается в противоположном от сваи направлении, либо перемещается по контакту, что выступает в качестве «смазки» по контакту и способствует проскальзыванию свай под нагрузками. Во-вторых, в результате увеличения модуля деформации сваи, приложенная к основанию нагрузка практически вся воспринимается сваями и передается через нижние концы свай. Таким образом, указанные конструкции свай могут быть удачно применены при наличии надежных подстилающих слоев грунта. При отсутствии таких подстилающих слоев проскальзывание армирующих элементов вызывают большие деформации осадки штампов. Как видно из рис. 4, при применении таких свай вертикальные напряжения передаются на более глубокие слои и вызывают их деформирование. При давлении под штампом 100 *кПа* давление под острием армирующих элементов начинает превышать расчетное сопротивление (R = 70-80 *кПа*) слабого подстилающего слоя, и начинается процесс проскальзывания. Вертикальные деформации армирующих элементов особенно интенсивно начинают возрастать при давлениях 175-200 кПа, так как давление под острием свай начинает приближаться к величине силы предельного сопротивления основания (N_u = 0,2 *кН*).

Работа армирующих элементов в виде песчаных свай существенно отличается. Нагрузка от штампа в этом случае практически одновременно передается на поверхность слабого грунта и на армирующие элементы. Песчаные сваи практически не передают напряжения на нижележащие подстилающие слои, происходит боковое расширение тела свай с обжатием окружающего массива. При этом поровая вода свободно циркулирует в песчаную сваю. Как видно из рис. 3, основная часть деформаций сжатия проявляется в верхних слоях армированного массива. По результатам определения плотности грунта после проведения испытаний так же видно, что в верхнем слое плотность грунта увеличилась в случае песчаных свай на 10 %, в случае известкого-песчаных свай на 4 %.

Таким образом, с определенной уверенностью можно утверждать, что наибольший эффект от армирования слабых водонасыщенных глинистых грунтов можно получить при использовании песчаных свай, обладающих хорошими фильтрационными свойствами.

Как указывалось выше, при внедрении песчаных свай в массив слабого грунта происходит уплотнение окружающего грунтового массива. Пренебрегая тем обстоятельством, что в верхней части массива, при уплотнении возможно выдавливание грунта межсвайного пространства вверх, компрессионную зависимость для плоского сечения при уплотнении в первом приближении можно записать в следующем виде:

$$e_{упл} = e_0 - \frac{F_{св}}{F_{общ}}(1 + e_0), \qquad (2)$$

где $e_{упл}$ – коэффициент пористости грунта окружающего массива после уплотнения песчаными сваями;

e_0 – начальный коэффициент пористости грунта окружающего массива;

$F_{общ}$ – фактическая площадь уплотняемого основания;

$F_{св}$ – фактическая площадь сечения всех песчаных свай в массиве.

Принимая за основу график компрессионной зависимости слабого грунта, трансформируем его таким образом (рис. 5), чтобы начальное давление P*=0 трансформированной компрессионной кривой соответствовало давлению при $e^* = e_{упл}$. Далее по трансформированному графику для определенного интервала давлений $P_i^* - P^*_{i+1}$ определяем значение модуля общих деформаций для уплотненного песчаными сваями грунта межсвайного пространства $E_{гр}$. По результатам компрессионных испытаний, для образцов неармированного грунта при $e_0 = 0{,}91$ и интервале давлений 25–150 кПа, получены значения модуля деформаций E_0 = 0,6 МПа. После внедрения песчаных дрен с уплотнением, используя зависимость (3) получаем коэффициент пористости уплотненного грунта межсвайного пространства $e_{упл} = 0{,}8$. По трансформированной диаграмме рис. 5 в интервале давлений $P_i^* - P^*_{i+1}$ = 75–200 кПа получаем $E_{гр}$ = 1,1 МПа (интервал давлений для определения модуля деформации грунта межсвайного пространства сместился на величину P = 50 кПа, соответствующему $e^* = e_{упл} = 0{,}8$).

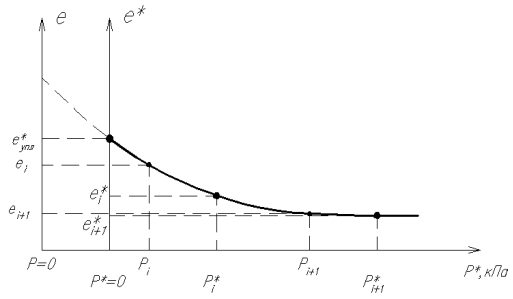


Рис. 5. Трансформированный график компрессионной зависимости

Эквивалентный модуль деформации армированной части слабого массива грунта можно определить по зависимости, предложенной проф. Мирсаяповым И.Т. [1] с учетом экспериментальной функции f_1:

$$E^{экв} = \left(\frac{E_{гр}\left(F_{гр} - F_{св}\right)}{F_{гр}} + \frac{E_{св} \cdot F_{св}}{F_{гр}} \right) \cdot f_1(s, l, d...), \text{ МПа} \qquad (3)$$

где $E_{гр}$, $F_{гр}$ – модуль деформации и площадь сечения грунта окружающего массива;
$E_{св}$, $F_{св}$ – модуль деформации и площадь сечения всех песчаных свай;
$f_1(s, l, d...)$ – экспериментальная функция, учитывающая параметры армирования (шаг, длину, диаметр свай и т.д), действительная на начальный момент консолидации.

Экспериментальное значение функции f_1 для основания, армированного песчаными сваями, по результатам серии испытаний предлагается принять f_1 = 0,67, и эквивалентный модуль деформации армированного массива при этом получаем $E^{экв}$ = 1,3 МПа.

В то же время, в результате проведенных экспериментов получены следующие значения модуля деформации:

– модуль деформации массива в целом, по результатам обработки данных по методике штамповых испытаний $E^{шт}$ = 0,68-0,84 МПа;

– модуль деформации армированного массива, полученный, используя фактические значения деформаций отдельных слоев (рис. 3) и используя коэффициент рассеивания напряжений по глубине по методике СП 22.13330.2011 «Основания зданий и сооружений» $E^{ф}$=1,21-1,38 МПа.

Низкие значения модуля деформации грунтов по результатам обработки по методике штамповых испытаний объясняется тем, что эти значения имеют осредненный характер, включают в себя характеристики и армированного массива в верхней части, и слабого грунта ниже армированной части. В то же время необходимо отметить, как показывают исследования [4, 5], при небольших значениях площади штампов, значения модуля деформаций слабых водонасыщенных грунтов получаются практически до 1,5 раз меньше значений, полученных штампами площадью 10000 см^2.

Расчет осадки можно производить методом послойного суммирования с использованием расчетной схемы в виде линейно-деформируемого полупространства:

$$s = \beta \sum_{i=1}^{n} \frac{\left(\sigma_{zp,i}^{cp} - \sigma_{z\gamma,i}^{cp}\right) h_i}{E} \cdot f_2(\mu, k, t...), \qquad (5)$$

где $\sigma_{zp,i}^{cp}$ – среднее значение вертикального нормального напряжения от внешней нагрузки в i-м слое грунта;

$\sigma_{z\gamma,i}^{cp}$ – среднее значение вертикального напряжения от собственного веса грунта в i-м слое;

h_i – толщина i-го слоя грунта, принимаемая не более 0,4 ширины фундамента;

E – модуль деформации грунта (в пределах армированного массива принимается равным $E^{экв}$).

$f_2(\mu, k, t...)$ – экспериментальная функция, учитывающая такие параметры, как процент армирования $\mu = F_{св} / F_{гр}$, соотношение модулей деформации неармированной и армированной части массива $k = E_0 / E^{экв}$, время и т.д., равная f_2 = 1,3.

В результате вычислений по формуле (5) прогнозируемая осадка для серии испытаний с песчаными сваями была получена s = 34,1 мм, что удовлетворительно согласуется с результатами проведенных испытаний $s_ф$ = 31,3-37,8 мм.

Следует отметить, что предлагаемые экспериментальные функции $f_1(s, l, d...)$, $f_2(\mu, k, t...)$ требуют уточнения путем проведения полномасштабных исследований в лабораторных и полевых условиях.

Список библиографических ссылок

1. Мирсаяпов И.Т., Королева И.В. Прогнозирование деформаций оснований фундаментов с учетом длительного нелинейного деформирования грунтов // Основания, фундаменты и механика грунтов, 2011, № 4. – С. 16-23.
2. Мирсаяпов И.Т., Попов А.О. Методика расчета армированных оснований // Вестник гражданских инженеров, 2009, № 2 (19). – С. 124-125.
3. Сафин Д.Р. Исследование деформативности водонасыщенных глинистых грунтов, армированных вертикальными армирующими элементами // Известия КГАСУ, 2008, № 2 (10). – С. 81-84.
4. Хасанов Р.Р., Гиниятуллин Р.Р. Экспериментальные исследования деформативности водонасыщенных глинистых грунтов при циклических нагружениях // Известия КГАСУ, 2008, № 2 (10). – С. 85-89.
5. Абелев М.Ю. Слабые водонасыщенные глинистые грунты как основания сооружений. – М.: Стройиздат, 1973. – 288 с.

6. Абелев М.Ю., Цытович Н.А. Вопросы применения теории фильтрационной консолидации для сильносжимаемых водонасыщенных глинистых грунтов. //Основания, фундаменты и механика грунтов, 1964, № 3. – С. 4-7.
7. ГОСТ 12248-10. Грунты. Методы лабораторного определения характеристик прочности и деформируемости: – М.: Стандартинформ. 2011. – 83 с.
8. ГОСТ 20276-99. Методы полевого определения характеристик прочности и деформируемости: – М.: Стандартинформ, 1999. – 57 с.

Safin D.R. – candidate of technical sciences, associate professor
E-mail: d.safin@list.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Experimental studies of VAT weak water-saturated clay soils, reinforced with vertical elements

Resume

In the given work experimental researches in volume trays have been planned and spent. In laboratory conditions samples weak clay grounds, reinforced by vertical flexible elements have been tested. As reinforcing elements sandy piles have been accepted. For manufacturing of reinforcing elements into soil paste strictly vertically hammered in a thin-walled tube in diameter of 8 *mm* with the peaked core inside. On reaching the set depth the core took, and a pipe cavity filled with sand. Tests began after 7 days after manufacturing of reinforcing elements. Loading to a file was transferred through a rigid metal stamp in diameter by of 160 *mm*, pressure under a stamp was increased steps on 25 *kPa*.

On the basis of results of the spent researches the engineering approach to calculation is developed. By the offered simplified design procedure it has been calculated predicted a deposit of a file of the weak clay ground reinforced by sandy piles. Divergences between predicted settlement values and values a deposit on experimental data has made a deposit to 50 %. This results from the fact that at the given technique secondary consolidation and as it has been told above, the share deposits falling to secondary consolidation is not considered, for water saturated clay grounds can make 50 % and above.

Keywords: ground, weak clay ground, reinforcing, sandy pile, limy pile, deformations.

Reference list

1. Mirsayapov I.T., Koroleva I.V. Prediction of deformation of the foundation with the long-term non-linear deformation of soil // Scientific and technical magazine «OFMG», 2011, № 4. – P. 16-23.
2. Mirsayapov I.T., Popov A.O. Design procedure of the reinforced bases // Vestnik grazhdanskikh inzhenerov, 2009, № 2 (19). – P. 124-125.
3. Safin D.R. Vertically reinforced water-saturated clay soil body deformability studies // Izvestiya KGASU, 2008, № 2 (10). – P. 81-84.
4. Khasanov R.R., Ghiniatullin R.R. Experimental studies of deformation of water saturated clayey soils under cyclic loads // News of the KSUAE, 2008, № 2 (10). – P. 85-89.
5. Abelev M.Y. Weak water-saturated clay soil as the bases of constructions. – M.: Stroiizdat, 1973. – 288 p.
6. Abelev M.Y., Tsytovich N.A. Questions of application of the theory of filtrational consolidation for water saturated clay soil. // Osnovaniya, fundamenty i mekhanika gruntov, 1964, № 3. – P. 4-7.
7. GOST 12248-10. Soils. Laboratory methods for determining the strength and strain characteristics: – M.: Standartinform. 2011. – 83 p.
8. GOST 20276-99. Methods of the field determination of descriptions of durability and deformability: – M.: Standartinform. 1999. – 57 p.

УДК 624.131.54
Хасанов Р.Р. – кандидат технических наук, доцент
E-mail: rubis.hasanov@yandex.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1

Экспериментальные исследования деформаций и физико-механических характеристик водонасыщенных глинистых грунтов при циклических нагружениях в объемном лотке

Аннотация
В статье приведены результаты экспериментальных исследований деформативности водонасыщенных глинистых грунтов при циклических нагружениях, проведенных в объемном лотке в лаборатории грунтоведения кафедры оснований, фундаментов динамики сооружений и инженерной геологии. Выполнен анализ результатов исследований, и установлены некоторые закономерности поведения глинистых грунтов при циклических нагружениях.
Ключевые слова: грунт, циклическое нагружение, объемный загрузочный лоток, деформация грунта, физико-механические характеристики.

В отечественной и зарубежной практике строительства известно много случаев потери устойчивости оснований сложенных водонасыщенными глинистыми грунтами от действия циклической нагрузки, приводящие к разрушениям отдельных конструкций или же зданий и сооружений в целом.

В целях экспериментального изучения деформативности вышеупомянутых грунтов при воздействии на них циклических нагрузок и установления некоторых закономерностей в лаборатории грунтоведения кафедры оснований, фундаментов динамики сооружений и инженерной геологии была проведена серия испытаний водонасыщенных глинистых грунтов в объемном лотке.

Целью проведения экспериментальных исследований являлось изучение поведения водонасыщенных глинистых грунтов и изменения их физико-механических характеристик под влиянием циклической нагрузки, приложенной на массив грунта через круглый штамп.

При проведении экспериментальных исследований было проведено 5 серий испытаний. В каждой серии грунты подвергались испытанию циклической нагрузкой в 400-500 циклов. Каждый цикл состоял из процесса многократного нагружения и разгружения грунта кратковременной статической нагрузкой.

В качестве испытуемого образца грунта был принят суглинок нарушенной структуры со следующими физическими характеристиками: $\rho = 1{,}89$ г/см^3; $\rho_s = 2{,}71$ г/см^3; $W_L = 36$ %; $W_P = 21$ %; $W = 31$ %, $I_p = 15$ %; $I_L = 0{,}67$; $e = 0{,}88$; $S_r = 0{,}95$. Образцы грунтов изготавливались в соответствии с приложением «В» ГОСТ 30416-96 «Грунты. Лабораторные испытания. Общие положения». Испытания проводились в соответствии с ГОСТ 12248-96 «Грунты. Методы лабораторного определения характеристик прочности и деформируемости».

Эксперименты проводились в испытательном лотке с внутренними размерами 40×40×40 см (объемом 64 литра). Внутренние стенки лотка были покрыты полиэтиленовой пленкой для исключения контакта испытываемого грунта с внутренней поверхностью стенок лотка и возможного впитывания поровой воды. Стенки лотка были сделаны жесткими для исключения деформаций бокового расширения.

Грунт после увлажнения в течение 24 часов был равномерно уложен в испытательный лоток слоями толщиной по 2-3 см с уплотнением трамбовкой до заданной плотности. Через каждые ≈ 8 см грунта устраивалась подсыпка из мелкого песка толщиной 1-2 мм для установления картины послойного деформирования грунта по глубине по завершении испытания (всего 5 слоев). После укладки грунт выдерживался в лотке в течение суток для более равномерного увлажнения.

Нагрузка на поверхность грунта передавалась через жесткий металлический штамп диаметром 16 см посредством загрузочного устройства, представляющего собой рычажный пресс секторного типа с пятикратным увеличением прикладываемой на рычаги нагрузку. Под штампом была предусмотрена подсыпка из мелкозернистого песка.

Для измерения абсолютных деформаций грунта и штампа применялись индикаторы часового типа ИЧ-10 МН и прогибомер с ценой деления 0,01 мм. Индикаторы были установлены в гнезда индикаторной рамы в два ряда по обе стороны от штампа и фиксировали деформации грунта на расстоянии 2 и 7 см от его границ. Прогибомер фиксировал осадку штампа посредством стальной нити, закрепленной на его поверхности. Показания индикаторов снимались как при нагружениях, так и при разгружениях штампа. Схема расположения измерительных приборов показана на рис. 1 и 2.

Рис. 1. Загрузочное устройство

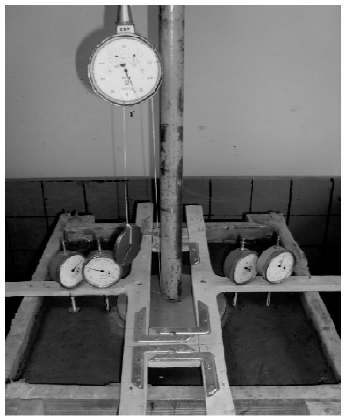


Рис. 2. Расположение рамы с индикаторами и прогибомера

Испытания проводились в следующей последовательности:

1. Статическое нагружение грунта ступенями по 15 кПа до достижения максимального давления в грунте под штампом $\sigma_{max} = 120$ кПа с фиксацией показаний индикаторов и прогибомера в конце каждой ступени после стабилизации осадок штампа. Время условной стабилизации деформаций осадки штампа принималось равным 60 мин.

2. Выдержка грунта под статической нагрузкой $\sigma_{max} = 120$ кПа до условной стабилизации осадки штампа в течение 24 часов. На время выдержки испытательный лоток с грунтом был прикрыт сверху полиэтиленовой пленкой для предотвращения изменения влажности в верхних слоях грунта за счет испарения влаги.

3. Циклическое нагружение грунта при следующих параметрах: максимальное давление цикла $\sigma_{max} = 120$ кПа, коэффициент асимметрии цикла $\rho_0 = 0,1$, уровень нагружения $\eta = 0,8$, частота приложения нагрузки $\omega = 0,067$ Гц.

Показания индикаторов и прогибомера в первые 50 циклов фиксировались после каждого цикла «нагрузка-разгрузка», а затем через каждые 10 циклов, по которым строились графики зависимостей абсолютных деформаций штампа от числа циклов нагружения $S = f(N)$, а также изменения плотности, влажности, коэффициента пористости и модуля деформации грунта по глубине до и после испытания (рис. 3).

Анализ результатов проведенных экспериментов (рис. 3) показал, что влажность верхних слоев грунта под штампом уменьшилась при испытаниях на 4÷4,5 %, нижних же, напротив, увеличилась на 1÷1,5 %. Влажность верхних участков грунта, расположенных на расстоянии до 5 см от границ штампа, по результатам всех проведенных экспериментов также уменьшилась в среднем на 2÷2,5 %, влажность нижних слоев увеличилась в среднем на 2,5÷3 %. Таким образом, миграция воды при испытаниях происходило, в основном, в нижние слои грунта, а также в стороны, что, определенно, связано с уменьшением водопроницаемости области грунта под штампом при уплотнении, т.е. свободная вода, выдавливаясь из пор, мигрировала в менее уплотненные и более водопроницаемые зоны грунта.

Согласно графику изменения плотности грунта (рис. 3), после испытания плотность верхних слоев грунта увеличилась в среднем на 8 % по сравнению с исходным значением. При этом практически во всех экспериментах плотность грунта, залегающего в середине по высоте испытательного лотка, была наименьшей, что можно объяснить разуплотнением, т.е. отрицательной дилатансией грунта в этой зоне (местоположение этой зоны совпадает с вершиной уплотненного ядра (конуса) под штампом).

Модуль деформаций *E* после испытания во всех слоях, кроме 2-го слоя сверху, увеличивается в среднем в 2 раза; во 2-м же слое наблюдается увеличение модуля деформаций в среднем в 3,5 раза.

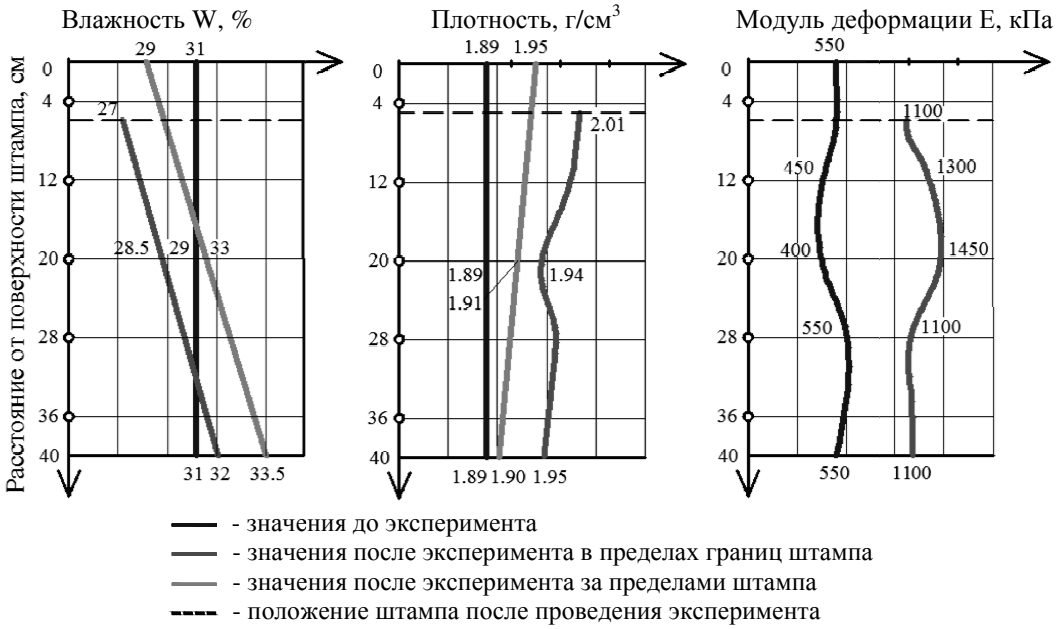


Рис. 3. Обобщенные графики изменения
основных физико-механических характеристик грунта

На рис. 4 представлена картина послойного деформирования грунта при испытаниях, проанализировав которую можно заметить, что после испытания толщина слоя грунта, находящегося непосредственно под контуром штампа стала намного меньше исходной. Причем толщина верхнего слоя грунта вдоль центральной оси штампа после нагружений уменьшилась незначительно, что нельзя сказать о следующем слое, где толщина слоя после испытаний уменьшилась почти вдвое, несмотря на то, что вертикальные напряжения сжатия в нем меньше, чем в вышележащем слое грунта.

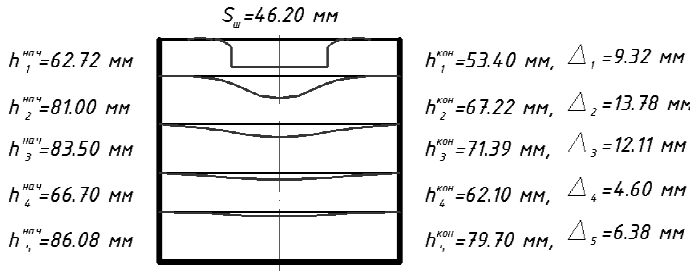


Рис. 4. Картина послойного деформирования грунта для эксперимента № 2
(исходная и деформированная схемы по слоям)

Такое поведение грунта под штампом можно объяснить следующим образом. Как известно, согласно решения, так называемой, «контактной задачи» механики грунтов, при приложении нагрузки на грунт через жесткий штамп под его краями в грунте возникают максимальные (в теории – бесконечные) напряжения, которые практически с

самого начала нагружения приводят к развитию областей предельного состояния (т.е. пластического деформирования) грунта в этих зонах. Деформирование грунта на начальных этапах нагружения сопровождается, в основном, уплотнением, а в дальнейшем – его выдавливанием в разные стороны: наружу – за пределы подошвы штампа, и, возможно, частично вовнутрь – в область под штампом, формируя тем самым уплотненное ядро в виде конуса или пирамиды.

На рис. 5 представлен график развития абсолютных деформаций осадки штампа при циклическом нагружении $\varepsilon = f(N)$ для одного из испытаний (на графике циклы «нагрузка-разгрузка» для наглядности показаны условно). Проанализировав этот построенный по показаниям индикаторов график, можно установить, что на начальном этапе циклического нагружения грунта деформации осадки штампа носили лишь упругий характер. Пластические деформации начинали проявляться только после приложения 10-15 циклов «нагрузка-разгрузка» (рис. 5).

Одна из причин такого поведения грунтов заключается в следующем. В начале испытания при ступенчатом статическом нагружении грунта (как отмечалось, давление постепенно доводили до значений максимальных напряжений цикла нагружения σ_{max}) частицы грунта сближались между собой, что приводило к их перекомпоновке и выдавливанию воды через поры грунта, что, в свою очередь, способствовало разрушению водно-коллоидных связей. За время выдержки грунта в течение суток под статическим давлением происходило частичное восстановление водно-коллоидных связей между частицами. В силу этого в начале циклического нагружения вся внешняя энергия сжатия затрачивалась на разрушение вновь сформировавшихся водно-коллоидных связей, и грунт проявлял, в основном, лишь упругие свойства. После определенного количества циклов нагружения (в зависимости от длительности предварительной выдержки и вида глинистого грунта) эти связи начинали разрушаться, и грунт начинал деформироваться упругопластически.

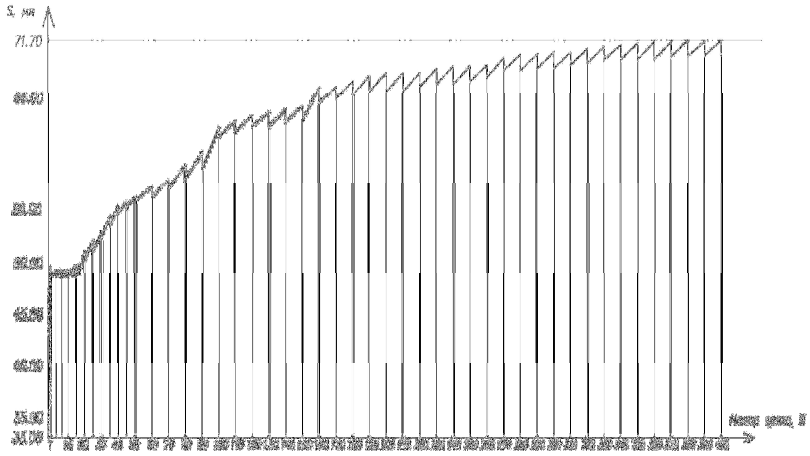


Рис. 5. График изменения абсолютных деформаций штампа при циклическом приложении нагрузки в эксперименте № 2

Упругому деформированию грунта на начальном этапе нагружения способствовала также и высокая степень водонасыщения грунта. Согласно теории фильтрационной консолидации деформирование грунта возможно только при отжатии воды из пор. При первых циклах нагружения напряжения сжатия воспринимались только поровой водой, деформации грунта при этом не развивались. С постепенной передачей части нагрузки на скелет грунта, т.е. увеличением эффективного давления, возрастали и деформации сжатия.

По представленному графику (рис. 5) также можно сделать вывод, что при выдержке грунта в процессе предварительного статического, а затем последующего циклического нагружения деформации носят «затухающий» характер, т.е. на обоих этапах нагружения имеет место процесс затухающей ползучести.

При испытаниях развитие пластических деформаций грунта затухало в среднем ближе к 400-му циклу «нагрузка-разгрузка», при этом максимальные абсолютные

значения (амплитуда) упругих деформаций грунта внутри каждого цикла нагружения не превышали 2 мм.

На рис. 6 представлен обобщенный для всех экспериментов график зависимости относительных деформаций от числа циклов нагружения N в логарифмических координатах $\varepsilon = f(\lg N)$.

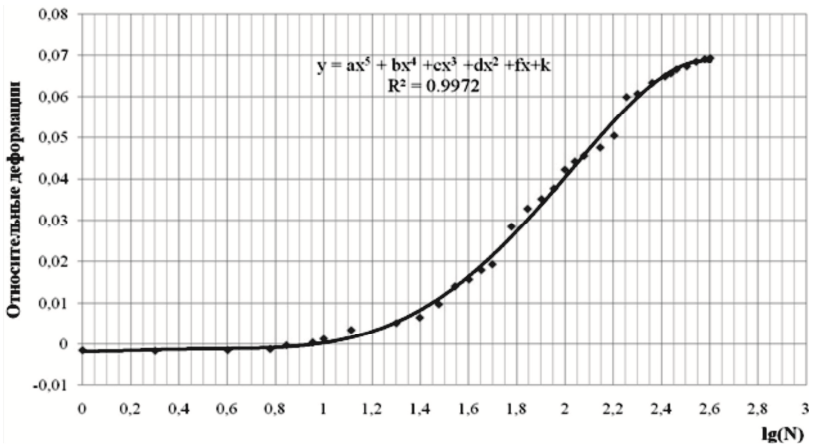


Рис. 6. Обобщенный для всех экспериментов график зависимости $\varepsilon = f(\lg N)$

На графике можно выделить 3 характерные зоны: I – зона упругого деформирования грунта (с 0 по 10 цикл); II – зона интенсивного развития пластических деформаций при циклическом нагружении (с 10 по 350 цикл); III – зона затухания деформаций (выше 350 цикла). Таким образом, при принятых характеристиках испытуемого грунта и параметрах циклического нагружения получена картина затухающей ползучести грунтов.

Таким образом, на основании анализа результатов, полученных при проведении экспериментальных исследований деформаций водонасыщенных глинистых грунтов при циклических нагружениях в объемном лотке, можно сделать следующие основные выводы:

1. При циклическом нагружении изменение физико-механических характеристик грунта под штампом по глубине носит четко выраженный зонированный характер. Характеристики грунтов до и после испытания в зоне уплотненного ядра под штампом, под «острием» уплотненного конуса, за пределами границ штампа и т.д. изменяются по разным закономерностям (рис. 3).

2. В процессе циклического нагружения грунта происходит увеличение деформаций осадки по сравнению с первым циклом нагружения до 1,5 раз (рис. 5).

3. Затухание деформаций водонасыщенных глинистых грунтов при статическом нагружении происходит за более короткий промежуток времени, чем при циклических нагружениях, т.к. консолидация грунтов при циклических испытаниях за счет непродолжительного действия нагрузки в каждом цикле достигается гораздо дольше (рис. 5).

4. Пластическое деформирование грунта при циклическом нагружении начинается только после приложения определенного количества (в рамках данной работы порядка 10-15) циклов нагружения, приводящих к разрушению водно-коллоидных связей, сформировавшихся между частицами за время предварительной выдержки грунта под статической нагрузкой, а также отжатию части поровой воды (рис. 5).

Список библиографических ссылок

1. Дедов В.Л. Экспериментальные исследования зависимости деформируемости грунтов от плотности и предварительного уплотнения при повторных нагрузках // Труды ТГТУ. – Тамбов: 2004, Вып. 16. – С. 35-37.
2. Дедов В.Л. Расчёт значения модуля упругости связных грунтов под воздействием повторных вертикальных нагрузок // Труды ТГТУ. – Тамбов: 2006, Вып. 19. – С. 77-79.

3. Ишихара К. Поведение грунтов при землетрясениях: Пер. с англ. / Под ред. А.Б. Фадеева, М.Б. Лисюка / НПО «Георекострукция-Фундаментпроект». – СПб.: 2006. – 384 с.
4. Хасанов Р.Р., Гиниятуллин Р.Р. Экспериментальные исследования деформативности водонасыщенных глинистых грунтов при циклических нагружениях // Известия КГАСУ, 2008, № 2 (10). – С. 85-89.
5. Сафин Д.Р. Исследование деформативности водонасыщенных глинистых грунтов, армированных вертикальными армирующими элементами // Известия КГАСУ, 2008, № 2 (10). – С. 81-84.
6. Мирсаяпов И.Т., Королева И.В. Особенности деформирования глинистых грунтов при режимном нагружении // Известия КГАСУ, 2012, № 4 (22). – С. 193-198.
7. Raybould M. University of Nottingham cyclic triaxial test facility. In: «Earthquake, Blast and Impact Measurement and Effects of Vibration». SECED, Elsevier. – N.-Y., 1991. – P. 295-306.
8. Viggiani. G. Dynamic measurements of small strain stiffness of fine grained soils in the triaxial apparatus. Experimental Characterization and Modeling of Soils and Soft Rocks, Proceedings of the Workshop in Napoli, 1991. – P. 75-97.

Khasanov R.R. – candidate of the technical sciences, associate professor
E-mail: rubis.hasanov@yandex.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Experimental studies of deformation and physical-mechanical features of water-saturated clay soils under cyclic loading in bulk tray

Resume

The article presents the results of experimental studies of deformation of water-saturated clay soils under cyclic loading carried in bulk tray in the laboratory of the Department of Soil bases, foundations, structural dynamics and engineering geology.

When conducting experimental studies were conducted 5 test series. In each series of soils were tested cyclic loads of 400-500 cycles.

As a test sample of soil was taken clay loam broken structure. Experiments were conducted in a test tray to the internal dimensions of 40×40×40 cm. The load on the ground surface transmitted through the rigid metal punch with a diameter of 16 cm.

Performed an analysis the results of research, and set some of the behavior of clay soils under cyclic loading.

Analysis of experimental results showed that cyclic loading has leads to an increase in the density and deformation modulus of soil, deformation under cyclic loading was damped character.

In tests, the development of plastic deformation of soil attenuated in average closer to the 400-th cycle «loading-unloading», while in the process of cyclic loading of soil there was an increase of settlement deformations compared to the first cycle of loading up to 1,5 times.

Keywords: soil, cyclic loads, bulk tray, soil deformation, physical-mechanical features.

Reference list

1. Dedov V.L. The experimental studies to dependencies deformation of the soil from density and preliminary compaction under the repeated load/ Works of the TGTU. – Tambov, 2004, Issue 16. – P. 35-37.
2. Dedov V.L. Calculation of importance of the module to bounce liason soil under influence of the repeated vertical loads / Works of the TGTU. – Tambov, 2006, Issue 19. – P. 77-79.

3. Ishikhara K. Behavior of soil at earthquakes / Under editing of A.B. Fadeev, M.B. Lisyuk / NPO «Geoconstructsiya-Fundamentproject». – SPb., 2006. – 384 p.
4. Khasanov R.R., Ghiniatullin R.R. Experimental studies of deformation of water-saturated clayey soils under cyclic loads // News of the KSUAE, № 2 (10). – P. 85-89.
5. Safin D.R. Vertically reinforced water-saturated clay soil body deformability studies // Izvestiya KGASU, 2008, № 2 (10). – P. 81-84.
6. Mirsayapov I.T., Koroleva I.V. Features of deformation of clay soils during regime loading // News of the KSUAE, 2012, № 4 (22). – P. 193-198.
7. Raybould M. University of Nottingham cyclic triaxial test facility. In: «Earthquake, Blast and Impact Measurement and Effects of Vibration». SECED, Elsevier. – N.-Y., 1991. – P. 295-306.
8. Viggiani. G. Dynamic measurements of small strain stiffness of fine grained soils in the triaxial apparatus. Experimental Characterization and Modeling of Soils and Soft Rocks, Proceedings of the Workshop in Napoli, 1991. – P. 75-97.

УДК 697.1(107), 697.03:5(107)
Валиуллин М.А. – кандидат технических наук, профессор
E-mail: posohin@kgasu.ru
Замалеев З.Х. – кандидат технических наук, доцент
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

Исследование гидравлических характеристик приборных узлов поквартирных систем отопления из PEX-труб

Аннотация

В настоящее время при проектировании систем отопления современных зданий находят широкое применение трубы из сшитого полиэтилена высокой прочности (PEX), которые имеют высокие эксплуатационные показатели. При расчете таких систем отопления необходимо иметь сведения о гидродинамических характеристиках PEX-труб и узлов из них, которые необходимы при выполнении гидравлического расчета. В работе экспериментально определяются приведенные коэффициенты местных сопротивлений различных приборных узлов из PEX-труб с использованием современной запорно-регулирующей арматурой, коэффициенты гидравлического трения и удельные характеристики сопротивления самих PEX-труб. Полученные данные необходимы для проектировщиков и специалистов в области отопления.

Ключевые слова: PEX-трубы, приведенный коэффициент местного сопротивления, коэффициент гидравлического трения, удельная характеристика сопротивления, приборный узел.

В поквартирных системах отопления [1] рекомендуется применять трубы из термостойких полимерных материалов, разрешенных к применению в санитарно-технических системах зданий [2]. Это могут быть трубы, выполненные из сшитого полиэтилена высокой прочности (далее – трубы PEX) и др. Труба PEX [3] представляет собой пятислойную конструкцию, состоящую из наружного и внутреннего слоев полиэтилена, среднего слоя алюминия и двух клеевых слоев. Алюминиевый слой толщиной от 0,5 до 0,8 мм армирует трубу и препятствует попаданию кислорода воздуха, защищая металлические части систем отопления от преждевременного износа. Наружный и внутренний слой из сшитого полиэтилена обеспечивают защиту алюминиевого слоя трубы от влаги и других агрессивных сред. Выпускаются трубы с наружным диаметром от 12 до 110 мм. Для соединения труб из сшитого полиэтилена используются латунные фитинги. Труба может эксплуатироваться при температуре воды до 90^{o}C и рабочем давлении до 1,0 МПа не менее 25 лет. При этом вода, как теплоноситель, должна отвечать следующим требованиям:

- общее содержание хлорионов и сульфатных ионов не должно превышать 150 мг/л;
- содержание кислорода не должно превышать 0,1 мг/л;
- показатель pH воды должен находиться в пределах 8,0-9,5;
- общая жесткость не должна превышать 4,0 мг-экв/л.

В современных энергоэффективных зданиях тепловая мощность поквартирной системы отопления существенно уменьшилась, что позволяет использовать трубы малых диаметров. В настоящее время отсутствуют данные о гидродинамических характеристиках [4] PEX-труб (удельное гидродинамическое давление $P_{уд}$, Па/(кг/ч)^2, возникающее при расходе воды 1,0 кг/ч; приведенный коэффициент гидравлического трения $\frac{\lambda}{d_p}, \frac{1}{м}$; удельная характеристика сопротивлений $S_{уд}$, Па/м·(кг/ч)^2), которые так необходимы для проведения гидравлического расчета поквартирных систем отопления методом характеристик сопротивлений.

Потери давления в приборных узлах можно определить по формуле:

$$\Delta P_{узла} = S_{узла} \cdot G^2, \quad (1)$$

где G – расход воды, кг/ч; $S_{узла}$ – характеристика гидравлического сопротивления узла, учитывающая потери давления, как на трение, так и в местах сопротивления, Па/(кг/ч)^2, которая включает в себя характеристики сопротивлений подводок к прибору и замыкающего участка. Согласно [5]:

$$S_{узла} = P_{уд}\left(\frac{\lambda}{d_p}\cdot l + \sum\xi\right) = P_{уд}\cdot\xi_{пр}, \quad (2)$$

где λ – коэффициент гидравлического трения. Для PEX-труб при турбулентном движении, согласно [3]:

$$\sqrt{\lambda} = \frac{0{,}5\left[\frac{b}{2} + \frac{1{,}312(2-b)\cdot\lg(3{,}7\cdot d_p/K_э)}{\lg Re_ф - 1}\right]}{\lg(3{,}7\cdot d_p/K_э)}, \quad (3)$$

где b – число подобия режимов течения воды; $K_э$ – коэффициент эквивалентной шероховатости, м, принимается равным $1\cdot10^{-6}$ м; $Re_ф$ – фактическое число Рейнольдса:

$$Re_ф = \frac{d_p\cdot V}{\nu}\cdot \quad (4)$$

Здесь V – скорость течения воды, м/с; d_p – расчетный диаметр трубы, м; ν – коэффициент кинематической вязкости воды, м^2/с, принимается с учетом температуры воды. При температуре воды 70°С $\nu = 0{,}41\cdot10^{-6}$ м^2/с.

$$d_p = 0{,}5(2d_н + \Delta d_н - 4S^* - 2\Delta S^*), \quad (5)$$

где $d_н$ – наружный диаметр трубы, м; $\Delta d_н$ – допуск на наружный диаметр трубы, м; S^* – толщина стенки трубы, м; ΔS^* – допуск на толщину стенки трубы, м.

Число Рейнольдса $Re_{кв}$, соответствующее началу квадратичной области гидравлических сопротивлений при турбулентном движении воды, [6] определяется по формуле:

$$Re_{кв} = \frac{500 d_p}{K_э}\cdot \quad (6)$$

Число подобия режимов течения воды b определяют по формуле:

$$b = 1 + \frac{\lg Re_ф}{\lg Re_{кв}}, \quad (7)$$

где l – длина участка труб, м; $\sum\xi$ – сумма коэффициентов местных сопротивлений на участке; $P_{уд} = \frac{6{,}25}{10^8\cdot\rho\cdot d_p^4}$ – удельное гидродинамическое давление, возникающее при расходе воды 1 кг/ч, Па/(кг/ч)^2; ρ – средняя плотность воды, кг/м^3(при температуре воды 70°С ρ = 977,81 кг/м^3); $\xi_{пр}$ – приведенный коэффициент местного сопротивления приборного узла.

В автомодельной области, где имеет место устойчивый турбулентный режим, значения $P_{уд}$, $\frac{\lambda}{d_p}$ и $S_{уд}$ могут быть определены как постоянные для заданного диаметра труб d_p (табл. 1).

Таблица 1

$\frac{d_н}{d_p}, \frac{мм}{м}$	$P_{уд}, \frac{Па}{(кг/ч)^2}$	$\frac{\lambda}{d_p}, \frac{1}{м}$	$S_{уд}, \frac{Па}{м(кг/ч)^2}$
$\frac{15}{0{,}01065}$	$53{,}3\cdot10^{-4}$	2,065	$110\cdot10^{-4}$
$\frac{20}{0{,}01405}$	$16{,}4\cdot10^{-4}$	1,566	$25{,}68\cdot10^{-4}$
$\frac{25}{0{,}01755}$	$6{,}74\cdot10^{-4}$	1,254	$8{,}45\cdot10^{-4}$
$\frac{32}{0{,}02265}$	$2{,}43\cdot10^{-4}$	0,97	$2{,}36\cdot10^{-4}$
$\frac{40}{0{,}0284}$	$0{,}98\cdot10^{-4}$	0,775	$0{,}76\cdot10^{-4}$
$\frac{50}{0{,}03555}$	$0{,}4\cdot10^{-4}$	0,62	$0{,}25\cdot10^{-4}$

Учитывая тот факт, что приборный узел состоит из нескольких близко расположенных латунных соединений фитингов и терморегулирующей арматуры, приведенный коэффициент местного сопротивления определяется экспериментальным путем.

Значения $\xi_{пр}$ приборных узлов однотрубных вертикальных и горизонтальных систем отопления из РЕХ-труб при различных позициях регулирования расхода с использованием проходных клапанов [7] получены экспериментальным путем в лабораториях ТГВ КГАСУ, результаты которых представлены в табл. 2 и 3.

Таблица 2

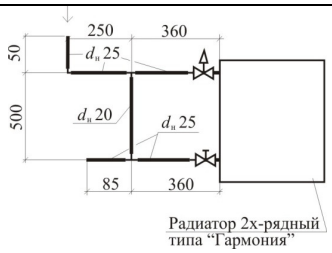
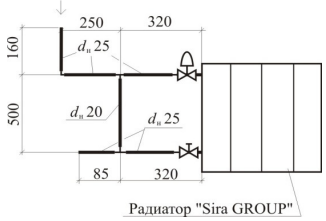
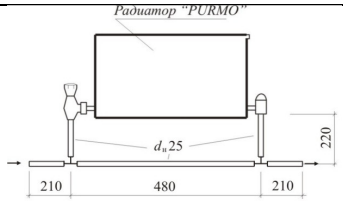
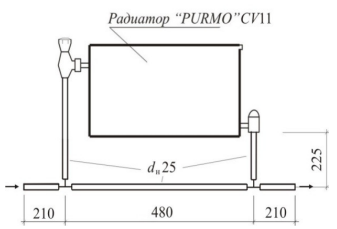
№	Эскиз приборного узла	$\xi_{пр}$ при различных позициях регулирования проходного клапана с термостатической головкой ГЕРЦ-ДИЗАЙН «МИНИ»					
		*	1	2	3	4	5
		6,5	12	16	20	24	28
1	2	3	4	5	6	7	8
1		38,48	36,55	29,7	24,79	23,34	23,2
2		30,2	28,64	25,19	20,6	19,2	19,03

Таблица 3

№	Эскиз приборного узла	$\xi_{пр}$ при различных оборотах штока регулирующего клапана				
		обороты				
		Закрыто	1	2	3	Открыто
		ход штока, %				
		0	25	50	75	100
1	2	3	4	5	6	7
1		17,06	16,9	16,2	14,85	14,85
2		24,86	20,62	20,48	20,22	20,2

Из табл. 2 и 3 видно, что приведенные коэффициенты местных сопротивлений $\xi_{пр}$ для приборных узлов из PEX-труб значительно больше, чем $\xi_{пр}$ аналогичных приборных узлов из медных труб [8]. Такое расхождение полученных экспериментальных результатов можно объяснить использованием в приборных узлах соединительных латунных деталей (фитингов), внутренние диаметры которых оказались на 35 % меньше, чем внутренние диаметры подводок из PEX-труб.

На основе приведенных исследований определены гидродинамические характеристики самих PEX-труб и частично приведены коэффициенты местных сопротивлений приборных узлов из PEX-труб.

Список библиографических ссылок

1. Замалеев З.Х., Осипова Л.Э., Валиуллин М.А., Сафиуллин Р.Г. Примеры расчетов по отоплению и вентиляции жилого дома. – Казань: КГАСУ, 2007. – 176 с.
2. ТУ 2248-039-00284581-99. Трубы напорные из сшитого полиэтилена для систем холодного и горячего водоснабжения. – М.: НИИ сантехники, 1999. – 30 с.
3. СП 41-109-2005. Проектирование и монтаж внутренних систем водоснабжения и отопления зданий с использованием труб из сшитого полиэтилена. – М.: ГУП «НИИ Мосстрой», 2005. – 30 с.
4. Ганс Росс. Гидравлика систем водяного отопления 5-е изд. – СПб.: Питер, 2009, 2009. – 365 с.
5. Справочник проектировщика. Внутренние санитарно-технические устройства. ч. I. Отопление / Под ред. И.Г. Староверова и Ю.И. Шиллера. – М.: Стройиздат, 1990. – 344 с.
6. Замалеев З.Х., Посохин В.Н., Чефанов В.М. Основы гидравлики и теплотехники. – СПб.: Издательство «Лань», 2014. – 352 с.
7. Покотилов В.В. Регулирующие клапаны автоматизированных систем тепло – и холодоснабжения. – Вена: фирма «Herz Armaturen», 2010. – 176 с.
8. Гилязов Д.Г., Валиуллин М.А. Исследование гидравлических сопротивлений приборных узлов из медных труб с трехходовыми и проходными термостатическими клапанами // Известия КГАСУ, 2012, № 1 (19). – С. 89-93.

Valiullin M.A. – candidate of technical sciences, professor
E-mail: posohin@kgasu.ru
Zamaleev Z.Kh. – candidate of technical sciences, associate professor
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaja st., 1

The study of hydraulic characteristics of nodes of heating devices for residential heating systems made of PEX-pipes

Resume

At present days in reference literature there are practically no data on the hydraulic characteristics of pipes made from the sewn high strength polyethylene (PEX). However, these pipes are widely used in the residential heating systems of energy-efficient buildings. The way out of this situation can be found in the experimental investigations, the result of which would be the data on the hydraulic characteristics of knots consisting of modern locking-regulating valves, fittings and PEX-pipes. In apartment heating systems the various knots with various schemes of connection of heating devices can be used. For the hydraulic calculation of such heating systems it is necessary to have data on hydraulic resistance coefficient of knots of heating devices at various levels of setup of balancing valves and at various positions of adjustment of an expense of the heat carrier. The values of coefficient of hydraulic friction and the characteristics of resistance of PEX-pipes themselves, as well as the coefficients of local resistance of nodes for the apartment heating systems from PEX-pipes were obtained in the

KSUAE laboratories at different levels of customization balancing valves and different positions of the heat carrier flow control regulators, and this data can be used by designers and experts in the field of heating in the calculation of such systems.

Keywords: PEX-pipes, reduced coefficient of local resistance, coefficient of hydraulic friction, specific resistance characteristic, node of heating device.

Reference list

1. Zamaleev S.H., Osipova L.A., Valiullin M.A., Safiullin R.G. Examples of calculations for heating and ventilation of residential homes. – Kazan: KSUAE, 2007. – 176 p.
2. TU 2248-039-00284581-99. Pressure pipes from cross-linked polyethylene pipes for cold and hot water supply systems. – M.: NII Santehniki, 1999. – 30 p.
3. SP 41-109-2005. Design and assembly of water-supply and heating systems in buildings using cross-linked polyethylene pipes. – M.: NII Mosstroy, 2005. – 30 p.
4. Bogoslovskij V.N., Krupnov B.A., Skanavi A.N. and others. Internal sanitary-engineering systems. In Three Parts. Part 1. Heating / Edited by I.G. Staroverov and Y. Schiller, 4-th ed., reprocessing and add. – M.: Stroiizdat, 1990. – 344 p.
5. Hans Ross. Hydraulics of water heating systems. 5-th ed. – SPb.: Peter, 2009. – 365 p.
6. Zamaleev S.H., Posokhin, V.N., Chefanov V.M. Basics of hydraulics and heat engineering. – SPb.: Publishing house «LAN», 2014. – 352 p.
7. Pokotilow V.V. Control valves of automated heating and cooling systems. – Vienna: «Herz Armaturen», 2010. – 176 p.
8. Gilyazov D.G., Valiullin M.A. Study of hydraulic resistance of heating appliances made of copper tubes with three-way faucets and thermostatic valves // News of the KSUAE, 2012, № 1 (19) – P. 89-93.

УДК 691.327:666.97
Авксентьев В.И. – аспирант
E-mail: vlad80889@yandex.ru
Морозов Н.М. – кандидат технических наук, доцент
E-mail: nikola_535@mail.ru
Хозин В.Г. – доктор технических наук, профессор
E-mail: khozin@kgasu.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

Шлам химической водоочистки – эффективный наполнитель в самоуплотняющихся песчаных бетонах

Аннотация

Применение самоуплотняющихся бетонов в современном строительстве обусловлено снижением энергозатрат при производстве железобетонных конструкций и повышения их качества. В статье показано влияние расхода цемента и наполнителя на вязкость самоуплотняющейся бетонной смеси, определены оптимальные содержания мелкодисперсных добавок в составе бетона. Доказана возможность использования шлама химической водоочистки в качестве наполнителя и получены составы самоуплотняющегося песчаного бетона с высокими эксплуатационными характеристиками.

Ключевые слова: самоуплотняющийся песчаный бетон, отход химической водоочистки, наполнитель, водоотделение и вязкость смеси, прочность бетона.

Среди наиболее значимых достижений строительных технологий XX века, по мнению большинства известных специалистов, приоритет принадлежит самоуплотняющемуся бетону – СУБ (Self Compacting Concrete) [1], отличительной особенностью которого является способность самопроизвольно, лишь под собственным весом свободно растекаться и заполнять формоснастку [2].

В 1986 году в Японии началось развитие высокоподвижных СУБ, а в 1999 году состоялся первый международный конгресс по самоуплотняющимся бетонам в Стокгольме. К 2003 году был издан нормативный документ «DAfStb-Richtlinie Selbsverdichtender Beton (SVB-Richtlinie)», в котором изложены термины и связи с другими европейскими нормативными документами, а также методы диагностики самоуплотняющегося бетона. В настоящее время самоуплотняющиеся бетоны получили широкое развитие в ряде стран Европы, в США и Японии [3].

Отличительной особенностью СУБ является их гранулометрический состав, начиная с цемента и порошкообразных наполнителей и кончая зерновым составом заполнителей [2]. Высокая подвижность СУБ обусловлена повышенным содержанием цементного теста, и использованием в составе высокоэффективных разжижителей.

Большой расход цемента и наполнителей и, безусловно, суперпластификаторов, а также повышенным требованиям к качеству заполнителей вызывают сомнения у ряда специалистов в эффективности широкого применения СУБ в бетонном строительстве, ограничивая его теми случаями, когда применение вибрированного бетона затруднительно или невозможно [3]. Однако богатый и успешный опыт применения самоуплотняющегося бетона, для производства сборных железобетонных изделий в Голландии (до 80 % от всего объема [1]) позволяет надеяться на его широкое распространение в строительной индустрии России, поскольку позволяет кардинально изменить саму организацию производства, сделав его метало-, энергосберегающим, с улучшенными санитарно-гигиеническими условиями труда. Тем не менее, снижение себестоимости СУБ является актуальным вопросом и резервом для этого служит замена крупного заполнителя и порошкообразного наполнителя на доступные местные материалы и крупнотоннажные промышленные отходы. Это позволит получить высокопрочные бетоны не на привозном высокопрочном щебне, а на местных кварцевых песках [4] и решить экологические проблемы утилизации отходов.

В качестве наполнителей для СУБ интерес представляют шламы химводоочистки (ШХВО) тепловых электростанций, хранящихся в огромных количествах в шламонакопителях или на промышленных свалках [5].

ШХВО представляет собой тестообразную массу светло-коричневого цвета, 50-60 % влажности, без запаха. Образуется шлам в результате известкования и коагуляции воды из реки Волга, при добавлении к ней известкового молока и коагулянта – железного купороса. В день образуется около 10-20 тон ШХВО в сутки.

В составе шлама (в пересчете на сухое вещество) содержится 75-85 % CaO (в виде $CaCO_3$) и 15-25 % FeO в виде $Fe(OH)_3$ [6]. Благодаря его химическому составу, ШХВО можно использовать взамен известняковых наполнителей, эффективность которых в составе бетонов отмечается рядом работ [7, 8, 9]. Обусловлено это тем, что при гидратации цемента в присутствии известняковых наполнителей происходит химическое взаимодействие трехкальциевого алюмината и карбоната кальция (магния) с образованием гидроалюминатов кальция (магния), что в свою очередь положительно сказывается на прочностных характеристиках цементного камня [10, 11].

В связи с этим целью нашей работы явилась разработка состава самоуплотняющегося песчаного бетона с использованием ШХВО, в качестве наполнителя.

Для изготовления бетонов использовался цемент ПЦ 500 Д0 ОАО «Вольскцемент», добавка суперпластификатор Melflux 2651 F на основе поликарбоксилатов и кварцевый песок с модулем крупности 2,7. ШХВО был высушен и намолот до удельной поверхности 1240 $м^2$/кг; для сравнения в качестве наполнителей использовали известняковую «муку» с удельной поверхностью 300 $м^2$/кг; микрокремнезем МК-85 с удельной поверхностью 20000 $м^2$/кг.

Исследовано влияние расхода вяжущего и наполнителя на технологические свойства бетонной смеси, а именно водопотребность (В), воздухововлечение (Вв) и вязкость (ν). Последний показатель определялся с помощью косвенного метода Т 500, сущность которого заключается в определении времени истечении бетонной смеси из перевернутого стандартного конуса [3]. В исследованиях использовали математический метод планирования [11]. Границы расходов вяжущего и наполнителей определялись на основе литературных данных [3, 10, 13].

Получены составы самоуплотняющегося песчаного бетона с содержанием цемента 350, 400 и 450 кг.; песка 1680, 1630 и 1580 кг. соответственно и расходом МК-85 в дозировках 10-20 %, от количества цемента в составе бетонной смеси. Использование МК-85, обусловлено тем, что на данный момент этот наполнитель является наиболее распространенным и эффективным среди добавок, используемых в составах СУБ [14].

Таблица 1

План матрица и результаты двухфакторного эксперимента (цемент+микрокремнезем)

№ состава	Факторы				Отклики		
	X_1		X_2		ν, сек	В, мл	ВВ, %
	Цемент, кг		Микрокремнезем, %				
	код	Знач.	код	Знач.			
1	-1	350	-1	10	2,5	189	4,6
2	-1	350	0	15	1,5	201	5,5
3	-1	350	+1	20	1	214	4,1
4	0	400	+1	20	1,5	237	3,3
5	+1	450	+1	20	1,0	200	4,8
6	+1	450	0	15	2,0	193	4,7
7	+1	450	-1	10	4,0	171	5,4
8	0	400	-1	10	2,8	187	4,5
9	0	400	0	15	2,5	196	4,9

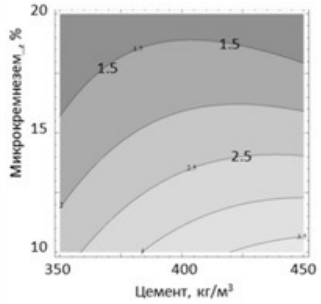


Рис. 1. Изменение вязкости (v) бетонной смеси (сек.) в области варьируемых факторов

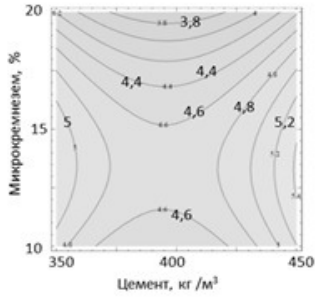


Рис. 2. Изменение воздухововлечение бетонной смеси (%) в области варьируемых факторов

Из рис. 1 видно, что увеличение содержания расхода наполнителя приводит к уменьшению времени истечения бетонной смеси, а соответственно и к снижению вязкости бетонной смеси. С увеличением расхода цемента с 350-450 кг/м^3 вязкость не значительно увеличивается. Также следует отметить, что расход воды в бетонной смеси напрямую влияет на показатели истечения суспензии из конуса. С ее увеличением вязкость снижается, однако это приводит к снижению и прочности бетона.

Из рис. 2 видно, что количество цемента в самоуплотняющемся песчаном бетоне должно варьироваться в пределах 380-420 кг/м^3, в противном случае воздухововлечением превысит установленные нормативным документом (DAfStb-Richtlinie Selbsverdichtender Beton) ограничения.

Таким образом, в результате проведенных исследований были определены составы самоуплотняющегося песчаного бетона. В дальнейших исследованиях микрокремнезем был заменен карбонатными наполнителями такими как известняковая мука и ШХВО. Однако карбонатные наполнители в силу меньшей удельной поверхности, чем у микрокремнезема не позволяли получать бетонную смесь без водоотделения. И для снижения этого показателя в состав бетонной смеси было введено 5 % микрокремнезема. Расход цемента был выбран 380 кг/м^3, так он являлся наименьшим из возможных.

В результате удалось получить состав самоуплотняющегося песчаного бетона с расходом цемента 380 кг/м^3, высокой подвижностью (72 см), низким воздухововлечением (менее 3 %) и прочностью 35 МПа. Состав представлен в табл. 2 (3 состав).

Таблица 2

Составы бетонных смесей их технологические и физико-механические свойства

№ состава	1	2	3
Расход компонентов, кг/м^3			
Цемент	380	380	380
Микрокремнезем	-	-	20(5 %)
Известняковая мука	60(15 %)	-	-
Шлам ХВО	-	60(15 %)	60(15 %)
Melflux 2651 F	2,2(0,5 %)	2,2(0,5 %)	2,2(0,5 %)
Песок	1600	1600	1600
Вода	211	211	211
Технологические свойства бетонной смеси			
Расплыв конуса,см	64	60	72
Плотность, кг/м^3	2256	2275	2282
Воздухововлечение, %	2,2	3,2	2,9
Водоотделение, %	1,04	1,19	-
Физико-механические свойства бетона на 28 сутки			
Плотность, кг/м^3	2270	2224	2290
Прочность, МПа	32	30	35

Использование двух наполнителей позволяет получать высококачественные бетоны обладающих всеми необходимыми свойствами СУБ, однако определение их оптимальных дозировок в данном составе позволит повысить основные характеристики бетона.

В связи с этим последним этапом наших исследований было определение оптимальных соотношений между ШХВО и микрокремнеземом. Дозировки микрокремнезема варьировались в пределах от 0 до 20 %, а ШХВО вводился в количестве от 0 до 15 %.

Таблица 3

План матрица и результаты двуфакторного эксперимента

№	Факторы				Отклики	
	X_1 Шлам ХВО, %		X_2 Микрокремнезем, %		Прочность, МПа, в возрасте, сут	
	код	Знач.	код	Знач.	7 сут	28 сут
1	-1	0	-1	0	17,55	23,35
2	-1	0	0	10	33,33	44,35
3	-1	0	+1	20	32,51	43,65
4	0	7,5	+1	20	33,8	44,95
5	+1	15	+1	20	33,66	44,73
6	+1	15	0	10	27,74	36,9
7	+1	15	-1	0	18,33	24,38
8	0	7,5	-1	0	29,4	39,1
9	0	7,5	0	10	37,4	49,74

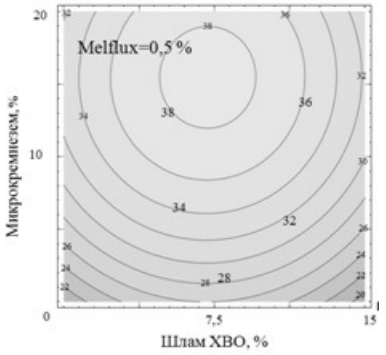


Рис. 3. Изменение прочности при сжатии (МПа) бетона в области варьируемых факторов в возрасте 7 суток

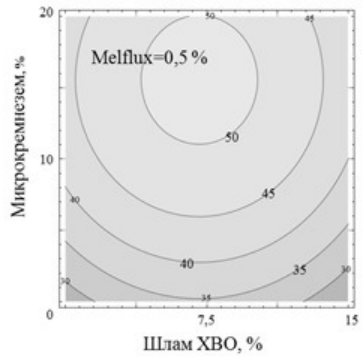


Рис. 4. Изменение прочности при сжатии (МПа) бетона в области варьируемых факторов в возрасте 28 суток

Как видно из рисунков, получены оптимальные соотношения наполнителей в самоуплотняющемся песчаном бетоне при расходе цемента 380 кг/м^3, песка 1600 кг/м^3. При этом содержание микрокремнезема составляет 15 %, а ШХВО 7,5 %. Воздухововлечение бетонной смеси не превышает 3 %, расплыв конуса составляет 65-70 см, низкая вязкость смеси не более 1,5 сек и прочность 50 МПа.

Таким образом, по результатам проведенных исследований можно заключить, что использование ШХВО в качестве наполнителя весьма эффективно для самоуплотняющихся песчаных бетонов. Однако превышение оптимальных дозировок наполнителя, приводит к снижению прочности бетона, что связано с увеличением водопотребности смеси.

Список библиографических ссылок

1. Трамбовецкий В.П. Бетон в мире технологий // Технологии бетонов, 2005, № 1. – С. 64-67.
2. Василик П.Г. Стабилизаторы для самоуплотняющихся бетонов и самовыравнивающихся масс // Технологии бетонов, 2006, № 6. – С. 15-18.
3. Болотских О.Н. Самоуплотняющийся бетон и его диагностика // Технологии бетонов, 2008, № 10 . – С. 28-31.
4. Морозов Н.М., Боровских И.В., Хозин В.Г., Авксентьев В.И., Мугинов Х.Г. Влияние компонентов песчаного бетона на воздухововлечение при его приготовлении // Известия КГАСУ, 2011, № 3 (17). – С. 31-34.

5. Марьинских С.Г., Митрофанов Н.Г.Способ утилизации шлама химводоочистки Тюменской ТЭЦ № 2 // Фундаментальные науки и практика, 2010, № 4. – С. 26-30.
6. Коренькова С.Ф., Шеина Т.В. Основы и концепция утилизации химических осадков промстоков в стройиндустрии // Современные проблемы науки и образования, 2009, № 1. – С. 91.
7. Scazlich M., Roskovi R., Banjad Pelur I. Properties of SCC with high fly ash content // Gradjevinar, 2008, № 11. – P. 945-952.
8. Салия М.Г. Выбор добавок – наполнителей для улучшения свойств бетона // Науковий вісник будівництва, 2010, № 5. – С. 96-99.
9. Ушеров-Маршак А.В. Добавки в бетон: прогресс и проблемы // Строительные материалы, 2006, № 10. – С. 8-12.
10. Козлова В.К., Маноха А.М., Лихошерстов А.А., Мануйлов Е.В., Малова Е.Ю.. Влияние карбонатсодержащих добавок на свойства композиционных цементов // Цемент и его применение, 2012, № 3. – С. 25-29.
11. Тимашев В.В., Колбасов В.М. Свойства цементов с карбонатными добавками // Цемент, 1981, № 10. – С. 10-13.
12. Зедгинидзе И.Г. Планирование эксперимента для исследования многокомпонентных систем. – М.: Изд-во Наука, 1976. – 364 с.
13. Пайерс И., Барбара Х., Барраган Б., Рамос Г. Самоуплотняющийся бетон с мелкоизмельченным карбонатом кальция // CPI – Международное бетонное производство, 2012, № 1. – С. 34-38.
14. Шулдяков К.В., Крамар Л.Я., Трофимов Б.Я., Мамаев Н.А. Влияние добавки «микрокремнезем-поликарбоксилатный суперпластификатор» на гидратацию цемента, структуру и свойства цементного камня // Цемент и его применение, 2013, № 3. – С. 114-118.

Avksentev V.I. – post-graduate student
E-mail: vlad80889@yandex.ru
Morozov N.M. – candidate of technical sciences, associate professor
E-mail: nikola_535@mail.ru
Khozin V.G. – doctor of technical sciences, professor
E-mail: khozin@kgasu.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Sludge of chemical water treatment – effective filler in self-compacting sand concrete

Resume

Self-compacting concrete is one of the modern products of building materials. The peculiarity of this concrete is its high mobility and low stratified mixture. These properties of concrete are due to the use of effective superplasticizers and fillers. To reduce costs by manufacture of self-compacting concrete must be used as fillers waste from different industries. That was done in this study. As filler was selected chemical water treatment sludge thermal power plants, stored in large quantities in the tailings ponds or industrial landfills. In the result of the research was the optimal amount of chemical water treatment sludge as part of self-compacting concrete, providing a minimum viscosity of the mixture and necessary durability of concrete. Also was selected composition sandy self-compacting concrete with application of sludge and microsilica. To determine the optimal number of fillers used a planned two-factor experiment, in which the optimal combination of microsilica and sludge. Microsilica used to improve strength properties and reduce water office developed mixtures. Developed compositions of self-packing mixes have flowability 65-70 cm, the volume of entrained air less than 3 % and the strength of 50 MPa.

Keywords: self-compacting concrete sand, waste water treatment chemical, vehicle, bleeding and viscosity of the mixture, the strength of the concrete.

Reference list

1. Trambovetsky V.P. Concrete in the world of technology // Technologia betonov, 2005, № 1. – P. 64-67.
2. Vasilik P.G. Stabilizers for self-compacting concrete and self-leveling // Technologia betonov, 2006, № 6. – P. 15-18.
3. Bolotskih O.N. SCC and its diagnostics // Technologia betonov, 2008, № 10. – P. 28-31.
4. Morozov N.M., Borovskikh I.V., Khozin V.G., Avksentev V.I., Muginov H.G. Influence of sand concrete components on air entrainment in its preparation // News of the KSUAE, 2011, № 3 (17). – P. 31-34.
5. Marinskih S.G., Mitrofanov N.G.Way sludge disposal demineralizer Tyumen CHP № 2 // Fundamentalnye nauki i praktika, 2010, № 4. – P. 26-30.
6. Korenkova S.F., Shein T.V. Framework and the concept of disposal of chemical precipitation effluent in construction // Sovremennye problemy nayki i obrazovania, 2009, № 1. – P. 91.
7. Scazlich M., Roskovi R., Banjad Pelur I. Properties of SCC with high fly ash content // Gradjevinar, 2008, № 11. – P. 945-952.
8. Salia M.G. Choosing supplements – fillers for improving the properties of concrete // Naukova Visnik budivnitstva, 2010, № 5. – P. 96-99.
9. Usherov-Marshak A. Concrete admixtures: progress and problems // Stroitelnye materialy, 2006, № 10. – P. 8-12.
10. Kozlova V.K., Manoha A.M., Likhosherstov A.A., Manuilov E.V., Malova E.J. The influence carbonate additives on properties of composite cements // Cement i ego primenenie, 2012, № 3. – P. 25-29.
11. Timashev V.V., Kolbasov V.M. Properties of carbonate cements with additives // Cement, 1981, № 10. – P. 10-13.
12. Zedginidze I.G. Design of experiments for the study of multicomponent systems. – M.: Publishers in Science, 1976. – 364 p.
13. Piers J., Barbara H., Barragan B., Ramos G. Self compacting concrete with finely divided calcium carbonate // CPI – Mezhdunarodnoe betonnoe proizvodstvo, 2012, № 1. – P. 34-38.
14. Shuldyakov K.V., Kramar L.Y., Trofimov B.J., Mamaev N.A. Effect of Additives «fume-polycarboxylate superplasticizer» on cement hydration, structure and properties of cement paste // Cement i ego primenenie, 2013, № 3. – P. 114-118.

УДК 691:624.138
Вдовин Е.А. – кандидат технических наук, доцент
E-mail: vdovin007@mail.ru
Строганов В.Ф. – доктор химических наук, профессор
E-mail: svf08@mail.ru
Мавлиев Л.Ф. – ассистент
E-mail: lenarmavliev@yandex.ru
Буланов П.Е. – аспирант
E-mail: f_lays@mail.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

Исследование влияния кремнийорганических соединений на показатели стандартного уплотнения и физико-механические свойства цементогрунта

Аннотация

Проведено исследование влияния кремнийорганических соединений на показатели стандартного уплотнения и физико-механические свойства цементогрунта. Описан механизм гидрофобизации грунта химическими добавками. Определено влияние кремнийорганических соединений на максимальную плотность и оптимальную влажность, предел прочности на сжатие и растяжении при изгибе, а также морозостойкость цементогрунта. Рассмотрен ряд кремнийорганических соединений, увеличивающих физико-механические свойства цементогрунта, которые могут быть рекомендованы для гидрофобизации и получения комплексных модифицирующих добавок.

Ключевые слова: цементогрунт, кремнийорганические соединения, оптимальная влажность, максимальная плотность, физико-механические свойства.

Введение. В ряде регионов страны отсутствуют запасы прочных каменных материалов, применяемых в строительстве автомобильных дорог с твердым покрытием. Наиболее перспективным направлением при этом является использование цементогрунта в конструкциях дорожных одежд. Известно, что морозостойкость является одним из показателей, влияющих на качество и долговечность материалов. Однако, как показали исследования, грунт даже при обработке его портландцементом, значительно теряет свою прочность уже на первых циклах замораживания-оттаивания. Многократные переменные замораживания и оттаивания цементогрунта в водонасыщенном состоянии увеличивают число внутренних трещин, углубляют и расширяют их. Происходит накопление остаточных деформаций, постепенно монолитная структура цементогрунта разуплотняется и его прочностные свойства резко снижаются. В конечном итоге, после определенного для каждого конкретного случая количества циклов замораживания-оттаивания цементогрунт превращается в рыхлый слой слабосвязанных между собой агрегатов различной крупности [1].

Наиболее перспективным направлением в решении данной проблемы является применение кремнийорганических соединений, позволяющих получить гидрофобные материалы. В основе процесса гидрофобизации цементогрунта такими добавками лежит явление химической адсорбции минеральными частицами и образование на их поверхности мономолекулярных или полимолекулярных водоотталкивающих кремнийорганических полимерных пленок. При взаимодействии этих реагентов с грунтом происходит обмен между реакционноспособными группами гидрофобизатора и поглощающим комплексом тонкодисперсной части грунта в результате протекания химических реакций: полимеризации и поликонденсации [1-6].

Принято считать, что молекулы кремнийорганических соединений состоят из двух частей, противоположных по своей природе и свойствам. Одна часть представляет собой гидрофильные полярные силоксановые цепочки с кремнийкислородными связями, которые вступают в химическую связь с ОН-группами влаги, находящейся в порах и на поверхности грунта, а также с реакционноспособными участками

(нескомпенсированными зарядами кристаллической решетки) минеральной части грунта. Эти кремнийкислородные цепочки ориентируются по направлению к поверхности минеральных частиц. Другая часть кремнийорганических соединений представляет собой гидрофобные углеводородные радикалы, связанные с кремнием и нерастворимые в воде. Они образуют водоотталкивающий слой, ориентированный в направлении от поверхности минеральных частиц в сторону порового пространства [1, 6].

В связи с изложенным, целью работы явилось исследование влияния кремнийорганических соединений на показатели стандартного уплотнения и физико-механические свойства цементогрунта.

Экспериментальная часть. Оптимальную влажность и максимальную плотность цементогрунта с добавками кремнийорганических соединений изучали на приборе стандартного уплотнения. Для эксперимента приняты расходы портландцемента 8, 10, 12 % от массы грунта. Кремнийорганическое соединение вводилось от массы грунта. Вода добавлялась в цементогрунтовую смесь до достижения максимальной плотности. Оптимальная влажность грунта при введении 8 % цемента составила 15,5 %, 10 % цемента – 14,70 %, 12 % цемента – 14,1 %. Максимальная плотность с 8 % цемента достигла 1,91 г/см^3, с 10 % цемента – 1,94 г/см^3, с 12 % цемента – 1,96 г/см^3.

В таблице приведена максимально достигаемая плотность и соответствующая ей оптимальная влажность при введении добавок кремнийорганических соединений в состав цементогрунта при различных расходах портландцемента. Увеличение дозировок свыше указанных приводит к уменьшению плотности.

Таблица

Максимально достигаемая плотность и соответствующая ей оптимальная влажность цементогрунта при введении добавок кремнийорганических соединений

№ п/п	Расход цемента, %	Наименование КОС	Расход добавки, %	Максимальная плотность, г/см^3	Оптимальная влажность, %
1	2	3	4	5	6
1	8	-	-	1,91	15,5
2	8	ОТЭС	0,02	1,91	14,0
3	8	ЖГ 136-41	0,01	1,90	15,2
4	8	ГКЖ-11К	0,09	1,96	12,0
5	8	ФЭС-50	0,005	1,90	15,3
6	8	Силор	0,14	1,92	13,2
7	10	-	-	1,94	14,7
8	10	ОТЭС	0,03	1,94	13,1
9	10	ЖГ 136-41	0,01	1,93	14,4
10	10	ГКЖ-11К	0,09	2,00	11,1
11	10	ФЭС-50	0,005	1,93	14,6
12	10	Силор	0,14	1,95	12,3
13	12	-	-	1,96	14,1
14	12	ОТЭС	0,03	1,96	12,6
15	12	ЖГ 136-41	0,005	1,95	13,8
16	12	ГКЖ-11К	0,09	2,05	10,4
17	12	ФЭС-50	0,005	1,95	14,0
18	12	Силор	0,14	1,97	11,5

На рис. 1-3 показано влияние оптимальных дозировок добавок кремнийорганических соединений на физико-механические свойства ($R_{сж}$ – предел прочности на сжатие (МПа), $R_{изг}$ – предел прочности на растяжение при изгибе (МПа), $К_{мор}$ – коэффициент морозостойкости) цементогрунта в возрасте 28 суток в зависимости от расхода цемента.

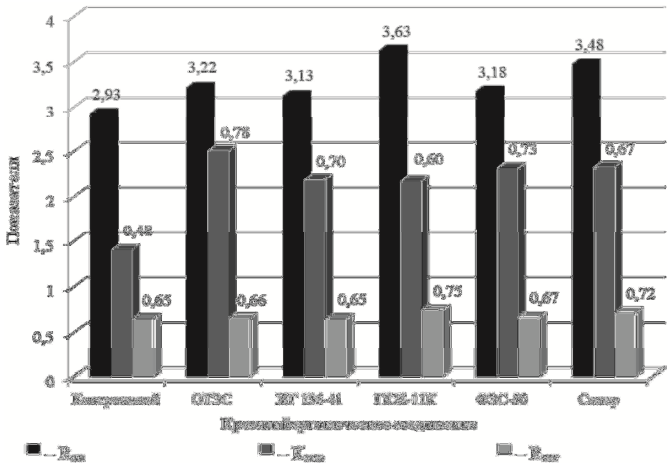


Рис. 1. Влияние добавок кремнийорганических соединений
на физико-механические свойства цементогрунта с расходом портландцемента 8 %

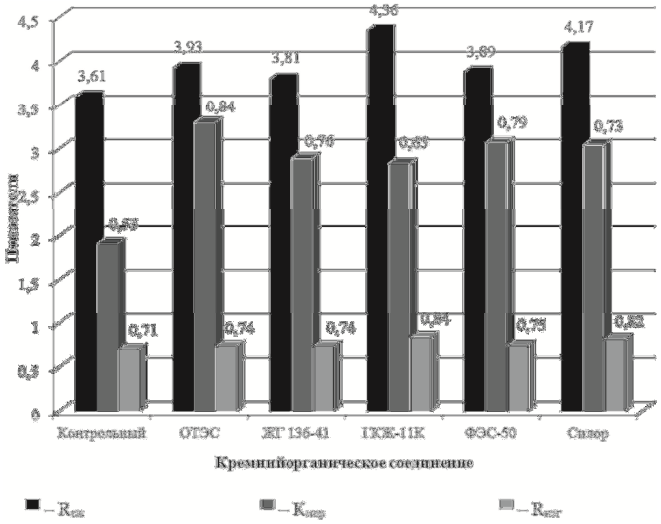


Рис. 2. Влияние добавок кремнийорганических соединений
на физико-механические свойства цементогрунта с расходом портландцемента 10 %

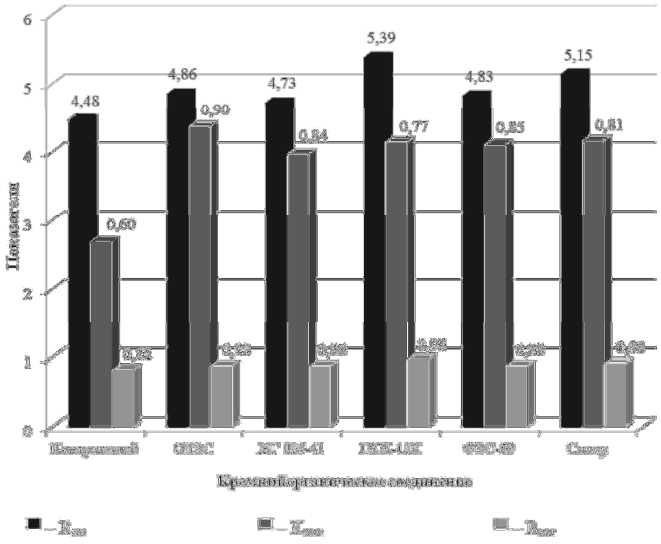


Рис. 3. Влияние добавок кремнийорганических соединений
на физико-механические свойства цементогрунта с расходом портландцемента 12 %

Обсуждение результатов. При достижении максимальных показателей по плотности с расходом цемента 8 % оптимальная влажность снизилась для смеси с октилтриэтоксисиланом (ОТЭС) на 9,7 %, с полиэтилгидросилоксаном (ЖГ 136-41) на 2,0 %, с метилсиликонатом калия (ГКЖ-11К) на 22,6 %, с фенилэтокисилоксаном (ФЭС-50) на 1,3 %, с Силор на 14,8 %. При расходе цемента 10 % данный показатель снизился с ОТЭС на 10,9 %, с ЖГ 136-41 на 2,0 %, с ГКЖ-11К на 24,5 %, с ФЭС-50 на 0,7 %, с Силор на 16,3 %; расходу цемента 12 % соответствовало снижение оптимальной влажности смеси с ОТЭС на 10,6 %, с ЖГ 136-41 на 2,1 %, с ГКЖ-11К на 26,2 %, с ФЭС-50 на 0,7 %, с Силор на 18,4 %.

Следует отметить, что максимальная плотность цементогрунта с добавкой ОТЭС в сравнении с контрольным составом не изменилась при всех рассмотренных расходах цемента. Плотность цементогрунта с добавкой ЖГ 136-41 и ФЭС-50 снизилась на 0,5 % также при всех рассмотренных расходах цемента. Плотность цементогрунта с Силор увеличилась стабильно при всех расходах цемента на 0,5 %. Плотность цементогрунта максимально увеличилась с добавкой ГКЖ-11К и составила при расходе цемента 8 % – 1,96 г/см^3, при расходе 10 % – 2,00 г/см^3, при расходе 12 % – 2,05 г/см^3, что соответствует приросту в 2,6 %, 3,1 %, 4,6 % от контрольной.

Из рис. 1-3 следует, что наибольшее повышение прочности наблюдалось у образцов цементогрунта с добавкой ГКЖ-11К: предел прочности на сжатие увеличился на 20,3-23,9 %, предел прочности на растяжение при изгибе на 15,3-19,5 %. Возможно, это связано, во-первых, с интенсификацией процессов твердения за счет образующейся в результате реакции щелочи, во-вторых, с пластификацией цементогрунтовой смеси, что имеет место при введении в состав анионактивных ПАВ [7]. Пластифицирующий эффект подтверждается результатами исследования максимальной плотности и оптимальной влажности цементогрунтовой смеси, в ходе которых выяснилось, что на данные показатели наибольшее влияние оказала добавка ГКЖ-11К. Коэффициент морозостойкости при этом увеличился на 22,6-28,3 %.

Влияние этилсиликоната натрия (ГКЖ-10Н), метилсиликоната натрия (ГКЖ-11Н) и полиэтилгидросилоксана (ЖГ 136-41) на цементогрунты исследовал Карась Ю.В. [6], которому при введении указанных КОС удалось достичь повышения морозостойкости в 6-10 раз. Автор предположил, что введение КОС приводит к улучшению структуры цементогрунта путем уплотнения зон контакта цементного камня с заполнителем (грунтовыми минералами) в результате адсорбции КОС с последующим образованием гидрофобных уплотняющих пленок. Отмечено, что цементогрунт является материалом крупнопористой структуры, чем объясняется его относительно большое водонасыщение. Преобладание количества проницаемых для воды пор является основной структурной особенностью цементогрунта. Добавки кремнийорганических гидрофобизаторов не устраняют этой особенности, лишь только несколько сдвигают расположение максимумов переходных пор в сторону микропористости. Есть основания считать, что основную роль в улучшении физико-механических характеристик цементогрунта играет гидрофобизация поверхностей пор и капилляров за счет создания водоотталкивающих пленок, химически связанных с поверхностью минералов грунта. Это обстоятельство положительно влияет на улучшение морозостойкости, так как адгезия кристаллов солей и льда к гидрофобной поверхности пор снижается [8, 9].

Влияние активно используемых для гидрофобизации бетонов фенилэтоксисилоксана (ФЭС-50) [10, 11], октилтриэтоксисилана (ОТЭС) [12] и Силор [7] в цементогрунтах не изучено.

Проведенные исследования показали, что кремнийорганические соединения ОТЭС и ФЭС-50 в меньшей степени повлияли на прочность, но значительно на морозостойкость. Добавка Силор напротив больше оказала влияние на рост прочности, но меньше морозостойкости. Так при введении ОТЭС предел прочности на сжатие вырос на 8,5-9,9 %, ФЭС-50 – 7,8-8,5 %, Силор – 15,0-18,8 %. Прирост предела прочности на растяжение при изгибе составил с добавкой ОТЭС – 1,5-7,3 %, ФЭС-50 – 3,1-7,3 %, Силор – 10,8-12,2 %. Морозостойкость при этом выросла при введении ОТЭС на 50-62,5 %, ФЭС-50 – 41,7-52,1 %, Силор – 35-39,6 %. Для сравнения с добавкой ЖГ 136-41 предел прочности на сжатие увеличился на 5,5-6,8 %, предел прочности на растяжение при изгибе – 4,2-7,3 %, морозостойкость – 40-45,8 %.

Известно [13], что фенильные радикалы в составе КОС создают плотный гидрофобизирующий слой вдоль силоксановой цепи, который предельно затрудняет диффузию молекул воды к поверхности гидратирующегося цемента. Для алкильных производных – метил- и этилсилоксанов, гидрофобный эффект проявляется более слабо. Повышенная гидрофобизация должна наблюдаться при модифицировании цементной системы кремнийорганическими соединениями с длинными цепями. Также отмечено, что перспективным является применение в бетонах кремнийорганических олигомеров типа полиорганоалкоксисилоксанов, являющихся замещенными полиэфирами ортокремневой кислоты [14]. При гидролизе моноэфиров ортокремниевой кислоты в щелочной среде образуются силоксаны и спирт. При дальнейшей конденсации получается высокомолекулярный продукт. По аналогии с гидролизом мономера можно предположить, что в бетоне или растворе, в состав которых введен полиорганоалкоксисилоксан, проходит химическая реакция взаимодействия гидроксида кальция с введенным КОС, в результате которой образуются новые продукты – органокальцийсилоксан и спирт. Органокальцийсилоксан химически фиксируется на поверхности стенок пор и капилляров, гидрофобизируя их, спирт действует как воздухововлекающий агент, снижая поверхностное натяжение на границе «вода-воздух». Эти обстоятельства приводят к значительному повышению долговечности бетона и растворов, эксплуатируемых в суровых агрессивных условиях [13].

Наибольшее повышение морозостойкости выявлено у образцов с добавкой ОТЭС: коэффициент морозостойкости после 15 циклов замораживания-оттаивания составил 0,78-0,90, что на 50,0-62,5 % выше, чем у контрольного состава. Полученные данные согласуются с работами Батракова В.Г., в которых отмечено, что пленки образованные на основе трифункциональных мономеров имеют наибольшую вероятность их химического взаимодействия с поверхностью. Также отмечено, что вид и длина радикала играет решающую роль в получении гидрофобного эффекта. В нашем случае увеличение радикала до C_8H_{17} (октил) привело к большему росту морозостойкости по сравнению с кремнийорганическими соединениями, содержащими радикалы CH_3 (метил), C_2H_5 (этил), C_6H_5 (фенил).

Марков Л.А., Парфенов А.П., Петрашев А.П., Пугачев Б.В., Черкасов М.И., а также Волоцкой Д.В. также использовали для гидрофобизации мономеры [2, 5]. Как отмечено в работах, вода содержится в грунтах в виде адсорбционной гидратации минеральных частиц, гидратации диффузного двойного слоя и в виде свободной воды в порах и петлях структуры. Гидрофобизация сокращает количество воды содержащейся в грунте. Уравновешивая энергетически активные центры минералов грунта, уменьшается электрокинетический потенциал частиц грунта и скорость перемещения пленочной воды, что приводит к снижению гидратации грунтовых частиц.

Заключение. При модификации цементогрунтовых смесей кремнийорганическими соединениями, установлено их положительное влияние на показатели стандартного уплотнения: снижается оптимальная влажность, а в ряде случаев повышается максимальная плотность. Полученные результаты, возможно, объясняются проявлением и реализацией гидрофобизирующего эффекта кремнийорганических соединений, который заключается в ориентации гидрофильных и гидрофобных цепочек в материалах. Эта особенность кремнийорганических соединений позволяет увеличить прочность и морозостойкость цементогрунтов.

Список библиографических ссылок

1. Могилевич В.М. и др. Дорожные одежды из цементогрунта. – М.: Транспорт, 1972. – 214 с.
2. Марков Л.А. и др. Улучшение свойств грунтов поверхностно-активными и структурообразующими веществами. – М.: Автотрансиздат, 1963. – 176 с.
3. Воронков М.Г. Химия кремнийорганических соединений // Природа, 1959, № 7. – С. 44-52.
4. Воронков М.Г., Долгов Б.Н. Водоотталкивающие кремнийорганические покрытия // Природа, 1954, № 5. – С. 22-34.

5. Волоцкой Д.В. Улучшение свойств грунтов растворами кремнийорганических соединений // Автомобильные дороги, 1965, № 7. – С. 32-36.
6. Карась Ю.В. Комплексное применение цемента и гидрофобизирующих веществ для укрепления грунтов: Автореферат дис. на соискание уч. степени канд. техн. наук. – М., 1967. – 33 с.
7. Хаснуллин М.М. Разработка технологии переработки отходов силиконового производства и композиционные материалы на их основе: Дисс. на соискание уч. степени канд. техн. наук. – Казань, 1998. – 132 с.
8. Соболевский М.В., Музовская О.А., Попелева Г.С. Свойства и области применения кремнийорганических продуктов. – М.: Химия, 1975. – 256 с.
9. Новосельнов А.А. Кремнийорганические гидрофобные покрытия на поверхности строительных материалов: Дисс. на соискание уч. степени канд. техн. наук. – М., 2002. – 231 с.
10. Мухаметрахимов Р.Х., Изотов В.С. Исследование влияния кремнийорганических соединений на свойства фиброцементных плит // Известия КГАСУ, 2011, № 4 (18). – С. 254-259.
11. Богданов Р.Р., Ибрагимов Р.А., Изотов В.С. Исследование влияние отечественных гидрофобизаторов на основные свойства цементного теста и раствора // Известия КГАСУ, 2013, № 4 (26). – С. 207-210.
12. Седнев В.А., Савченко Н.А. Кремнийорганические композиции для нанесения защитных гидрофобизирующих покрытий на строительные материалы // Физика и химия обработки материалов, 2011, № 6. – С. 76-81.
13. Батраков В.Г. Модифицированные бетоны. Теория и практика. 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высшая школа, 1998. – 768 с.
14. Baustoffmischungen. Carlson Barber C DE1201225, cl. C04B24/42 09/16/1965.

Vdovin E.A. – candidate of technical sciences, associate professor
E-mail: vdovin007@mail.ru
Stroganov V.F. – doctor of technical sciences, professor
E-mail: svf08@mail.ru
Mavliev L.F. – assistant
E-mail: lenarmavliev@yandex.ru
Bulanov P.E. – post-graduate student
E-mail: f_lays@mail.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

The study of the influence of organosilicon compounds on the performance of standard seals and physic-mechanical properties of soil-cement

Resume

It is known that frost is one of the factors affecting the quality and durability of the materials. Theoretical studies have shown that the soil even with the strengthening of its Portland cement significantly loses its strength already at the first cycles of freezing and thawing. The most promising direction in solving this problem is the use of organ silicon compounds, which allows obtaining hydrophobic materials. The basis of the hydrophobization of soil-cement such additives is the phenomenon of chemical adsorption of mineral particles and formation on their surface monomolecular or polymolecular water repellent organosilicon polymer films.

In this work the influence of the organosilicon compounds on the performance of standard seals and physico-mechanical properties of soil-cement. Mechanism of waterproofing soil chemical additives described. The effect of organosilicon compounds on the maximum density and optimum moisture content, tensile strength compressive and tensile bending and resistance soil-cement determined. Considered a number of organosilicon compounds that increase physical and mechanical properties of soil-cement that can be recommended for waterproofing and complex modifiers. The results obtained may be due to the manifestation and

realization of the water-repellent effect of organosilicon compounds, which consists in the orientation of hydrophilic and hydrophobic chains in the material.

Keywords: soil-cement, organosilicon, optimum moisture content and maximum density, physical and mechanical properties.

Reference list

1. Mogilevich V.M. and other. Road service from soil-cement. – M.: Transport, 1972. – 214 p.
2. Markov L.A. and other. Improved properties of soil surfactants and structure-forming substances. – M.: Autotransizdat, 1963. – 176 p.
3. Voronkov M.G. Chemistry of organosilicon compounds // Priroda, 1959, № 7. – P. 44-52.
4. Voronkov M.G., Dolgov B.N. Water-repellent silicon coating // Priroda, 1954, № 5. – P. 22-34.
5. Volotsky D.V.Improving the properties of soil solutions of organosilicon compounds // Avtomobilnye dorogy, 1965, № 7. – P. 32-36.
6. Karas J.V. Complex application of cement and water-repellent substances for soil stabilization: abstract of thesis. For obtaining the academic degree of PhD. – M., 1967. – 33 p.
7. Sobolevskiy M.V., Muzovskaya O.A., Popelova G.S. Properties and applications of silicone products. – M.: Himiya, 1975. – 256 p.
8. Husnullin M.M. Development of technology for recycling silicon production and composite materials on their basis: Diss. for obtaining the academic degree of PhD. – Kazan, 1998. – 132 p.
9. Novoselnov A.A. Silicone hydrophobic coating on the surface of building materials: Diss. for obtaining the academic degree of PhD. – M., 2002. – 231 p.
10. Muhametrahimov R.H., Izotov V.S. investigation of the influence of organosilicon compounds on the properties of fiber-cement slabs // News of the KSUAE, 2011, № 4 (18). – P. 254-259.
11. Bogdanov R.R., Ibragimov R.A., Izotov V.C. The Study of the influence of domestic water-repellent agent on the basic properties of cement paste and mortar // News of the KSUAE, 2013, № 4 (26). – P. 207-210.
12. Sednev V.A., Savchenko N.A. Silicone composition for applying a protective water-repellent coatings for building materials // Physika I himiya obrabotki materialov, 2011, № 6. – P. 76-81.
13. Batrakov V.G. Modified concretes. Theory and practice. 2nd ed., revised and enlarged extra. – M.: Visshaya shkola, 1998. – 768 p.
14. Baustoffmischungen. Carlson Barber C DE1201225, cl. C04B24/42 09/16/1965.

УДК 691:624.138
Гильфанов Р.М. – кандидат технических наук, доцент
E-mail: gilfanov.rash@yandex.ru
Вдовин Е.А. – кандидат технических наук, доцент
E-mail: vdovin007@mail.ru
Мавлиев Л.Ф. – ассистент
E-mail: lenarmavliev@yandex.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

Оптимизация состава цементогрунта с комплексной добавкой на основе кремнийорганических соединений

Аннотация

Проведено исследование влияния комплексной добавки на основе октилтриэтоксисилана и гидроксида натрия на прочность и морозостойкость цементогрунта с помощью математического моделирования и применения метода планирования эксперимента. Получены зависимости влияния расхода портландцемента, состава и дозировки комплексной добавки на физико-механические свойства материала. Оптимизирован состав модифицированного цементогрунта с учетом области применения в дорожной одежде и выявлена роль компонентов комплексной добавки в повышении прочности и морозостойкости.

Ключевые слова: цементогрунт, оптимизация состава, физико-механические свойства, комплексная добавка, октилтриэтоксисилан, гидроксид натрия.

Введение. Разработка эффективных материалов для конструктивных слоев дорожных одежд на основе местных укрепленных грунтов с использованием различных вяжущих и модифицирующих добавок является одним из перспективных направлений исследований в дорожном строительстве. Вопросам укрепления грунтов посвящены работы многих отечественных и зарубежных ученых - В.М. Безрука, Ю.М. Васильева, Л.В. Гончаровой, В.М. Кнатько, В.А. Кельмана, В.В. Охотина, П.А. Ребиндера, М.М. Филатова, C.W. Correns, C.S. Dunn, J. Hashimoto, J.K. Mitchell, G.H. Hilt, Davidson D.T., J.G. Laguros, T.W. Lambe, R.C. Mainfort и др.

Для обеспечения возможности применения грунта в конструкциях дорожных одежд одним из наиболее результативных методов является укрепление его цементом. Повышение качества получаемого материала – цементогрунта, является актуальной проблемой, которая не может быть успешно решена, в полной мере, без модификации химическими добавка, влияющими на структуру и свойства цементогрунта.

Как показали исследования, решение данной проблемы возможно путем применения добавок кремнийорганических соединений, позволяющих получить гидрофобные материалы, а также электролитов, придающих цементогрунтам высокие прочностные показатели [1]. На основе анализа научных работ по повышению прочности и морозостойкости строительных материалов [1-9] и проведенных экспериментов получена комплексная добавка, состоящая из кремнийорганического соединения октилтриэтоксисилан (ОТЭС) и электролита гидроксид натрия (ГН). Данная добавка позволяет повысить физико-механические свойства и долговечность цементогрунта. Для выявления особенностей влияния комплексной добавки на физико-механические свойства и долговечность материала, произведена оптимизация состава модифицированного цементогрунта с учетом области применения в конструкциях дорожных одежд.

Экспериментальная часть. В качестве исходных независимых переменных определены следующие факторы: содержание портландцемента ПЦ (8-12), кремнийорганического соединения ОТЭС (0,01-0,05), электролита ГН (0,05-0,25), в % от массы грунта.

Согласно проведенной на кафедре «Изыскания и проектирование автомобильных дорог» КГАСУ научно-технической работе «Разработка технологии устройства дорожных одежд с применением местных минеральных материалов для сельских автомобильных дорог в Республике Татарстан» (Государственный контракт № 247 от

09.12.2013 г.), при использовании для устройства цементогрунтового слоя наиболее распространенного и эффективного современного механизма – регенератора-смесителя (ресайклера, стабилизатора), технологический коэффициент прочности при укреплении легких суглинков принимается равным 0,85. При применении данного коэффициента минимальный предел прочности на сжатие должен составлять 4,71 МПа, предел прочности на растяжение при изгибе – 0,94 МПа.

Учитывая, что, как правило, свойства строительных изделий от технологических факторов описываются зависимостями не выше второго порядка, нами для проведения экспериментальных исследований был выбран план Бокса (В3) (табл. 1), который имеет хорошие характеристики [10]. В основе этого плана лежит полнофакторный эксперимент. В случае экспериментов с тремя факторами мы получаем план с 17 опытами: 8 опытов в вершинах куба (координаты вершин куба определяются наибольшими или наименьшими значениями факторов); 6 опытов в центрах граней куба; 3 опыта в центре куба.

Таблица 1

План экспериментов В3 и значения физико-механических свойств модифицированного цементогрунта

№ опыта	Содержание портландцемента, % от массы грунта		Содержание ОГЭС, % от массы грунта		Содержание ГН, % от массы грунта		Предел прочности на изгиб (экспер.) МПа	Предел прочности на сжатие (экспер.) МПа	Коэфф. морозостой. (экспер.)	Предел прочности на изгиб (расчет.) МПа	Предел прочности на сжатие (расчет.) МПа	Коэфф. морозостой. (расчет.)
	X_1	X_1`	X_2	X_2`	X_3	X_3`	$R_{изг}$	$R_{сж}$	$K_{мор}$	$R_{изг}$	$R_{сж}$	$K_{мор}$
1	12	+1	0,05	+1	0,25	+1	1,12	5,87	0,94	1,12	5,87	0,94
2	12	+1	0,05	+1	0,05	-1	1,06	5,46	0,92	1,06	5,46	0,92
3	12	+1	0,01	-1	0,25	+1	1,08	5,63	0,82	1,08	5,63	0,82
4	12	+1	0,01	-1	0,05	-1	1,02	5,23	0,80	1,02	5,23	0,80
5	8	-1	0,05	+1	0,25	+1	0,91	4,15	0,82	0,91	4,15	0,82
6	8	-1	0,05	+1	0,05	-1	0,84	3,74	0,81	0,85	3,74	0,81
7	8	-1	0,01	-1	0,25	+1	0,87	3,98	0,69	0,87	3,98	0,68
8	8	-1	0,01	-1	0,05	-1	0,81	3,58	0,67	0,81	3,58	0,67
9	12	+1	0,03	0	0,15	0	1,10	5,75	0,93	1,10	5,75	0,93
10	8	-1	0,03	0	0,15	0	0,89	4,06	0,80	0,89	4,06	0.80
11	10	0	0,05	+1	0,15	0	0,97	4,86	0,89	0,97	4,86	0,88
12	10	0	0,01	-1	0,15	0	0,93	4,66	0,73	0,93	4,66	0,74
13	10	0	0,03	0	0,25	+1	0,97	4,82	0,88	0,97	4,82	0,88
14	10	0	0,03	0	0,05	-1	0,91	4,41	0,86	0,91	4,41	0,86
15	10	0	0,03	0	0,15	0	0,96	4,79	0,87	0,96	4,79	0,87
16	10	0	0,03	0	0,15	0	0,98	4,83	0,90	0,96	4,79	0,87
17	10	0	0,03	0	0,15	0	0,94	4,75	0,84	0,96	4,79	0,87

Обработка результатов экспериментов, проведенных по плану В3 с помощью специальной программы, разработанной авторами, позволило построить зависимости (модели) для напряжения изгиба ($R_{изг}$), напряжения сжатия ($R_{сж}$), коэффициента морозостойкости ($K_{мор}$). Эти модели в кодированных переменных имеют следующий вид:

$$R_{изг} = 0{,}955 + 0{,}106 \cdot X'_1 + 0{,}019 \cdot X'_2 + 0{,}031 \cdot X'_3 + 0{,}037 \cdot X'^2_1 - 0{,}008 \cdot X'^2_2 - 0{,}018 \cdot X'^2_3 + 0{,}001 \cdot X'_1 \cdot X'_2 - 0{,}001 \cdot X'_1 \cdot X'_3 + 0{,}001 \cdot X'_2 \cdot X'_3, \quad (1)$$

$$R_{сж} = 4{,}789 + 0{,}843 \cdot X'_1 + 0{,}100 \cdot X'_2 + 0{,}203 \cdot X'_3 + 0{,}117 \cdot X'^2_1 - 0{,}028 \cdot X'^2_2 - 0{,}173 \cdot X'^2_3 + 0{,}017 \cdot X'_1 \cdot X'_2 + 0{,}002 \cdot X'_2 \cdot X'_3, \quad (2)$$

$$K_{мор} = 0{,}869 + 0{,}062 \cdot X'_1 + 0{,}067 \cdot X'_2 + 0{,}009 \cdot X'_3 - 0{,}004 \cdot X'^2_1 - 0{,}059 \cdot X'^2_2 + 0{,}001 \cdot X'^2_3 - 0{,}004 \cdot X'_1 \cdot X'_2 + 0{,}001 \cdot X'_1 \cdot X'_3 - 0{,}001 \cdot X'_2 \cdot X'_3. \quad (3)$$

Для получения достаточно надежных выводов об их качестве все построенные модели (1)-(3) были проверены на адекватность по критерию Фишера и критерию «средней относительной погрешности». Так для модели (1) (напряжение на изгиб) расчетное значение критерия Фишера составило $F_{рас} = 0,125$ в то время как критическое значение $F_{кр} = F(\alpha; f_1; f_2) = F(0,05; 5; 2) = 19,300$; здесь $\alpha = 0,05$ – уровень значимости, f_1, f_2 – числа степеней свободы, определяемые по формулам: $f_1 = n - t = 15 - 10 = 5$, где $n = 15$ – число опытов в плане, $t = 10$ – количество значимых коэффициентов в модели; $f_2 = m - 1 = 3 - 1 = 2$, где m – число дублирований опытов в центре плана. Поскольку $F_{рас} < F_{кр}$, для данной модели, то она является адекватной по критерию Фишера. Средняя относительная погрешность между экспериментальными и расчетными значениями полученными для модели (1) есть $A_{ср} = 0,70$ %, что меньше критического значения данного показателя, составляющего $A_{kp} = 8$ %, то есть и по данному критерию модель (1) является адекватной. Результаты проверки всех моделей на адекватность представлены в табл. 2.

Таблица 2

Расчетные значения критерия Фишера и средней относительной погрешности моделей

Название модели	Критерий Фишера $F_{рас}$	Средняя относительная погрешность $A_{ср}$, %
Напряжение на изгиб (1)	0,125	0,70
Напряжение на сжатие (2)	0,119	0,12
Коэффициент морозостойкости (3)	0,148	0,87

Как видно из данных табл. 2 модели (1)-(3) являются адекватными, поскольку расчетные значения критериев Фишера и средней относительной погрешности для них являются во много раз меньшими, чем их критические значения. Поэтому эти модели можно использовать при решении задач оптимизации по подбору значений технологических факторов: прочность на изгиб ($R_{изг}$), прочность на сжатие ($R_{сж}$), коэффициент морозостойкости ($K_{мор}$), обеспечивающих наилучшие характеристики модифицированного грунта [11].

Математическая формулировка этой задачи имеет вид:

$$R_{изг} \longrightarrow \blacktriangleright 0,94,\ R_{сж} \longrightarrow \blacktriangleright 4,71,\ K_{мор} \longrightarrow \blacktriangleright \max, \quad (4)$$

$$\text{при } 8 =< X_1 <= 12;\ 0,01 =< X_2 <= 0,05;\ 0,05 <= X_3 <= 0,25. \quad (5)$$

Прежде чем начать решать задачу оптимизации (4)-(5) переведем модели (1)-(3) из кодированных переменных в натуральные, путем подстановки в эти модели выражений кодированных переменных через натуральные:

$$X_i^{'} = \frac{2 \cdot (X_i - X_{icp})}{(X_{i\max} - X_{i\min})},\ i = \overline{1,3}. \quad (6)$$

После перевода этих моделей из кодированных переменных в натуральные, они приобретают вид:

$$R_{изг} = 1,21875 + 0,132 \cdot X_1 + 1,825 \cdot X_2 + 0,885 \cdot X_3 + 0,00925 \cdot X_1^2 - 20,00 \cdot X_2^2 - 1,800 \cdot X_3^2 - 0,025 \cdot X_1 \cdot X_2 - 0,005 \cdot X_1 \cdot X_3 + 0,500 \cdot X_2 \cdot X_3, \quad (7)$$

$$R_{сж} = 2,72425 - 0,17625 \cdot X_1 + 4,80 \cdot X_2 + 7,190 \cdot X_3 - 0,02925 \cdot X_1^2 - 70,0 \cdot X_2^2 - 17,30 \cdot X_3^2 + 0,425 \cdot X_1 \cdot X_2 + 1,0 \cdot X_2 \cdot X_3, \quad (8)$$

$$K_{мор} = 0,18975 + 0,05325 \cdot X_1 + 13,2750 \cdot X_2 + 0,0250 \cdot X_3 - 0,0010 \cdot X_1^2 - 147,5000 \cdot X_2^2 + 0,100 \cdot X_3^2 - 0,100 \cdot X_1 \cdot X_2 + 0,005 \cdot X_1 \cdot X_3 - 0,500 \cdot X_2 \cdot X_3. \quad (9)$$

Решим задачу (4)-(5) методом выделения главного критерия, потому что данный метод является наиболее употребительной в инженерной практике [12]. При использовании этого метода вместо задачи (4)-(5) придется решить три однокритериальные задачи оптимизации:

$$\text{А) } R_{сж} \longrightarrow \blacktriangleright 4,71 \quad (10)$$

$$\begin{gathered} \text{при } 8 =< X_1 <= 12; \\ 0,01 =< X_2 <= 0,05; \\ 0,05 <= X_3 <= 0,25; \\ R_{изг} >= 0,94; \\ K_{мор} >= 0,75. \end{gathered} \quad (11)$$

$$B)\ R_{изг} \longrightarrow 0{,}94 \quad (12)$$

при $8 =< X_1 <= 12$;

$0{,}01 =< X_2 <= 0{,}05$;

$$0{,}05 <= X_3 <= 0{,}25; \quad (13)$$

$$R_{сж} >= 4{,}71;$$

$$K_{мор} >= 0{,}75.$$

$$C)\ K_{мор} \longrightarrow 0{,}75 \quad (14)$$

при $8 =< X_1 <= 12$;

$0{,}01 =< X_2 <= 0{,}05$;

$$0{,}05 <= X_3 <= 0{,}25; \quad (15)$$

$$R_{сж} >= 4{,}71;$$

$$R_{изг} >= 0{,}94.$$

При этом следует иметь ввиду, что X_1, X_2, X_3 должны стремиться к своим минимальным значениям.

Решаем задачи (10)-(11), (12)-(13), (14)-(15), методом Ньютона в совокупности с методом штрафных функций [13]. В результате получаем следующее приближение множества Парето (множества не улучшаемых альтернатив):

$X_1 = 10{,}86;\ X_2 = 0{,}016;\ X_3 = 0{,}05;R_{сж} = 4{,}71;\ R_{изг} = 0{,}94;\ K_{мор} = 0{,}81;$

$X_1 = 9{,}49;\ X_2 = 0{,}05;\ X_3 = 0{,}21;R_{сж} = 4{,}71;\ R_{изг} = 0{,}95;\ K_{мор} = 0{,}87;$

$X_1 = 10;\ X_2 = 0{,}01;\ X_3 = 0{,}22;R_{сж} = 4{,}71;\ R_{изг} = 0{,}95;\ K_{мор} = 0{,}75;$

$X_1 = 10;\ X_2 = 0{,}03;\ X_3 = 0{,}10;R_{сж} = 4{,}75;\ R_{изг} = 0{,}96;\ K_{мор} = 0{,}86.$

Какую же из этих точек принять в качестве решения задачи (4)-(5) зависит от лица принимающего решения (ЛПР), который обладает более полной информацией. Такая ситуация является стандартной при решении задач многокритериальной оптимизации [12], когда в качестве решения получается не одна точка, а целое множество точек.

Как следует из уравнений регрессии, с увеличением расхода электролита наблюдается рост прочности. Увеличение расхода КОС приводит к повышению прочности и морозостойкости, а затем к их снижению. Понижение показателей прочности и морозостойкости при повышении дозировок, по-видимому, объясняется блокирующим действием кремнийорганического соединения на частицы цемента.

С новой комплексной добавкой получен цементогрунт с максимальной маркой по прочности М40 и морозостойкости F15. Согласно ГОСТ 23558, областью применения такого цементогрунта в конструкциях дорожных одежд является основание дорожных одежд облегченного и покрытие переходного типов.

Марка по прочности М40 с учетом технологического коэффициента прочности и максимальный коэффициент морозостойкости после 15 циклов замораживания-оттаивания достигнуты при оптимальном расходе цемента 10 %, дозировке ОТЭС – 0,03 %, ГН – 0,1 %: предел прочности при сжатии – 4,75 МПа, предел прочности на растяжение при изгибе – 0,96 МПа, коэффициент морозостойкости после 15 циклов замораживания-оттаивания – 0,86. При этом введение комплексной добавки в состав цементогрунта привело к повышению прочности на сжатие на 31,6 %, прочности на растяжении при изгибе на 35,2 %, морозостойкости на 62,3 %.

Заключение. Получены математические зависимости влияния расхода портландцемента, состава и дозировки комплексной добавки на основе кремнийорганического соединения и электролита на физико-механические свойства цементогрунта. Оптимизирован состав цементогрунта, модифицированного комплексной добавкой с учетом области применения в дорожной одежде и выявлена роль ее компонентов в повышении прочности и морозостойкости конструкционного материала. Оптимальный состав цементогрунта с комплексной добавкой следующий: грунт – 100 %, портландцемент – 10 %, октилтриэтоксисилан – 0,03 % (от массы грунта) и гидроксид натрия – 0,1 % (от массы грунта).

Список библиографических ссылок

1. Могилевич В.М. и др. Дорожные одежды из цементогрунта. – М.: Транспорт, 1972. – 214 с.

2. Марков Л.А. и др. Улучшение свойств грунтов поверхностно-активными и структурообразующими веществами. – М.: Автотрансиздат, 1963. – 176 с.
3. Карась Ю.В. Комплексное применение цемента и гидрофобизирующих веществ для укрепления грунтов: Автореферат дис. на соискание уч. степени канд. техн. наук. – М., 1967. – 33 с.
4. Соболевский М.В., Музовская О.А., Попелева Г.С. Свойства и области применения кремнийорганических продуктов. – М.: Химия, 1975. – 256 с.
5. Новосельнов А.А. Кремнийорганические гидрофобные покрытия на поверхности строительных материалов: Дисс. на соискание уч. степени канд. техн. наук. – М., 2002. – 231 с.
6. Мухаметрахимов Р.Х., Изотов В.С. Исследование влияния кремнийорганических соединений на свойства фиброцементных плит // Известия КГАСУ, 2011, № 4 (18). – С. 254-259.
7. Богданов Р.Р., Ибрагимов Р.А., Изотов В.С. Исследование влияние отечественных гидрофобизаторов на основные свойства цементного теста и раствора // Известия КГАСУ, 2013, № 4 (26). – С. 207-210.
8. Седнев В.А., Савченко Н.А. Кремнийорганические композиции для нанесения защитных гидрофобизирующих покрытий на строительные материалы // Физика и химия обработки материалов, 2011, № 6. – С. 76-81.
9. Батраков В.Г. Модифицированные бетоны. Теория и практика. 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высшая школа, 1998. – 768 с.
10. Вознесенский В.А., Ляшенко Т.В., Огарков Б.Л. Численные методы решения строительно-технологических задач на ЭВМ. – Киев: Высшая школа, 1987. – 328 с.
11. Ахмадиев Ф.Г., Гильфанов Р.М. Математическое моделирование и оптимизация «состав-свойство» многокомпонентных смесей // Известия КГАСУ, 2012, № 2 (20). – С. 289-297.
12. Герасимов Е.Н., Почтман Ю.М., Скалозуб В.В. Многокритериальная оптимизация конструкций. – Киев-Донецк: Вища школа, 1985. – 134 с.
13. Химмельблау Д. Прикладное нелинейное программирование. – М.: МИР, 1975. – 534 с.

Gilfanov R.M. – candidate of technical sciences, associate professor
E-mail: gilfanov.rash@yandex.ru
Vdovin E.A. – candidate of technical sciences, associate professor
E-mail: vdovin007@mail.ru
Mavliev L.F. – assistant
E-mail: lenarmavliev@yandex.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Optimization of composition of soil-cement with complex additive based on organosilicon compounds

Resume

To enable the application of soil in road structures one of the most effective methods is the strengthening of its cement. Improving the quality of the material is an urgent problem that cannot be solved, in full, without modification of the chemical additive, affecting the structure and properties of soil-cement. Studies have shown that the solution of this problem is possible through the use of additives organosilicon compounds, allowing obtaining hydrophobic materials and electrolytes that give soil-cement high strength properties. Based on the analysis of scientific works to increase strength and frost resistance of building materials and conducted experiments obtained the complex, consisting of organosilicon octyltriethoxysilane and the electrolyte is sodium hydroxide.

In the work the influence of the additive on the basis of octyltriethoxysilane and sodium hydroxide strength and frost resistance of soil-cement using mathematical modeling and the

application of the method of experiment planning. The dependences of the influence of consumption of Portland cement, composition and dosages complex additives on the mechanical properties of the material. The composition of the modified soil-cement with regard to applications in the road pavement and the role of the components of comprehensive additives to increase the strength and hardiness optimized.

Keywords: soil-cement, optimization of composition, physic-mechanical properties, the complex, octyltriethoxysilane, sodium hydroxide.

Reference list

1. Mogilevich V.M. and other. Road service from soil-cement. – M.: Transport, 1972. – 214 p.
2. Markov L.A. and other. Improved properties of soil surfactants and structure-forming substances. – M.: Autotransizdat, 1963. – 176 p.
3. Karas J.V. Complex application of cement and water-repellent substances for soil stabilization: abstract of thesis. for obtaining the academic degree of PhD. – M., 1967. – 33 p.
4. Sobolevskiy M.V., Muzovskaya O.A., Popelova G.S. Properties and applications of silicone products. – M.: Himiya, 1975. – 256 p.
5. Novoselnov A.A. Silicone hydrophobic coating on the surface of building materials: Diss. for obtaining the academic degree of PhD. – M., 2002. – 231 p.
6. Muhametrahimov R.H., Izotov V.S. investigation of the influence of organosilicon compounds on the properties of fiber-cement slabs // News of the KSUAE, 2011, № 4 (18). – P. 254-259.
7. Bogdanov R.R., Ibragimov R.A., Izotov V.C. The Study of the influence of domestic water-repellent agent on the basic properties of cement paste and mortar // News of the KSUAE, 2013, № 4 (26). – P. 207-210.
8. Sednev V.A., Savchenko N.A. Silicone composition for applying a protective water-repellent coatings for building materials // Physika i himiya obrabotki materialov, 2011, № 6. – P. 76-81.
9. Batrakov V.G. Modified concretes. Theory and practice. 2nd ed., Rev. and ext. – M.: Visshaya shkola, 1998. – 768 p.
10. Voznesenskiy V.A., Lyashenko T.V., Ogarkov B.L. Numerical solution methods of construction and technological tasks on the computer. – Kiev: Visshaya shkola, 1987. – 328 p.
11. Ahmad F.G., Gilfanov R.M. Mathematical modeling and optimization «composition-property» multicomponent mixtures // News of the KSUAE, 2012, № 2 (20). – P. 289-297.
12. Gerasimov E.N., Pochtman Y.M., Skalozub V.V. Multicriterion optimization of structures. – Kyiv-Donetsk: Vyscha SHKOLA, 1985. – 134 p.
13. Himmelblau D. Applied nonlinear programming. – M.: MIR, 1975. – 534 p.

УДК 539.3
Каюмов Р.А. – доктор физико-математических наук, профессор
E-mail: kayumov@mail.ru
Страхов Д.Е. – кандидат технических наук, доцент
E-mail: strahov@kgasu.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1

Модели поведения полимера с эффектом памяти формы

Аннотация

Существует обширный класс стальных материалов, у которых элементарный акт условно необратимой деформации осуществляется за счет обратимого мартенситного превращения, упругого двойникования и ряда других процессов, коренным образом изменяющих закономерности неупругого деформирования. На сегодня обнаружены не только сплавы, но и полимеры, обладающие эффектом памяти формы, однако, в них деформации памяти формы сопровождаются и деформациями ползучести. В отличие от случая сплавов с эффектом памяти формы определить все механические характеристики полимера непосредственно из каких-либо частных экспериментов достаточно трудная задача. Поэтому для отыскания функций, входящих в определяющие соотношения нужно применять методы идентификации.

В работе рассмотрена задача поведения полимера, обладающего эффектом памяти формы и наследственной упругостью. Методика, алгоритм для наследственной упругости и теории материалов с памятью формы были протестированы на задаче о растяжении бруса. При определении напряженно-деформированного состояния использовался метод конечных элементов с восьмиузловым изопараметрическим пространственным конечным элементом. Для решения задачи Коши применялся метод Эйлера. Выполнено сравнение различных вариантов определяющих соотношений для материала с эффектом памяти формы.

Ключевые слова: композитные материалы, полимеры, эффект памяти формы, наследственная упругость.

Исследованиями последних десятилетий установлено, что существует обширный класс материалов (например, никелид титана), у которых элементарный акт условно необратимой деформации осуществляется за счет обратимого мартенситного превращения, упругого двойникования и ряда других процессов, коренным образом изменяющих закономерности неупругого деформирования [1]. На сегодня обнаружены не только сплавы, но и полимеры, обладающие эффектом памяти формы [2, 3], однако, в них деформации памяти формы сопровождаются и деформациями ползучести [4]. На сегодня они используются для соединения труб с помощью муфт, изготовленных из этих материалов [5]. При этом технологам важно знать силу обжатия трубы после осадки муфты. Отметим, что в отличие от случая сплавов с эффектом памяти формы определить все механические характеристики полимера непосредственно из каких-либо частных экспериментов достаточно трудная задача. Поэтому для отыскания функций, входящих в определяющие соотношения нужно применять методы идентификации (см. обзор, например, в [6]). При этом необходимо иметь модели деформирования материала и численные методики расчета НДС конструкций или образцов из этого материала.

В данной работе модель поведения материала с памятью формы использована применительно к полимерам, обладающим наследственной упругостью. Здесь и далее используется векторно-матричные обозначения. В частности, $\{\varepsilon\}=\{\varepsilon_{11},\varepsilon_{22},\varepsilon_{33},\varepsilon_{12},\varepsilon_{23},\varepsilon_{13}\}'$, $\{\sigma\}=\{\sigma_{11},\sigma_{22},\sigma_{33},\sigma_{12},\sigma_{23},\sigma_{13}\}'$ – векторы, образованные из компонент тензоров деформаций и напряжений, индекс «'» означает операцию транспонирования. Согласно [1] полная деформация складывается из упругой деформации $\{\varepsilon^{e}\}$, деформации наследственной упругости $\{\varepsilon^{ec}\}$ и деформации памяти формы $\{\varepsilon^{ph}\}$.

Ввиду того, что упругая часть деформации в рассматриваемых процессах мала, то будем закон упругости считать линейным:

$$\{\sigma\} = [D]\{\varepsilon^e\}. \quad (1)$$

Будем считать, что зависимость матрицы упругих характеристик [D] является монотонно убывающей при повышении температуры и аппроксимировать эту зависимость соотношением:

$$[D] = [D]_M + ([D]_A - [D]_M)\ (2^{-e_0^{(T-T_N)/T_M}}) \quad (2)$$

где $[D]_M$ – матрица упругих характеристик в холодном состоянии, $[D]_A$ – в высокоэластическом состоянии, T – текущая температура, T_N – начальная температура, e_0 и T_M – константы материала.

Для большинства полимерных материалов характерна наследственная упругость. Принцип наследственности состоит в том, что реакция рассматриваемого тела или системы определяется не только значением воздействия в данный момент времени t, но и всей историей изменения параметров процесса. В данной работе деформация наследственной упругости $\{\varepsilon^{ec}\}$ в зависимости от времени описывалась соотношением:

$$\{\varepsilon^{ec}\} = \int_0^t H[(t-\tau),\{\sigma(\tau)\}]\{\sigma(\tau)\}d\tau \quad (3)$$

Здесь $[H]$ – ядро ползучести, для которого примем следующее соотношение:

$$H = H_0 C(T)/(t-\tau)^{\alpha},\ [H_0] = \begin{bmatrix} 1 & -0.5 & -0.5 & 0 & 0 & 0 \\ -0.5 & 1 & -0.5 & 0 & 0 & 0 \\ -0.5 & -0.5 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 3 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 3 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 3 \end{bmatrix}.$$

В расчетах применялась гипотеза о том, что C зависит только от температуры T, причем, в численных расчетах использовалась следующая аппроксимация:

$$C = C_0 / (2^{1-e_0^{(T-T_N)/T_M}}). \quad (4)$$

Эта зависимость предполагает увеличение C при повышении температуры T.

Следуя общепринятому подходу [7], введем параметр q – параметр процесса конформаций [4]. Дифференциальное уравнение, описывающее изменение q примем в виде, аналогичном для обычных сплавов с памятью формы [7], а именно:

$$dq/dT = \begin{bmatrix} -(1-q)/(T-M_2)\ при \dot{T} < 0, M_2 < T < M_1 \\ -q/(A_2-T)\ при \dot{T} > 0, A_1 < T < A_2 \end{bmatrix}, \quad (5)$$

где T – температура; M_1, M_2 – температура начала и окончания прямого процесса конформаций при охлаждении полимера под напряжением, A_1, A_2 – температура начала и окончания обратного превращения. В остальных случаях q = const.

Деформации памяти формы, вообще говоря, должны зависеть от всех параметров процесса. Однако, следуя работам [4, 7], во-первых, принимаем гипотезу о том, что ее скорость зависит только от напряжений, самой деформации памяти формы и параметра q, зависящего в свою очередь от температуры T:

$$d\{\varepsilon^{ph}\}/dq = F(\{\sigma\},\{\varepsilon^{ph}\},q). \quad (6)$$

Во-вторых, предполагаем, что функция F представима в виде:

$$d\{\varepsilon^{ph}\}/dq = F_1(q)F_2(\{\sigma\},\{\varepsilon^{ph}\}). \quad (7)$$

Функцию F_2 разложим в ряд Маклорена, а F_1 аппроксимируем степенной функцией:

$$d\{\varepsilon^{ph}\}/dq = (1+a_1q+a_2q^2+...)^n(b+c\{\sigma\}+a\{\varepsilon^{ph}\}+h\{\sigma\}^T\{\sigma\}+g\{\varepsilon^{ph}\}^T\{\varepsilon^{ph}\}+...). \quad (8)$$

Путем выбора в (8) констант можно получить различные модели материала с памятью формы. В частности, если в выражениях в круглых скобках ограничиться линейными слагаемыми, то получим модель, изложенную в [7], [8]. Ниже для выражений в круглых скобках в соотношениях (8) также ограничимся линейными функциями.

Для процесса охлаждения рассматривались 2 варианта разложения функции F_2. Если принять $b=0$, то в этом случае получается вариант определяющих соотношений, приведенный в [7]:

$$F_2(\{\sigma\},\{\varepsilon^{ph}\}) = c\{\sigma\} + a\{\varepsilon^{ph}\}. \quad (9)$$

Принимая b=a=0, получим соотношения, использованные в [8]:

$$F_2(\{\sigma\},\{\varepsilon^{ph}\}) = c\{\sigma\}. \quad (10)$$

При нагреве в сплавах скорость изменения деформаций памяти формы мало зависит от приложенных напряжений [5]. Принимая эту же гипотезу, рассмотрим следующие варианты разложения функции $F_2(\{\sigma\},\{\varepsilon^{ph}\})$.

$$F_2(\{\sigma\},\{\varepsilon^{ph}\}) = b + a\{\varepsilon^{ph}\}, \quad (11)$$

$$F_2(\{\sigma\},\{\varepsilon^{ph}\}) = b, \quad (12)$$

$$F_2(\{\sigma\},\{\varepsilon^{ph}\}) = a\{\varepsilon^{ph}\}. \quad (13)$$

Для выбора коэффициентов a, b можно использовать различные соображения. В [7] для определения коэффициентов выражения (11) используется условие параллельности графиков зависимости деформаций памяти формы от температуры для прямого и обратного превращения. Для обратного превращения ниже рассматривался также вариант, использованный в [8], в котором скорость изменения деформаций памяти формы не зависела от параметра q:

$$F_1(q) = 1; F_2(\{\sigma\},\{\varepsilon^{ph}\}) = b. \quad (14)$$

Методика, алгоритм для наследственной упругости и теории материалов с памятью формы в виде [7] были протестированы на задаче о растяжении бруса. При определении НДС использовался МКЭ с восьмиузловым изопараметрическим пространственным конечным элементом. Для решения задачи Коши применялся метод Эйлера. В начальный момент времени считаем, что напряжения и деформации равняются нулю. Далее задаем приращение нагрузки ΔP по некоторому заданному закону. С помощью МКЭ находим приращение перемещений Δu, далее находим приращение полных деформаций $\Delta\{\varepsilon\} = \Delta\{\varepsilon^e\} + \Delta\{\varepsilon^{ec}\} + \Delta\{\varepsilon^{ph}\}$ (на первом шаге $\Delta\{\varepsilon^{ec}\} = \Delta\{\varepsilon^{ph}\} = 0$). Далее умножая упругие деформации $\Delta\{\varepsilon^e\} = \Delta\{\varepsilon\} - \Delta\{\varepsilon^{ec}\} - \Delta\{\varepsilon^{ph}\}$ на матрицу упругих характеристик $[D]$ находим приращение напряжений $\Delta\{\sigma\}$. По $\Delta\{\sigma\}$ на основе уравнений (3), (6) находим $\Delta\{\varepsilon^{ec}\}$ и $\Delta\{\varepsilon^{ph}\}$. Затем делаем следующий шаг.

При решении задачи по модели наследственно-упругого тела хранение всей истории изменения напряжений достаточно сложная задача. Поэтому в (3) выполнялась аппроксимация закона изменения напряжений во времени с помощью ломаных линий, поскольку это позволяет аналитически вычислить интеграл в (3). Количество ломаных варьировалось. Анализ результатов тестовых задач показал, что при количестве шагов по времен $n \geq 150$ при использовании 4 ломаных отклонение от точных решений составляет не более 5 %.

При тестировании алгоритма решения задачи о деформировании материалов с памятью формы считалось, что ползучесть отсутствует, приложены постоянные напряжения. В этом случае при применении [7] задача имеет аналитическое решение. Значения деформаций памяти формы сравнивались в конце прямого мартенситного превращения, а так же в конце обратного превращения. Анализ результатов показал, что при количестве шагов по времени $n \geq 200$ отклонение составляет не более 3 %.

Различные варианты определяющих соотношений (8) сравнивались на задаче о растяжения бруса. При этом считалось, что деформации наследственной упругости отсутствуют.

На рис. представлены зависимости деформаций памяти формы от времени для разных случаев определяющих соотношений. На рис. а для процесса охлаждения использовано соотношение (9), а на рис. б соотношение (10). Для обратного превращения использованы соотношения (11)-(14).

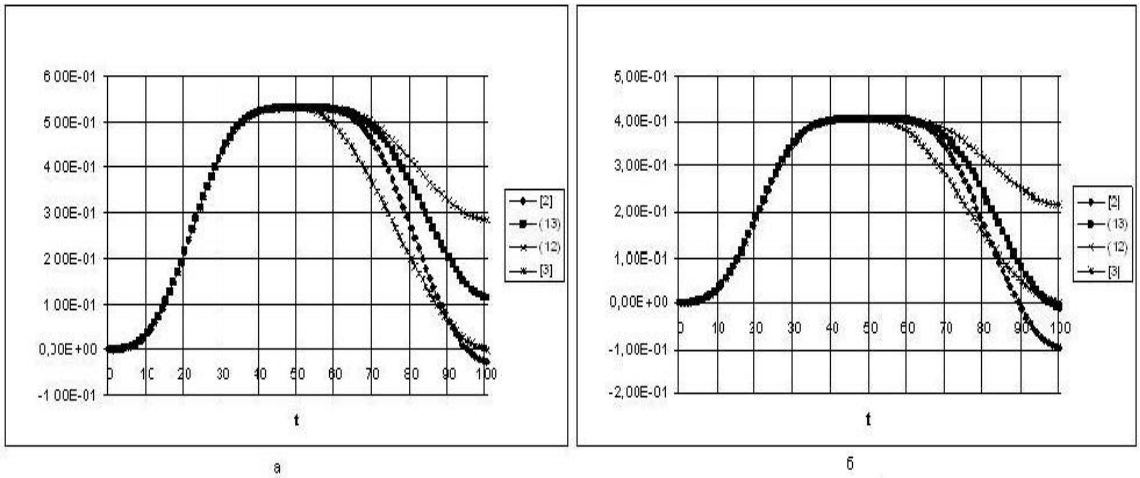


Рис. Деформации памяти формы

Как видно из рис., соотношение (12) дает нелогичное и сильно отличающееся от других значение $\{\varepsilon^{ph}\}$, а соотношение (3) лучше других отвечает механическим представлениям о деформации таких материалов.

В заключение отметим, что для отыскания функций $D(T), C(T), \alpha(T), F_1, F_2$ нужно применять методы идентификации с использованием различных моделей (8) деформирования полимерного материала, обладающего эффектом памяти формы из условия наилучшего согласования с экспериментом.

Список библиографических ссылок

1. Лихачев В.А, Кузьмин С.Л., Каменцева З.П. Эффект памяти формы. – Л.: Изд-во ЛГУ, 1987. – 218 с.
2. Белошенко В.А., Варюхин В.Н., Возняк Ю.В. Эффект памяти формы в полимерах // Успехи химии, т. 74, 2005, № 3. – С. 285-306.
3. Строганов В.Ф., Страхов Д.Е., Строганов И.В., Алексеев К.П., Белошенко В.А. Термоусаживающиеся реактопласты на основе эпоксикаучуковых олигомеров // Тез. докл. Восьмой межд. конф. по хим. и физикохим. олигомеров. «Олигомеры-2002». – М. – Черноголовка, 2002. – С. 276.
4. Белошенко В.А., Варюхин В.Н. Эффект памяти формы в полимерах и его применение. – Киев: Наукова думка, 2005. – 189 с.
5. Алексеев К.П., Строганов В.Ф., Страхов Д.Е., Строганов И.В. Экспериментальное исследование механических характеристик муфто-клеевых соединений трубопроводов с термоусаживающимися муфтами из термореактивных материалов // Тез. докл. Двадцатой межд. конф. по теории оболочек и пластин. – Нижний Новгород, 2002. – С. 138-141.
6. Каюмов Р.А., Нежданов Р.О., Тазюков Б.Ф. Определение характеристик волокнистых композитных материалов методами идентификации. – Казань: Изд-во КГУ, 2005. – 258 с.
7. Мовчан А.А. Микромеханический подход к описанию деформации мартенситных превращений в сплавах с памятью формы // Изв. РАН. Механика твердого тела, 1995, № 1. – С. 197-205.
8. Irie M. Shape memory polymers / Eds. K. Otsuka, C.M. Wayman // Shape Memory Materials. – Cambridge: Cambridge University Press, 1998. – P. 203-219.

Kayumov R.A. – doctor of physical and mathematical sciences, professor
E-mail: kayumov@mail.ru
Strakhov D.E. – doctor of technical sciences, associate professor
E-mail: strahov@kgasu.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Model behavior of polymer shape memory

Resume

There is a large class of steel materials in which the elementary act of conditional permanent deformation is carried out by a reversible martensitic transformation, elastic twinning and a number of other processes, radically changing patterns of inelastic deformation. At present, alloys are found not only, but also polymers having a shape memory effect, however, they are accompanied by deformation of the shape memory and creep deformation. Unlike the case of alloys with shape memory effect to determine all of the mechanical properties of the polymer directly from any private experiments quite a difficult task. Therefore, in order to find the functions in the constitutive relations need to apply the methods of identification.

In this paper we consider the problem of behavior of polymer having a shape memory effect and hereditary elasticity. The technique of genetic algorithm for elastic and shape memory materials has been tested for the problem of the tension rod. In determining the stress-strain state of the finite element method was used with an eight isoparametric finite element space. For solutions of the Cauchy problem using the method of Euler. The comparison of the various options of defining relations for a material with shape memory effect.

Keywords: composite materials, polymers, shape memory effect, hereditary elasticity.

Reference list

1. Likhachev V.A., Kuzmin S.L., Kamentseva Z.P. The shape memory effect. – L.: Leningrad State University, 1987. – 218 p.
2. Beloshenko V.A., Varyukhin V.N., Wozniak Y. The shape memory effect in polymers // Successes Chemistry, vol. 74, 2005, № 3. – P. 285-306.
3. Stroganov V.F., Strakhov D.E., Stroganov I.V., Alekseev K.P., Beloshenko V.A. Thermoshrinkable thermosets based on epoksic rubber oligomers // Proc. Conf. Eighth Intl. conf. by chem. and fizikohim. oligomers. «Oligomers-2002». – M. – Chernogolovka, 2002. – P. 276.
4. Beloshenko V.A., Varyukhin V.N. The shape memory effect in polymers and its application. – Kiev: Naukova Dumka, 2005. – 189 p.
5. Alekseev K.P., Stroganov V.F., Strahov D.E., Stroganov I.V. Experimental study of mechanical properties of adhesive joints couplings pipelines with heat-shrinkable sleeve of thermosets // Proc. Conf. Twentieth Intl. conf. on the theory of shells and plates. – Nizhny Novgorod, 2002. – P. 138-141.
6. Kaumov R.A., Nezhdanoff R.O., Tazyukov B.F. Characterization of fibrous composite material identification methods. – Kazan: KSU, 2005. – 258 p.
7. Movchan A.A. Micromechanical approach to the description of the deformation of martensitic transformations in shape memory alloys // Izv. RAN. Mekhanika tverdogo tela, 1995, № 1. – P. 197-205.
8. Irie M. Shape memory polymers / Eds. K. Otsuka, C.M. Wayman // Shape Memory Materials. – Cambridge: Cambridge University Press, 1998. – P. 203-219.

УДК 691.44
Мавлюбердинов А.Р. – кандидат технических наук, доцент
E-mail: mazatr73@mail.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

К вопросу изучения теплопроводности керамических пористо-пустотелых материалов

Аннотация

Целью работы является изучение механизмов снижения средней плотности керамического черепка при введении в состав сырьевой шихты выгорающих добавок органического происхождения и как следствие улучшения его теплофизических характеристик.

В данной работе рассматриваются вопросы получения керамического пустотело-пористого кирпича из местного глинистого сырья, выгорающих добавок органического происхождения и отходов промышленности. Рассмотрено изменение теплопроводности в зависимости от количества вводимых выгорающих добавок в составы сырьевых смесей.

Результатом работы является получение керамического кирпича с улучшенными теплофизическими характеристиками.

Ключевые слова: керамические изделия, кирпич, подмыльный щелок, теплопроводность, средняя плотность.

В настоящее время в связи с повышающимися требованиями к теплоизоляции ограждающих конструкций зданий необходим перевод промышленности керамических строительных материалов на выпуск стеновых эффективных пористо-пустотелых материалов и изделий [1].

Ряд научных исследований и производственный опыт показывает эффективность введения для получения пористого кирпича различных выгорающих добавок, таких как угольная мелочь, лигнин, древесные опилки и волокна, отходы переработки продуктов растительного происхождения [2-6].

Для снижения средней плотности керамического черепка предлагается вводить в состав сырьевой шихты предлагается вводить наряду с древесными опилками солому, торф, листву деревьев, хвойные иглы, шелуху гречихи, лузгу от семян подсолнечника, древесную пыль и др. Выгорая, эти добавки оставляют в толще материала сеть незамкнутых пор с неровной поверхностью.

С целью снижения средней плотности черепка до 1300 кг/м^3 и теплопроводности до 0,35 Вт/м*^{0}С в составы сырьевых шихт на основе малопластичного глинистого сырья (с числом пластичности – 7) вводить в количестве до 50 % в составы сырьевой шихты смесь выгорающих добавок из опилок лиственных пород деревьев и активного ила. При этом использование ила в качестве выгорающей добавки, пластификатора и ПАВ позволили повысить прочность товарной продукции с 7,5 до 20,0 МПа.

Основным фактором, определяющим теплопроводность материала является его пористость. Теплопроводность пористых материалов зависит от объема пор, их вида и характеристик пористой структуры. Теплопроводность материалов изменяется

Наиболее полное представление о зависимости коэффициента теплопроводности от степени пористости материала дал Георгиевский Н.Н. [7]. Некрасовым В.П., Кауфманом Б.П., Власовым О.Е. предложены эмпирические зависимости для определения теплопроводности неорганических материалов [8].

Целью исследований является получение пористо-пустотелого кирпича на основе местного глинистого сырья со средней плотностью менее 1000 кг/м^3 и улучшение его физико-механических и теплотехнических характеристик.

В исследованиях было использовано средне- и умереннопластичное, низкодисперсное, легкоплавкое глинистое сырье Приказанской зоны РТ. Для уменьшения средней плотности и регулирования пористости черепка в состав шихты вводили добавки в виде шелухи гречихи; древесной пыли; опилок, а для регулирования прочности черепка – подмыльный щелок.

Шелуха гречихи является вторичным продуктом сельхозперерабатывающей промышленности РТ, а опилки и древесная пыль побочными продуктами предприятий деревообрабатывающей индустрии РТ.

Для исследований возможности максимального снижения средней плотности черепка за счет введения вышеуказанных органических порообразующих добавок изготавливались контрольные образцы в виде кубиков размером 50х50х50 мм, которые готовились по следующей технологии.

Глину предварительно подсушивали и размалывали на лабораторных бегунах. Компоненты сырьевых шихт дозировались, увлажнялись до формовочной влажности, вылеживались в течении 48 часов для равномерного увлажнения. Затем формовались образцы, которые высушивались и обжигались в лабораторной электропечи.

Определение основных физико-механических характеристик обожженных образцов осуществлялось согласно требованиям нормативных документов.

По результатам испытаний контрольных образцов были построены зависимости прочности и плотности от количества вводимых органических порообразующих добавок и выявлены их оптимальные дозировки. Нами определено, что прочность изделий в 7,5 МПа достигается при введении в состав шихты шелухи гречихи в количестве 20, или опилок – 15, или древесной пыли – 10 % от расхода глины, но при этом средняя плотность кирпича по сравнению с нулевым составом (без добавок) снижается с 1900-1700 кг/м^3. Если в качестве аналога брать «Унипор», «Термопор», «Поротон» у которых минимальная прочность в 4 МПа при плотности 800 кг/м^3, то она достигается при введении в состав шихты шелухи гречихи в количестве 40, или опилок – 32, или древесной пыли – 20 %. При этом плотность принимает значения 1150, 1230, 1000 кг/м^3 соответственно.

Дальнейшее снижение средней плотности до значений менее 1000 кг/м^3 достигается созданием пустотности свыше 36 %, согласно ГОСТ 530-2012.

Известно, что с увеличением количества органических добавок, вводимых в шихту уменьшается средняя плотность изделий, а следовательно улучшаются теплофизические свойства, но к сожалению снижается прочность. Поэтому в целях улучшения физико-механических характеристик керамического черепка рекомендуется вводить в составы шихт флюсующие компоненты, такие как техническая сода, подмыльный щелок, отходы травления алюминия, отходы гальванического производства, осадки сточных вод, шлам от процесса дубления кожи и т.д.

Нами проведены исследования повышения прочности пористого черепка, путем введения подмыльного щелока.

Подмыльный щелок, являющийся побочным продуктом промышленности, плотностью 1,05-1,2 гр/см^2, представленный следующими компонентами, мас. %: хлорид натрия – 15, свободная едкая щелочь – 1,2, свободная углекислая сода – 1,5, жирные кислоты – не более 1, вода – остальное.

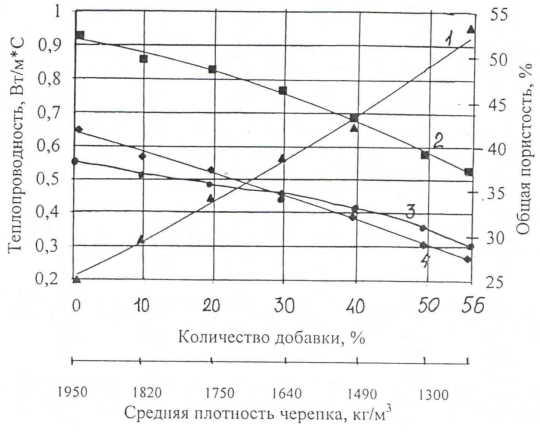
Подмыльный щелок добавлялся в составы шихт в количестве от 0 до 3 % от массы глины с шагом 0,5. Контрольные образцы обжигались при температурах 900, 950, 1000, 1050 °С.

Введение подмыльного щелока позволило компенсировать потерю прочности керамического черепка.

В наших исследованиях по эмпирическим зависимостям В.П. Некрасова, Б.Н. Кауфмана, О.Е. Власова определялась теплопроводность и построены зависимости влияния средней плотности черепка и количества выгорающих добавок на теплопроводность и общую пористость керамического черепка. На рис. представлены эмпирические зависимости теплофизических характеристик изделий, изготовленных на основе среднепластичной глины.

а)

б)



в)

Рис. Влияние количества шелухи гречихи (а), древесной пыли (б) и древесных опилок (в) на теплопроводность, общую пористость и среднюю плотность пористого черепка, изготовленного на основе среднепластичной Сарай-Чекурчинской глины: 1 – общая пористость; 2,3,4 – теплопроводности рассчитанные по формулам Некрасова В.П., Кауфмана Б.Н. и Власова О.Е. соответственно

Из представленных зависимостей видно, что с повышением в составы сырьевых шихт количества шелухи гречихи в количестве от 0 до 56 %, и соответствующего уменьшения при этом средней плотности черепка с 1950 до 1200 кг/м^3, теплопроводность, определенная по формуле В.П. Некрасова снижается с 0,93 до 0,53; по формуле Б.Н. Кауфмана – с 0,65 до 0,27, а по формуле О.Е. Власова – с 0,58 до 0,31 ВТ/м*^{0}С.

Увеличение вводимых в составы сырьевых смесей древесных опилок в количестве от 0 до 50 % снижает среднюю плотность черепка с 1950 до 1180 кг/м^3. При этом теплопроводность, определенная по формуле В.П. Некрасова снижается с 0,93 до 0,53; по формуле Б.Н.Кауфмана – с 0,65 до 0,27, а по формуле О.Е. Власова – с 0,58 до 0,31 ВТ/м*С.

С увеличением в составах сырьевых смесей древесной пыли от 0 до 40 % снижает среднюю плотность черепка с 1950 до 1160 кг/м^3. При этом теплопроводность, определенная по формуле Некрасова В.П. снижается с 0,93 до 0,51; по формуле Кауфмана Б.Н. – с 0,65 до 0,26, а по формуле Власова О.Е – с 0,58 до 0,29 ВТ/м*^{0}С.

Результаты расчетов теплопроводности при введении в составы сырьевых смесей шелухи гречихи (Ш.Г.), древесных опилок (Д.О.), древесной пыли (Д.П.) по эмпирическим формулам керамических изделий на основе умереннопластичной и малопластичной глин приведены в таблице.

Таблица

№ п/п	Состав шихты, %				Средняя плотность черепка, кг/м^3	Общая пористость, %	Теплопроводность, рассчитанная по формулам:		
	Глина	Ш.Г.	Д.О.	Д.П.			Некрасова В.П.	Кауфмана Б.Н.	Власова О.Е.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Умереннопластичная (Шеланговская) глина									
1	100	-	-	-	1920	26,2	0,92	0,63	0,57
2	90	10	-	-	1820	30	0,86	0,57	0,53
3	80	20	-	-	1700	34,6	0,79	0,49	0,48
4	70	30	-	-	1570	40,4	0,73	0,43	0,44
5	60	40	-	-	1450	44,2	0,66	0,37	0,40
6	54	43	-	-	1430	46,1	0,65	0,36	0,39
7	90	-	10	-	1770	31,9	0,84	0,54	0,51
8	80	-	20	-	1600	38,4	0,74	0,44	0,45
9	70	-	30	-	1460	43,8	0,67	0,38	0,40
10	66	-	34	-	1400	46,6	0,64	0,35	0,38
11	90	-	-	10	1700	34,6	0,79	0,49	0,48
12	80	-	-	20	1480	41,9	0,68	0,39	0,41
13	75	-	-	25	1370	44,2	0,62	0,34	0,37
Малопластичная (Кощаковская) глина									
14	100	-	-	-	1800	35,7	0,85	0,56	0,52
15	90	10	-	-	1690	40,7	0,79	0,49	0,48
16	80	20	-	-	1590	42,4	0,74	0,44	0,44
17	78	22	-	-	1530	47,1	0,71	0,41	0,42
18	90	-	10	-	1580	43,6	0,73	0,43	0,44
19	82	-	18	-	1500	48,2	0,69	0,39	0,41
20	90	-	-	10	1460	49,3	0,67	0,38	0,40
21	78		-	12	1440	50,5	0,66	0,37	0,39

Анализ представленных в таблице данных показал, что с ведением в это же глинистое сырье древесных опилок в количестве до 34 % снижается средняя плотность на 27,1 %, теплопроводность на 33,3 % и повышается общая пористость на 43,8 %, а с введением древесной пыли – до 25 % снижается теплопроводность пористого черепка на 35,1 %. Введение в малопластичную глину тех же добавок в оптимальных количествах позволяет снизить теплопроводность на 19,2; 21,6 и 25,0 % соответственно.

Таким образом расчетная минимальная теплопроводность пористого черепка, полученного путем введения в обычные средне-, умеренно- и малопластичные глины большого объема выгорающих добавок равна 0,27 Вт/м*С.

Список библиографических ссылок

1. Мавлюбердинов А.Р. Автореф. дисс. канд. техн. наук, КГАСА. – Казань, 2001. – 19 с.
2. Способ производства керамического кирпича: пат. РФ № 2089526 С04В 33/02; опубл. 10.09.97, Бюл. № 25. – 6 с.

3. Способ приготовления шихты для изготовления керамики: Авт. свид. СССР № 761441 C04B 33/02; опубл. 04.09.80. Бюл. № 13. – 2 с.
4. Керамическая масса для изготовления строительных изделий: Авт. свид. СССР № 658111; опубл. 25.04.79. Бюл. № 15. – 4 с.
5. Пористый глиняный кирпич: Заявка ФРГ 3518318, C04B 38/06; опубл. 27.11.86. Бюл. № 27. – 9 с.
6. Способ изготовления дырчато-пустотелого кирпича: Авт. свид. СССР № 1738793 C04B 33/02; опубл 07.06.92. Бюл. № 21. – 4 с.
7. Георгиевский Н.Н. Журнал русского физ.-хим. общества, 1903, вып. 8. – 35 с.
8. Комохов П.Г., Грызлов В.С. Структурная механика и теплофизика легкого бетона. Вологодский научный центр, 1992. – С. 121-137.

Mavliuberdinov A.R. – candidate of technical sciences, associate professor
E-mail: mazatr73@mail.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

On the question of studying the thermal conductivity of ceramic hollow-porous materials

Resume

At the present stage of construction materials is urgent issue of effective hollow-porous ceramic materials. Using wall ceramic materials can improve the effective thermal properties of wall fences.

The aim is to study the mechanisms of reduction of the average density of the ceramic shard with the introduction of the raw batch burnout agents of organic origin, such as buckwheat hulls, sawdust, and wood dust.

With increasing amount of organic additives injected into the charge are reduced average density products and, hence improved thermal properties, but unfortunately reduces strength. Therefore, in order to improve the physical and mechanical characteristics of the ceramic crock should enter in the raw mixtures fluxing components. Introduction sub soap liquor helped to compensate for the loss of strength of the ceramic crock

The thermal conductivity of ceramic products was calculated from the empirical relationships Nekrasov V.P., Kaufmann B.N., Vlasov O.B. thermal conductivity was calculated and plotted curves of the effect of the average density and the number of crock burnout agents in the form of buckwheat hulls, wood chips and wood dust on the thermal conductivity and total porosity ceramic crock.

The result of the research is to obtain a ceramic brick with improved thermal characteristics.

Keywords: pottery, brick, sub soap lye, heat conductivity, average density.

Reference list

1. 1 Mavlyuberdinov A.R.. Author. diss. Candidate. tehn. Sciences, KSABA. – Kazan, 2001. – 19 p.
2. The method of manufacturing a ceramic brick: stalemate. Ros.Federatsiya number 2089526 C04B 33/02; publ. 09.10.97, Bull. № 25. – 6 p.
3. Method of preparation of the charge for the manufacture of ceramics: Avt. svid. USSR № 761441 C04B 33/02; publ. 9.4.80. Bull. № 13. – 2 p.
4. Ceramic weight for the manufacture of construction products: Avt.svid. USSR number 658111; publ. 04/25/79. Bull. № 15. – 4 p.
5. Porous clay brick: DE-3518318, C04B 38/06; publ. 27.11.86. Bull. № 27. – 9 p.
6. A method of manufacturing a holey-brick: Avt.svid. USSR № 1738793 C04B 33/02; published on 07/06/92. Bull. № 21. – 4 p.
7. Georgievskii N.N. Journal of Russian Physicochemical. Society, 1903, Vol 8. – 35 p.
8. Komohov P.G., Gryzlov V.S. Structural mechanics and thermal physics of light concrete. Vologda Research Center, 1992. – P. 121-137.

УДК 691.542
Макаренко С.В. – кандидат технических наук, доцент
E-mail: makarenko_83_07@mail.ru
Национальный исследовательский Иркутский государственный технический университет
Адрес организации: 664074, Россия, г. Иркутск, ул. Лермонтова, д. 83
Баишев Д.И. – студент
E-mail: danielbaishev@gmail.com
Хохряков О.В. – кандидат технических наук, доцент
E-mail: olvik@list.ru
Хозин В.Г. – доктор технических наук, профессор
E-mail: khozin@kgasu.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1

Влияние зол-уноса и золошлаковых смесей ТЭС ОАО «Иркутскэнерго» на свойства цемента

Аннотация
В статье приведены результаты исследования основных физико-технических параметров зольных отходов ТЭС «Иркутскэнерго», их химический состав, а также их влияние на основные характеристики цементного камня при замещении части вяжущего вещества на молотую золу. Установлено, что большинство зол в количествах до 30 % способствуют росту прочности цементного камня при пропаривании. Для большинства зол отмечена значительная способность к измельчению без наличия добавок-интенсификаторов помола.
Ключевые слова: портландцемент, зола, тонкость помола, нормальная густота, прочность при сжатии.

В развитых странах производство строительных материалов на основе цементного клинкера ориентировано на увеличение в составе вяжущего доли вторичного минерального сырья [1, 2, 3]. Подобные направления в широком масштабе были реализованы в СССР – производились малоклинкерные вяжущие, содержащие значительную часть отходов металлургической промышленности – доменных гранулированных шлаков, глинозёмистых отвальных зол; была создана нормативная база для их производства и применения в бетонах.

В настоящее время, в частности, эта тенденция также просматривается применительно к таким крупнотоннажным отходам как золы-уноса и золошлаковые смеси (ЗШС), образующиеся при сжигании твердого топлива в котлах ТЭС. Необходимость их использования обосновывается возрастающей опасностью нарушения экологической обстановки вблизи этих производств, а также проблемой утилизации зол. Особенно это актуально для России, где большая часть электроэнергии вырабатывается тепловыми электростанциями, сжигающими твёрдое топливо с образованием колоссального количества различных зольных отходов.

Очевидно, что цемент и бетон на его основе как наиболее емкие строительные материалы способны «поглотить» значительную долю зол-уноса и ЗШС [4, 5] и, следовательно, сберечь мировые энергоресурсы, потребляемая доля которых цементной промышленностью составляет сегодня около 5 % [6]. С другой стороны, эти отходы могут стать ценным компонентом бетонных смесей, существенно улучшающим технологические и эксплуатационно-технические показатели последних.

Проблемная ситуация с утилизацией зол и шлаков сложилась в Иркутской области. За годы эксплуатации ТЭС ОАО «Иркутскэнерго» накопилось около 80 млн. тонн этих отходов, а ежегодно их прирост составляет около 1,7 млн. тонн. Учитывая, что территория Иркутской области богата твердотопливными ископаемыми, объем прогнозных ресурсов которых по некоторым оценкам [7] составляет около 200 млрд. т. и

переход на альтернативный вид топлива или реконструкция местных ТЭС в ближайшем будущем не планируются, то накопление зол-уноса и ЗШС из года в год будет непрерывно возрастать.

Ниже представлены результаты исследований влияния добавок зол-уноса и ЗШС Иркутской области на свойства портландцемента ЦЕМ I 42,5 Б ОАО «Мордовцемент», химический и минералогический состав которого представлены в табл. 1 и 2.

Таблица 1

Химический состав портландцемента

П.п.п.	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	SO_3	Cl^-	$CaSO_4$	R_2O
1,73	23,37	4,98	4,03	60,38	1,13	2,83	0,003	5,38	0,74

Таблица 2

Минералогический состав портландцемента

C_3S	C_2S	C_3A	C_4AF
61,56	16,07	6,20	12,68

В табл. 3 даны химический состав и технические показатели зол-уноса и ЗШС Ново-Зиминской ТЭЦ (ЗШС и унос), Усть-Илимской ТЭС (ЗШС и унос), Ново-Иркутской ТЭЦ (зола-унос), ТЭЦ-6 (унос), ТЭЦ-9, ТЭЦ-10 (ЗШС), ТЭЦ-12 (унос) г. Иркутск.

Определен ряд физико-технических показателей зол-уноса и ЗШС (табл. 3), а именно истинная ($\rho_{ист}$) и насыпная ($\rho_н$) плотности, пустотность (П), удельная поверхность ($S_{уд}$), pH 10 %-ного раствора и водотвердое отношение (В/Т), соответствующее нормальной густоте по методике ГОСТ 310.3.

Таблица 3

Физико-технические свойства зол-уноса и ЗШС

№ золы	Наименование зол-уноса и ЗШС	$\rho_н$, г/см^3	$\rho_{ист}$, г/см^3	$S_{уд}$, м^2/кг	П, %	В/Т, %	pH
1	ЗШС (Ново-Зиминск)	0,7	2,08	184	60	45	8,6
2	Зола-унос (Ново-Зиминск)	0,87	2,12	412	59	28	7,8
3	ЗШС (ТЭЦ-9)	0,8	2,30	94	65	36	10,2
4	ЗШС (Усть-Илимск ТЭЦ)	0,9	2,67	111	66	30,5	11,0
5	Зола-унос (ТЭЦ-12)	0,72	2,18	296	67	50	9,0
6	Зола-унос (ТЭЦ-6)	0,87	2,60	223	66	45	12,0
7	ЗШС (ТЭЦ-10)	0,76	2,05	134	63	40	9,6
8	Зола-унос (Ново-Иркутская)	0,77	2,33	279	67	34	12,0
9	Зола-унос (Усть-Илимск ТЭЦ)	0,81	2,03	156	60	35	12,5

Как следует из табл. 3, золы представляют собой тонкодисперсные порошки, обладающие значительной пустотностью. Удельная поверхность находится в интервале от 94 до 412 м^2/кг. Несмотря на преобладание кислых оксидов в составе зол, значения pH водных вытяжек большинства зол дают основную среду, что также подтверждается изменением окраса индикатора (фенолфталеин принимал малиновый цвет).

Из табл. 4 видно, что золы-уноса и ЗШС имеют различный химический состав. По классификации Е.А. Галибиной [9] большинство из них относятся к алюмосиликатным и низкокальциевым золам, как правило, обладающим пуццолановой активностью.

Ряд зол, такие как № 1, 2 и 7 имеют $К_{осн}$ ниже 0 и отношение Al_2O_3/SO_3 более 16, что указывает на необходимость их дополнительной щелочно-сульфатной активации при использовании в составе вяжущих материалов [8].

* включает оксиды TiO_2, V_2O_5, Cr_2O_3, NiO, CuO, ZnO, Rb_2O, SrO, Y_2O_3, ZrO_2 PbO, BaO;

** $К_{осн}$ определяли без учёта оксидов под знаком (*) по формуле (1).

Таблица 4

Химический состав зол-уноса и ЗШС

№	Наименование золы	Na_2O	MgO	Al_2O_3	SiO_2	P_2O_5	SO_3	K_2O	CaO	MnO	Fe_2O_3	Проч*	п.п.п	Сумма	$K_{осн}$**
1	ЗШС (Ново-Зиминск)	0,13	0,78	23,51	30,96	0,07	0,27	0,50	3,71	0,05	3,17	0,72	36,07	99,94	-0,33
2	Зола-унос (Ново-Зиминск)	0,09	1,45	28,89	47,14	0,18	3,22	1,94	6,56	0,11	6,23	1,44	2,66	99,91	-0,26
3	ЗШС (ТЭЦ-9)	0,11	1,33	32,19	50,07	0,20	0,11	0,72	6,37	0,08	6,17	1,04	1,55	99,95	-0,25
4	ЗШС (Усть-Илимск ТЭЦ)	0,23	3,26	5,50	42,57	0,06	0,80	0,36	16,98	0,14	7,71	1,05	21,29	99,99	0,36
5	Зола-унос (ТЭЦ-12)	0,12	1,20	23,81	58,12	0,04	0,65	0,92	2,07	0,02	4,70	0,49	7,85	99,99	-0,21
6	Зола-унос (ТЭЦ-6)	0,17	2,78	15,66	58,63	0,05	1,98	1,12	9,29	0,14	7,68	0,88	1,61	99,93	0,00
7	ЗШС (ТЭЦ-10)	0,22	1,68	22,19	55,01	0,10	0,34	1,38	4,82	0,06	6,64	0,77	6,72	99,85	-0,15
8	Зола-унос (Ново-Иркутск)	0,19	2,92	15,6	56,37	0,13	1,56	0,75	13,27	0,11	7,14	0,61	1,20	99,91	0,08
9	Зола-унос (Усть-Илимск ТЭЦ)	0,16	1,70	21,12	48,74	0,06	2,04	0,67	16,45	0,20	6,68	1,11	0,98	99,91	0,07

$$K_{осн} = \frac{(CaO + 0{,}93MgO + 0{,}6R_2O) - (0{,}55Al_2O_3 + 0{,}35Fe_2O_3 + 0{,}7SO_3 + 1{,}27CO_{2)}}{0{,}93SiO_2}. \quad (1)$$

После золы подвергали помолу в пружинной мельнице до получения диапазона удельной поверхности $S_{уд}$ = 500-550 м^2/кг. Характер размолоспособности зол-уноса и ЗШС оценивали по изменению удельной поверхности при измельчении в пружинной мельнице. По результатам помола рассчитывали коэффициент размолоспособности по формуле:

$$K=(S_{конеч} - S_{исх})/t, \quad (2)$$

где $S_{конеч}$ – удельная поверхность золы после измельчения за время t;
$S_{исх}$ – удельная поверхность золы до измельчения;
t – время измельчения.

Технические характеристики помола зол-уноса и ЗШС представлены в табл. 5.

Таблица 5

Характеристики размолоспособности зол-уноса и ЗШС

№ золы	Наименование зол	$S_{исход}$, м^2/кг	$t_{изм}$, сек	$S_{конеч}$, м^2/кг	К, см^2/(сек*кг)
1	ЗШС (Ново-Зиминск)	184	230	533	15,2
2	Зола-унос (Ново-Зиминск)	412	80	248	-
3	ЗШС (ТЭЦ-9)	94	660	547	6,9
4	ЗШС (Усть-Илимск ТЭЦ)	111	300	518	13,6
5	Зола-унос (ТЭЦ-12)	296	140	678	27,3
6	Зола-унос (ТЭЦ-6)	223	1110	559	3,0
7	ЗШС (ТЭЦ-10)	134	300	548	13,8
8	Зола-унос (Ново-Иркутская)	279	870	546	3,1
9	Зола-унос (Усть-Илимск ТЭЦ)	156	210	155	-

Как видно из табл. 5, большинство зол поддаются измельчению. Для зол с меньшим содержанием оксида кремния и высоким содержанием материалов, теряемых при прокаливании характерно наименьшее время измельчения, что согласуется с тем, что SiO_2 и его минералы являются твёрдыми материалами (до 7 единиц по шкале Мооса), а выгорающие примеси (органические примеси, несгоревшее топливо) – низкой. Однако, некоторые из этих отходов, как например зола № 9, не подвергаются измельчению, и их удельная поверхность не изменяется, а при измельчении золы № 2 происходит даже обратный эффект, заключающийся в падении её удельной поверхности в 1,7 раза.

Формование из зол-уноса и ЗШС образцов показало, что они не обладают собственной гидравлической активностью в нормально-влажностных условиях. Такая же ситуация наблюдается при формовании камня из молотых зол.

На следующем этапе оценивали влияние молотых зол на свойства цемента. Золы смешивали с цементом в соотношении 10:90, 30:70 и 50:50. Из смеси готовили тесто нормальной густоты (НГ) и формовали образцы размером 2х2х2 см, которые пропаривали по режиму 2+(3+12+3)=19 часов при температуре выдержки t=60˚С. После пропаривания определяли плотность (ρ) и прочность на сжатие ($R_{сж}$) образцов цементно-зольного камня. Результаты работы представлены в табл. 6, 7, 8.

Таблица 6

Свойства портландцемента ЦЕМ I 42,5Б

№ п/п	Наименование показателя	Значение показателя
1	Нормальная густота (НГ), %	27
2	Плотность цементного камня ρ, г/см^3	2,12
3	Прочность на сжатие цементного камня, МПа	47,6

Из табл. 6 и табл. 7 следует, что нормальная густота цементного теста при добавлении зол-уноса и ЗШС возрастает. Причем с увеличением их содержания этот рост становится заметней.

Судя по данным табл. 8, увеличение доли золы в составе вяжущего ведет к снижению плотности цементно-зольного камня. Из них можно видеть, что во всех случаях прочность получаемого композита находится в прямой зависимости от его плотности. Несмотря на повышение водопотребности, прочность цементного камня при замене в нем вяжущего на 10 или 30 % золы в ряде случаев не только не снижается, но имеет некоторый прирост. При 50 %-ном содержании золы прочность цементно-зольного камня во всех случаях падает.

Также можно выделить золы № 2, № 5 и № 6, как приводящие к наибольшему снижению прочности цементного камня (27,9, 32,9 и 34,6 МПа соответственно при содержании зол 50 %). Такое поведение можно объяснить следующими факторами:

- золы № 2 и № 6 содержат в своем составе наибольшее количество оксида серы (VI) (3,22 и 1,98 % соответственно), что может приводить к развитию сульфатной коррозии цементного камня. Сравнимое количество SO_3 имеет и зола № 9 (2,04 %), однако она также обладает наименьшей среди всех исследуемых зол удельной поверхностью, что при 50 %-ном содержании не даёт ей столь высокого прироста водотвердого отношения, а следовательно, снижает конечную пористость цементно-зольного камня;

- полученная зола № 5 имеет наибольшую среди всех удельную поверхность, которая приводит к резкому возрастанию нормальной густоты цементно-зольного теста, что негативно отражается на прочности.

Таблица 7

Нормальная густота цементно-зольного теста

№ золы	Наименование зол	НГ, %, при соотношении зола:цемент		
		10:90	30:70	50:50
1	ЗШС (Ново-Зиминск)	29,1	32,1	36,2
2	Зола-унос (Ново-Зиминск)	27,2	27,5	28,3
3	ЗШС (ТЭЦ-9)	27,8	30,3	30,8
4	ЗШС (Усть-Илимск ТЭЦ)	26,9	27,8	28,9
5	Зола-унос (ТЭЦ-12)	28,7	33,9	37,7
6	Зола-унос ТЭЦ-6	28,8	32,2	35,9
7	ЗШС (ТЭЦ-10)	28,4	30,1	33,3
8	Зола-унос (Ново-Иркутская)	27,2	29,2	30,1
9	Зола-унос (Усть-Илимск ТЭЦ)	28,3	29,3	31,2

Таблица 8

Плотность и прочность на сжатие цементно-зольного камня

№ золы	Наименование зол	ρ, г/см^3, при соотношении зола:цемент			$R_{сж}$, МПа, при соотношении зола:цемент		
		10:90	30:70	50:50	10:90	30:70	50:50
1	ЗШС (Ново-Зиминск)	2,11	1,81	1,71	65,5	42,4	36,7
2	Зола-унос (Ново-Зиминск)	2,00	1,83	1,78	65,4	47,0	27,9
3	ЗШС (ТЭЦ-9)	2,08	1,93	1,83	68,5	60,0	50,3
4	ЗШС (Усть-Илимск ТЭЦ)	2,09	2,00	1,87	55,6	47,9	43,9
5	Зола-унос (ТЭЦ-12)	1,88	1,79	1,70	50,0	48,9	32,9
6	Зола-унос (ТЭЦ-6)	2,03	1,95	1,77	62,7	47,9	34,6
7	ЗШС (ТЭЦ-10)	2,07	1,99	1,82	77,0	54,0	45,6
8	Зола-унос (Ново-Иркутская)	2,08	2,00	1,86	61,6	59,3	54,9
9	Зола-унос (Усть-Илимск ТЭЦ)	2,02	1,97	1,96	63,0	62,0	40,2

На основании данной работы можно заключить, что некоторые из исследованных зол-уноса и ЗШС ТЭС ОАО «Иркутскэнерго», являются ценными сырьевыми материалами, которыми можно замещать часть цемента, используя их в качестве кремнезёмистого компонента. В небольших количествах они практически не влияют на прочность портландцемента несмотря на повышенные пустотность и водопотребность, что может быть объяснено наличием взаимодействия между компонентами зол и продуктов гидратации портландцемента, учитывая химический состав зол [8].

Список использованных источников

1. Уфимцев В.М., Капустин Ф.Х, Пьячев В.А. Техногенное сырье в производстве цемента: вчера, сегодня, завтра // Технологии бетонов,2012, № 1-2. – С. 22-25.
2. Ильичев В.А., Карпенко Н.И., Ярмаковский В.Н. О развитии производства материалов на основе вторичных продуктов промышленности // Строительные материалы, 2011, № 4. – С. 36-42.
3. Жарко В.И., Гузь В.А., Кабанов А.А. и др. Сырьевая база вторичных ресурсов в производстве строительных материалов. Alitinform: Международное аналитическое обозрение. Цемент. Бетон. Сухие смеси, 2011, № 2 (19). – С. 11-27.
4. Бикбау М.Я. Производство цемента в России. Куда идти? // Цемент и его применение, 2008, № 5. – С. 149-153.
5. Гузь В.А., Жарко В.И., Кабанов А.А., Высоцкий Е.В. Производство цемента и рынок России в 2011 г. // Цемент и его применение, 2012, № 1. – С. 24-29.
6. Комаров С.М. Цивилизация старьёвщика // Химия и жизнь-XXI век, 2013, № 12. – С. 2-7.
7. Винокуров А.М., Суходолов А.П. Экономика Иркутской области: в 4 т. – Иркутск: Вост. Сиб. кн. изд-во, 1998, 1999, 2002, 2005.

8. Боженов П.И. Комплексное использование минерального сырья и экология: Учеб. пособие. – М.: Изд-во АСВ, 1994. – 264 с.
9. Галибина Е.А. Автоклавные строительные материалы из отходов ТЭЦ. – Л.: Стройиздат. Ленинградское отделение, 1986. – 128 с.

Makarenko S.V. – candidate of technical sciences, associate professor
E-mail: makarenko_83_07@mail.ru
National Research Irkutsk State Technical University
The organization address: 664074, Russia, Irkutsk, Lermontov st., 83
Baishev D.I. – student
E-mail: danielbaishev@gmail.com
Khohryakov O.V. – candidate of technical sciences, associate professor
E-mail: olvik@list.ru
Khozin V.G. – doctor of technical sciences, professor
E-mail: khozin@kgasu.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Fly ashes and ash-slag mixes influence of «Irkutskenergo» Open Joint Stock Company's thermal power plants on cement properties

Resume

In this paper the results of research of Fly ashes and ash-slag mixes influence of «Irkutskenergo» Open Joint Stock Company's thermal power plants as mineral additives to Portland cement-made composites are performed. It is set that many of the studied ashes are useful as mineral filler for making cement-based compositions with extra properties and that they have optimal dosage about 30 % for compressive strength improvement in comparison with Ordinary Portland Cement, although they have lower density and increased amount of required water for reaching same cement paste thickness. This fact could be basically explained by the chemical reaction between Portland cement and ashes components. Properties of these ashes are also performed in this article, not including only basic technical parameters, as grinding fineness, density etc., but chemical consist, which allows to appreciate rationality of using them as mineral fillers. For most of the ashes major grindability without grinding intensifier admix is set.

Keywords: portland cement, ash, grinding fineness, normal thickness, compressive strength.

Reference list

1. Ufimtcev V.M., Capustun F.H., Pyachev V.A. Anthropogenic raw materials in cement industry: yesterday, today, tomorrow // Tehnologii betonov, 2012, № 1-2. P. – 22-25.
2. Iljichev V.A., Carpenko N.I., Yarmakovskiy V.N. About development of recycled materials-based industry of construction materials // Stroitelnye materialy, 2011, № 4. – P. 36-42.
3. Jarko V.I., Guz V.A., Cabanov A.A. et al. Raw materials base of industry of construction materials/ Alitinform: mejdunarodonoe analitichescoe obozrenie: cement, beton, suhie smesi, 2011, № 2 (19). – P. 11-27.
4. Bicbau M. Ya. Cement industry in Russia. Where to go? // Cement i ego primenenie, 2008, № 5. – P. 149-153.
5. Guz V.A., Jzarko V.I.,Cabanov A.A., Visotcky E.V. Russia cement industry in 2011. // Cement I ego primenenie, 2012, № 1. – P. 24-29.
6. Komarov S.M. Civilization of junkman // Khimia I jzizn – XXI vek, 2013, № 12. – P. 2-7.
7. Vinocurov A.M., Sukhodolov A.P. Economy of the Irkutsk region: in 4 parts-Ircutsk: East.-Sib. Publishers, 1998, 1999, 2002, 2005.
8. Bojzenov P.I. Complex using of mineral raw materials and ecology: Tutorial book. – M.: Publishers ASV, 1994. – 264 p.
9. Galibina E.A. Autoclave construction materials from thermal energy plants vaste. – L.: Stroyizdat. Leningrad detachment, 1986. – 128 p.

УДК 667.6
Строганов В.Ф. – доктор химических наук, профессор
E-mail: svf08@mail.ru
Амельченко М.О. – аспирант
E-mail: colbasa-disabled@mail.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

Исследование влияние кислотной активации каолина на свойства водно-дисперсионных защитных покрытий

Аннотация

Рассмотрено влияние наполнителя – каолина, активированного 3 % раствором уксусной кислоты, на свойства водно-дисперсионных стирол-акриловых защитных покрытий. Проведен дериватографический анализ полученного наполнителя, с целью определения возможного изменения химического состава. Установлено, что наполнение активированным наполнителем увеличивает значение показателя укрывистости, вне зависимости от марки используемой стирол-акриловой дисперсии. Проведен сравнительный анализ эффективности применения наполнителей кислотной и ультразвуковой активации в защитных покрытиях.

Ключевые слова: кислотная активация, модифицированный наполнитель, уксусная кислота, каолин, водно-дисперсионные защитные покрытия, стирол-акриловые дисперсии.

Как известно, одним из способов модификации технологических и эксплуатационных свойств водно-дисперсионных лакокрасочных материалов является их наполнение различными минеральными веществами, кроме того для повышения исходных характеристик часто используют модификацию наполнителей различными методами, что рассмотрено нами ранее [1, 2] на примере модифицированного ультразвуком каолина (УЗ-каолин). Однако, помимо физического воздействия, применяют также химические способы активации, среди которых наиболее часто используется обработка минеральными [3, 4] и органическими кислотами [5, 6, 8].

Исходя из вышесказанного, целью данной работы являлось исследование влияния каолина, обработанного водным раствором уксусной кислоты (УК-каолин), на свойства защитных полимерных покрытий (ЗПк).

Экспериментальная часть

По аналогии с предыдущими работами [2, 7], в качестве полимерной матрице выбраны стирол-акриловые дисперсии марки «Лакротэн Э-25» и «Лакротэн Э-244».

Для наполнения наряду со стандартными наполнителями (мел, микротальк, миикрокальцит) использовали кислотно-активированный, каолин. Его получение заключалось в обработке исходного образца каолина (ТУ 5729-016-48174985-2003) в течение 12 часов в 3 % растворе уксусной кислоты, в герметично закрытой емкости при 20±2 ^{o}C. Затем наполнитель отфильтровывался, тщательно промывался водой до pH≈7, а затем подвергался сушке при 120 ^{o}C до постоянной массы.

Наполнение защитных покрытий проводилось по принципу частичной замены (50 % и 100 %) исходного каолина на кислотно-активированный.

В полученном УК-каолине определялся дисперсный состав на приборе HORIBA LA-950 и его поведение при дифференциально-термическом анализе (ДТА) на дериватографе Q-1500D (чувствительность 200 мг, скорость нагрева 10 ^{o}C).

Основные защитные характеристики покрытий определялись согласно методикам ГОСТ. После завершения эксперимента проводился сравнительный анализ защитных покрытий наполненных УЗ- и УК-каолином.

Результаты и их обсуждение

Предварительно рассматривалась возможность изменения химического состава активированного наполнителя в сравнении с исходным, путем сопоставительного анализа дериватограмм исходного (рис. 1) и «кислотного» каолинов (рис. 2) до температуры 700 ^{o}C.

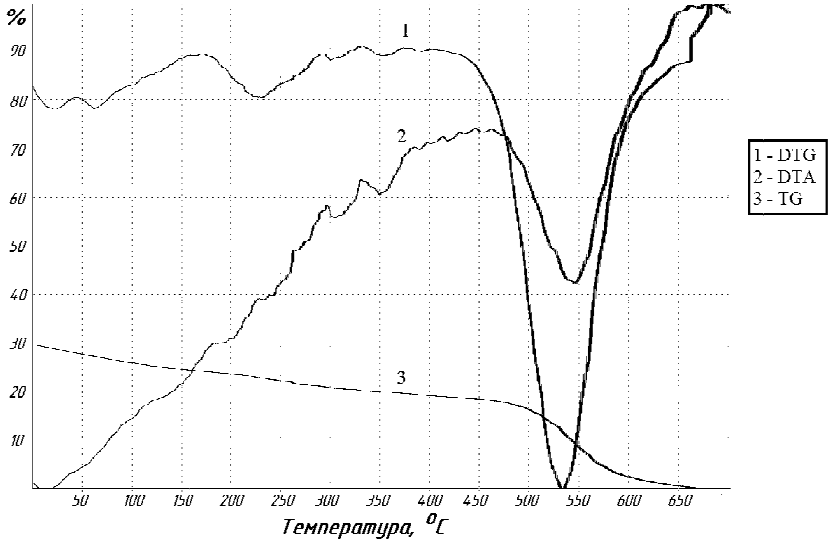


Рис. 1. Дериватографические данные исходного каолина

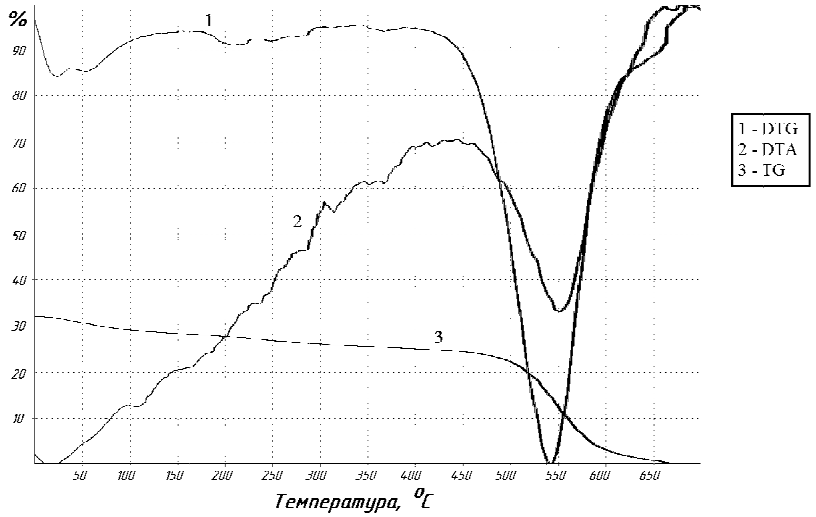


Рис. 2. Дериватографические данные каолина, активированного 3 % раствором уксусной кислоты

При сравнении полученных данных наблюдаются достаточно существенные отличия в кривых потери массы – Tg (рис. 1 и 2). Можно косвенно предположить о наличии в составе исходного наполнителя большого количества компонентов, что можно судить по заметной потере массы образца (10 %) в интервале температур от 0 до 350 °С. Для УК-каолина (рис. 2) 10 % потеря массы происходит в диапазоне от 0 до 500 °С.

Одним из основных параметров ЛКМ является укрывистость (ГОСТ 8784-75). Результаты испытаний по этому показателю (рис. 3 и 4) позволили установить, что:

– УК-каолин уступают по показателю укрывистости УЗ-каолину (относительно ЗПк на основе Э-25). Применение кислотно-активированного наполнителя в составе ЗПк повышает значение показателя на 13 %, в то время как использование ультразвуковой обработки каолина, наоборот, позволяет снизить укрывистость на 9 %;

– улучшение укрывистости композиций наполненных УК-каолином происходит при использовании в качестве полимерной матрицы стирол-акриловой дисперсии Э-244 – снижение на 15 % по сравнению с исходным значением.

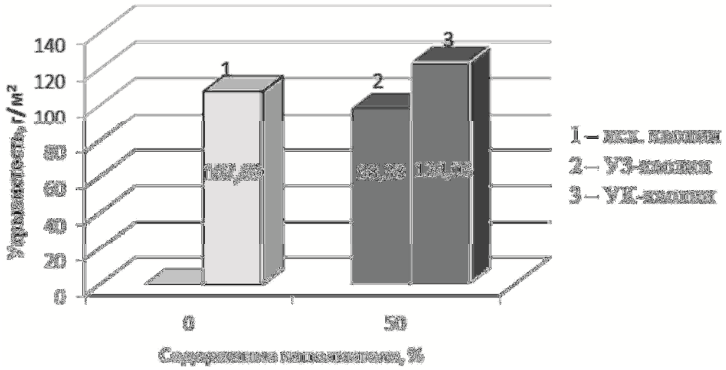


Рис. 3. Укрывистость защитных композиций, на основе стирол-акрилвой дисперсии Э-25, с частичной заменой (50 %) исходного каолина на модифицированный

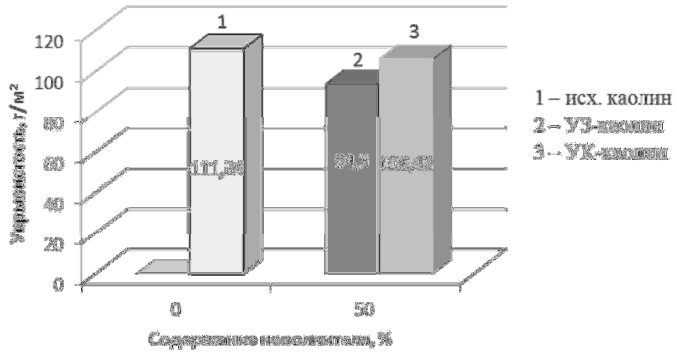


Рис. 4. Укрывистость защитных композиций, на основе стирол-акрилвой дисперсии Э-244, с частичной заменой (50 %) исходного каолина на модифицированный

В дополнение к приведенным объяснениям эффекта повышения укрывистости ЗПк, проводились испытания защитных покрытий на смываемость (рис. 5 и 6) по ГОСТ 52020-2003.

Установлено, что:

– показатели смываемости для исходного образца лучший (2,8 г/м^2) для стирол-акриловой дисперсии Э-244, что вероятно связано с химическим составом дисперсии и структурой сформировавшегося ЗПк;

– для активированных наполнителей лучшим показателем (3,75 г/м^2) обладает покрытие с УК-каолином на основе Э-244;

– следует обратить внимание на относительно равные значения показателей смываемости для ЗПк на УЗ- и УК-каолине, при 50 % наполнении дисперсий Э-25.

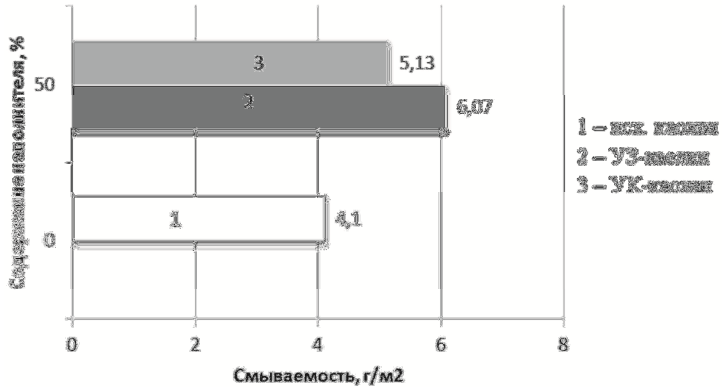


Рис. 5. Смываемость защитных композиций, на основе стирол-акриловой дисперсии Э-25, с частичной заменой (50 %) исходного каолина на модифицированный

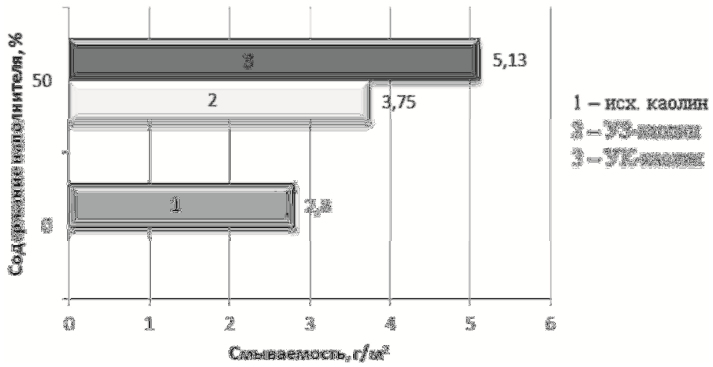


Рис. 6. Смываемость защитных композиций, на основе стирол-акриловой дисперсии Э-244, с частичной заменой (50 %) исходного каолина на модифицированный

Можно предположить, что в случае УЗ-каолина повышение смываемости происходит предположительно, из-за неполного смачивания частиц наполнителя ввиду недостатка полимерной матрицы [2]. В случае применения УК-каолина можно предположить возможность образования конгломератов, которые неравномерно распределяются в полимерной матрице. Однако сравнение среднего размера частиц исходного каолина (рис. 7) и УК-каолина (рис. 8) не свидетельствует о значительном отличии в дисперсных составах – средний размер частиц исходного наполнителя ~ 30 мкм, и 25 мкм у кислотно-обработанного. Это противоречие может объясняться особенностями активных центров в УЗ- и УК-каолинах.

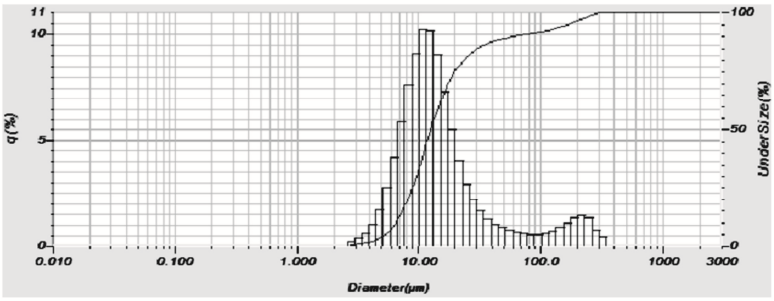


Рис. 7. Дисперсное распределение частиц исходного каолина

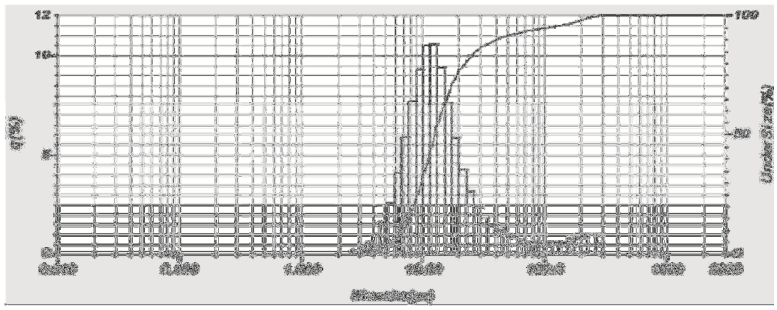


Рис. 8. Дисперсное распределение частиц каолина, активированного 3 % раствором уксусной кислоты

Далее проводились испытания по определению водопоглощения (ГОСТ 21513-76) полученных защитных покрытий (рис. 9-10).

Видно, что применение УЗ-каолина в защитных покрытиях на основе Э-25, позволяет снизить исходный показатель водопоглощения в 1,5 раза, что нельзя сказать о ЗПк с УК-каолином, у которых происходит незначительное повышение этого показателя (в сравнении с исходным).

Похожая «картина» наблюдается и при анализе результатов защитных покрытий на основе Э-244, но стоит заметить, что разница между ЗПк на основе УЗ-каолина и кислотно-активированным – незначительная. Однако полученное значение показателей водопоглощения защитных покрытий на основе модифицированных наполнителей все же выше исходного в 1,5 раза.

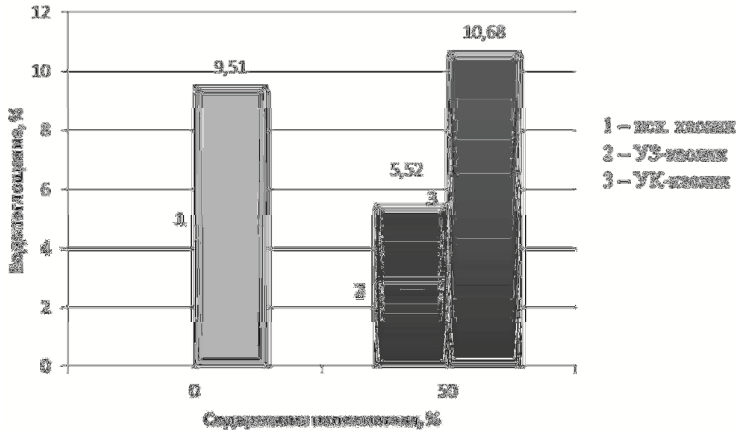


Рис. 9. Водопоглощение защитных композиций, на основе стирол-акриловой дисперсии Э-25, с частичной заменой (50 %) исходного каолина на модифицированный

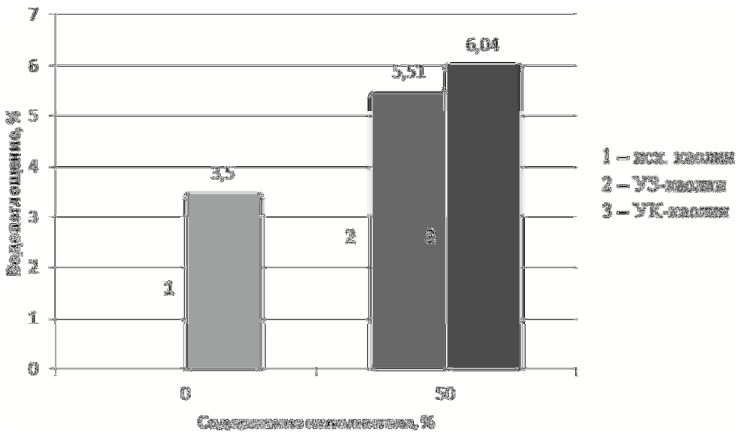


Рис. 10. Водопоглощение защитных композиций, на основе стирол-акриловой дисперсии Э-244, с частичной заменой (50 %) исходного каолина на модифицированный

Выводы

Таким образом, сравнительный анализ результатов показал, что применение каолина, прошедшего ультразвуковую обработку, в составе ЗПк, положительно влияет на основные эксплуатационные характеристики, вне зависимости от марки используемой полимерной матрицы, по сравнению с ЗПк на основе кислотно-активированного наполнителя. Однако стоит, отметить тот факт, что защитные полимерные покрытия на основе УК-каолина имеют лучшие показатели (по сравнению с УЗ-каолином), в случаях использования стирол-акриловой дисперсии Э-244. Можно предположить возможность получения дополнительной информации при исследовании кислотно-основных характеристик наполненных и исходных ЗПк, что будет выполняться при завершении этих исследований.

Список библиографических ссылок

1. Строганов В.Ф., Безчвертная И.В., Амельченко М.О. Исследование и разработка защитных и гидроизоляционных водно-дисперсионных полимерных покрытий // Известия КГАСУ, 2012, № 2 (20). – С. 200-206.

2. Строганов В.Ф., Амельченко М.О. Исследование влияния модифицированного наполнителя на защитные свойства ВД-ЛКМ // Полимеры в строительстве: научный Интернет-журнал, 2014, № 2 (2). – С. 116-124.
3. Carroll D., Starkey H.C. Reactivity of clay minerals with acids and alkalies // Clays and Clay Minerals, 1971, Vol. 19. – P. 321-333.
4. Панкина Г.В., Чернавский П.А., Локтева Е.С., Лунин В.В. Оптимизация кислотной обработки бентонитовых глин отечественных месторождений // Вестник Московского Университета. Серия 2: Химия, 2010, Т. 51, № 2. – С. 75-80.
5. Eze k.A., Nwadiogbu J.O., Nwankwere E.T. Effect of acid treatments on the physicochemical properties of kaolin clay // Applied science research, 2012, № 4 (2). – P. 792-794.
6. Прокофьев В.Ю., Разговоров П.Б. Физико-химические процессы, протекающие при введении каолиновых глин в растительные масла // Химия растительного сырья, 2010, № 2. – С. 159-164.
7. Строганов В.Ф., Амельченко М.О. Исследование влияния модифицированного наполнителя в составе водно-дисперсионных стирол-акриловых защитных покрытий // Материалы VIII Международной научно-технической конференции «Механика разрушения строительных материалов и конструкций», 2014. – С. 318-322.
8. Huang W.H., Keller W.D. Dissolution of clay minerals in dilute organic acids at room temperature // The American mineralogist, 1971, Vol. 56. – P. 1082-1095.

Stroganov V.F. – doctor of chemical sciences, professor
E-mail: svf08@mail.ru
Amelchenko M.O. – post-graduate student
E-mail: colbasa-disabled@mail.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Study the effect of acid activated kaolin on the properties of waterborne coatings

Resume

Influence of the kaolin activated by 3 % solution of acetic acid on properties of waterborne styrene – acrylic coatings is considered. It is carried out derivatographic and dispersion analyses of the activated filler for the purpose of definition of possible changes of a chemical composition and dispersion of particles of a kaolin. It is established that acid treatment of filler allows lowering the content of foreign impurity and doesn't influence the mean size of kaolin particles. The analysis of the data obtained after tests in accordance with GOST allowed establishing that filling by the acid activated filler increases value of an indicator of covering ability, water absorption and washability for coatings based on the styrene – acrylic dispersion «Lakroten E-25» brand. However, it should be noted that application as a polymeric matrix of dispersion «Lakroten E-244» brand allows to achieve improvement of coating. The carried-out comparative analysis demands research of the acid-base analyses of the protective coatings filled by acid activated kaolin for the purpose of detailed studying of processes occurring when it forming.

Keywords: acid treatment, modificated filler, acetic acid, kaolin, water-based coatings, styrene-acrylic dispersion.

Reference list

1. Stroganov V.F., Bezchvertnaya I.V., Amelchenko M.O. Research and development of protective and water-proof water-dispersion polymer coatings // News of the KSUAE, 2012, № 2 (20). – P. 200-206.
2. Stroganov V.F., Amelchenko M.O. Research of the filler modificated by ultrasound on protective properties of water-borne paint // Polimery v stroitel'stve: scientific internet-journal, 2014, № 2 (2). – P. 116-124.

3. Carroll D., Starkey H.C. Reactivity of clay minerals with acids and alkalies // Clays and Clay Minerals, 1971, Vol. 19. – P. 321-333.
4. Pankina G.V., Chernavskiy P.A., Lokteva E.S., Lunin V.V. Optimization of acidic treatment of bentonitic clays from the national layers // Vestnik Moskovskogo Universiteta. Ser. 2: Chemistry, 2010, Vol. 51, № 2. – P. 75-80.
5. Eze k.A., Nwadiogbu J.O., Nwankwere E.T. Effect of acid treatments on the physicochemical properties of kaolin clay // Applied science research, 2012, № 4 (2). – P. 792-794.
6. Prokof'ev V.Yu., Razgovorov P.B. Physicochemical processes occuring at introduction of kaolin clays into vegetables oils // Chimiya rastitel'nogo sir'ya, 2010, № 2. – P. 159-164.
7. Stroganov V.F., Amelchenko M.O. Research of the modificated filler in the water-based styrene-acrylic protective coating // Materials of VIII international scientific and technical conference «Mechanic and destruction of building construction and materials», 2014. – P. 318-322.
8. Huang W.H., Keller W.D. Dissolution of clay minerals in dilute organic acids at room temperature // The American mineralogist, 1971, Vol. 56. – P. 1082-1095.

УДК 691.175.3
Халикова Р.А. – аспирант
E-mail: rizida.khalikova@yandex.ru
Старовойтова И.А. – кандидат технических наук
E-mail: irina-starovoitova@yandex.ru
Хозин В.Г. – доктор технических наук, профессор
E-mail: khozin@kgasu.ru
Сулейманов А.М. – доктор технических наук, профессор
E-mail: sulejmanov@kgasu.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1

Изучение адгезионного взаимодействия в системе «базальтовое волокно – гибридное связующее»[1]

Аннотация

В работе изучено адгезионное взаимодействие в системе «волокнистый наполнитель – гибридное связующее» и оценен его вклад в увеличении механических характеристик базальтопластиковой арматуры. Установлено, что введение в состав связующего углеродных нанотрубок приводит к увеличению адгезионной прочности на 27,7 % и росту физико-механических характеристик арматуры. По комплексу механических свойств базальтопластиковая арматура разработанных составов не уступает промышленным аналогам, а её предельная температура эксплуатации выше на 100-180 ^{0}C.

Ключевые слова: адгезионная прочность, гибридное связующее, базальтовое волокно, углеродные нанотрубки, система «волокно-связующее», базальтопластиковая арматура.

Прочность полимерных композиционных материалов (ПКМ) зависит от целого ряда физико-химических и технологических факторов, тесно связанных друг с другом. Ключевую роль в обеспечении прочности таких материалов играет адгезионная прочность соединения «волокно-матрица» (τ_o) в элементарной ячейке композита. От нее зависит и то, насколько полно будет реализован вклад прочностных характеристик волокон в прочность ПКМ, и то, по какому механизму будет происходить разрушение материала. Поэтому поверхность раздела «волокно-связующее» следует изучать отдельно.

Переходная зона, возникающая между адгезивом (связующим) и субстратом (волокном), является одним из важных элементов адгезионного соединения. Она отражает состояние поверхности субстрата, способность компонентов к взаимопроникновению, химическому и межмолекулярному взаимодействию и т.д. Именно в ней создаются дефекты, а ее структура и надмолекулярная прочность определяют механизм деформации, появление трещин и характер разрушения [1, 2].

Наиболее эффективным способом регулирования адгезионной прочности является модифицирование полимерного связующего. Модифицирование позволит уменьшить остаточные напряжения на границе раздела, улучшить смачивание связующим поверхности волокна и регулировать механизм разрушения приповерхностных слоев полимерной матрицы.

Определение адгезионной прочности соединений «волокно-связующее» представляет собой достаточно сложную задачу с точки зрения стандартизации экспериментальных образцов и условий измерений.

Целью данной работы явилось изучение адгезионной прочности в системе «базальтовое волокно – связующее» и определение физико-механических характеристик базальтопластиковой арматуры на гибридных связующих.

[1] Работа выполнена в рамках государственного задания в сфере научной деятельности на выполнение НИР (проектная часть) «Разработка научно-технологических основ малотоннажной строительной химии – как отрасли строительной индустрии России (эффективной отрасли национальной экономики России)», Задание № 7.1955.2014/К.

Существующие методы определения адгезионной прочности можно условно разделить на макро- и микромеханические. Объектами исследования макромеханических методов являются реальные ПКМ – слоистые пластики, механические испытания которых проводят при различных видах нагружения. Если адгезив и субстрат находятся в твердом состоянии, адгезионная прочность определяется напряжением (сдвиг, отрыв, кручение), необходимым для разрушения адгезионного соединения. Если компоненты соединения находятся в высокоэластическом состоянии, то определяется усилием отслаивания адгезива от субстрата.

Образцы для микромеханических испытаний отличаются от других адгезионных соединений формой и размерами (рис.) [3].

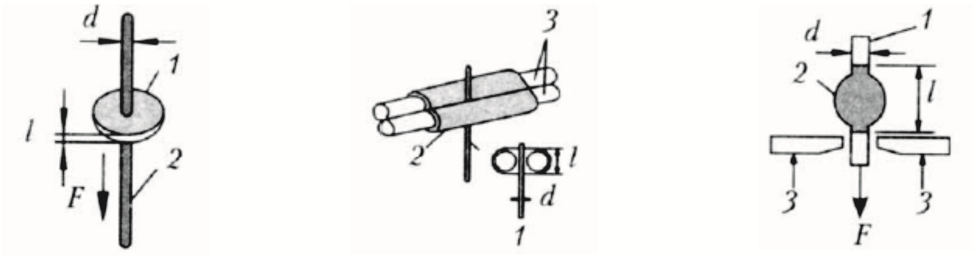


Рис. Схемы образцов для микромеханических испытаний методом выдергивания:
а) классический метод pull-out: 1 – волокно диаметром d, 2 – слой полимера толщиной l;
б) метод трех волокон: 1 – «тонкое волокно», адгезия к которому определяется,
2 – слой полимера, 3 – два «толстых волокна», на которые наносится адгезив;
в) метод microbond: 1 – волокно, 2 – капля связующего, 3 – лезвия бритвы

В нашей работе для испытаний адгезии «волокно-связующее» был использован классический метод pull-out. Измерение проводили на модельных образцах по предлагаемой методики Горбаткиной Ю.А. [4]. В качестве субстрата использовали комплексную нить базальтового ровинга диаметром около 150 мкм. Образцы готовили в чашечках из алюминиевой фольги: глубина чашечки – 3 мм, диаметр – 8 мм; в центр чашечек вставляли волокно, а затем заливали связующее (высота слоя связующего составляла около 1 мм). В качестве связующего использовали 2 системы:

- гибридное связующее на основе полиизоцианата и полисиликата натрия (при массовом соотношении компонентов 80:20);

- гибридное связующее, модифицированное концентратом углеродных нанотрубок в КМЦ (содержание УНТ – 0,1 масс. %).

Измерение адгезии в каждой из систем проводили на 30 образцах. Для испытаний использовали разрывную машину РМИ-250, скорость нагружения составляла 40 мм/мин. При испытаниях определяли усилие F, необходимое для сдвига волокна относительно слоя отвержденного связующего (табл. 1). Адгезионную прочность каждого i-го испытанного образца рассчитывали по формуле 1:

$$\tau_i = \frac{F_i}{S_i}, \quad (1)$$

где F_i – нагрузка, необходимая для выдергивания волокна из слоя отвержденного адгезива; S_i – площадь соединения, $S=\pi \times d \times l$, где d – диаметр волокна (проволоки), l – длина адгезионного соединения.

Для оценки разброса значений экспериментальных данных испытаний оценены среднее арифметическое, среднеквадратическое отклонение, стандартное отклонение и коэффициент вариации.

Сначала рассчитывали $\bar{x}$ – *среднее арифметическое* значение по формуле 2:

$$\bar{x} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} x_i = \frac{1}{n}(x_1 + \cdots + x_n), \quad (2)$$

Среднеквадратическое отклонение [5] рассчитывали по формуле 3:

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})^2}, \quad (3)$$

Стандартное отклонение – оценка среднеквадратического отклонения случайной величины *x* относительно её математического ожидания на основе несмещённой оценки её дисперсии рассчитывали по формуле 4:

$$s = \sqrt{\frac{n}{n-1}\sigma^2} = \sqrt{\frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})^2}, \quad (4)$$

где σ^2 – *дисперсия*; x_i – i-й элемент выборки; n – объём выборки.

Коэффициент вариации характеризует относительную меру отклонения измеренных значений от среднеарифметического (формула 5):

$$V = \frac{\sigma}{\bar{x}} \cdot 100\ \%, \quad (5)$$

где σ – среднеквадратическое отклонение, $\bar{x}$ – среднее арифметическое.

Коэффициент вариации испытаний составляет менее 10 %, что характеризует изменчивость вариационного ряда незначительной.

Таблица 1

Результаты испытаний системы «волокно-гибридное связующее» на адгезию

№ обр.	Диаметр субстрата d, мм	Длина адгезионного соединения l, мм	Площадь соединения S, мм^2	Нагрузка F, кгс	Адгезионная прочность τ, МПа	Среднеквадратическое / стандартное отклонения / дисперсия
«Базальтовое волокно – гибридное связующее»						
1	0,15	0,93	0,44	7,2	16,4	2,4/2,44/5,76
2	0,15	0,97	0,46	7,5	16,3	2,5/2,54/6,25
3	0,15	0,87	0,41	8,0	19,5	0,7/0,71/0,49
4	0,15	0,85	0,40	8,3	20,8	2,0/2,03/4,00
5	0,15	0,87	0,41	6,9	16,8	2,0/2,03/4,00
6	0,15	0,82	0,39	8,8	22,6	3,8/3,86/14,44
7	0,15	0,87	0,41	8,6	21,0	2,2/2,24/4,84
8	0,15	0,90	0,42	7,8	18,6	0,2/0,2/0,04
9	0,15	0,85	0,40	7,5	18,7	0,1/0,1/0,01
10	0,15	0,83	0,39	9,2	23,6	4,8/4,88/23,04
11	0,15	0,97	0,46	7,8	17,0	1,8/1,83/3,24
12	0,15	0,92	0,43	8,6	20,0	1,2/1,22/1,44
13	0,15	0,93	0,44	9,1	20,7	1,9/1,93/3,61
14	0,15	0,95	0,45	8,1	18,0	0,8/0,81/0,64
15	0,15	0,92	0,43	8,2	19,1	0,3/0,31/0,09
16	0,15	0,93	0,44	7,9	18,0	0,8/0,81/0,64
17	0,15	0,9	0,42	7,7	18,3	0,5/0,51/0,25
18	0,15	0,95	0,45	7,2	16,0	2,8/2,85/7,84
19	0,15	0,88	0,41	6,4	15,6	3,2/3,25/10,24
20	0,15	0,90	0,42	5,3	12,6	6,2/6,31/38,44
21	0,15	0,92	0,43	9,3	21,6	2,8/2,85/7,84
22	0,15	0,93	0,44	8,5	19,3	0,5/0,51/0,25
23	0,15	0,93	0,44	8,8	20,0	1,2/1,22/1,44
24	0,15	0,93	0,44	8,5	19,3	0,5/0,51/0,25
25	0,15	0,90	0,42	8,7	20,7	1,9/1,93/3,61
26	0,15	0,92	0,43	9,3	21,6	2,8/2,85/7,84
27	0,15	0,93	0,44	7,9	18,0	0,8/0,81/0,64
28	0,15	0,95	0,45	8,0	17,8	1,0/1,02/1,00

Продолжение таблицы 1

29	0,15	0,97	0,46	7,8	17,0	1,8/1,83/2,34
30	0,15	0,95	0,45	9,1	20,2	1,4/1,42/1,96
Среднее значение					***18,8***	***1,8/1,86/5,25***
«Базальтовое волокно – модифицированное гибридное связующее (0,1 масс. % УНТ)»						
1	0,15	0,96	0,45	11,0	24,4	0,4/0,41/0,16
2	0,15	0,94	0,44	10,3	23,4	0,6/0,61/0,36
3	0,15	0,93	0,44	10,9	24,8	0,8/0,81/0,64
4	0,15	0,95	0,45	11,4	25,3	1,3/1,32/1,69
5	0,15	0,97	0,46	10,7	23,3	0,7/0,71/0,49
6	0,15	0,95	0,45	10,3	22,9	1,1/1,12/1,21
7	0,15	0,96	0,45	10,5	23,3	0,7/0,71/0,49
8	0,15	0,93	0,44	10,7	24,3	0,3/0,31/0,09
9	0,15	0,90	0,42	11,3	26,9	2,9/2,95/8,41
10	0,15	0,92	0,43	10,7	24,9	0,9/0,92/0,81
11	0,15	0,94	0,44	10,9	24,8	0,8/0,81/0,64
12	0,15	0,99	0,47	10,9	23,2	0,8/0,81/0,64
13	0,15	0,96	0,45	10,6	23,6	0,4/0,41/0,16
14	0,15	0,93	0,44	11,2	25,5	1,5/1,53/2,25
15	0,15	0,96	0,45	10,4	23,1	0,9/0,92/0,81
16	0,15	0,97	0,46	10,2	22,2	1,8/1,83/3,24
17	0,15	0,92	0,43	10,6	24,7	0,7/0,71/0,49
18	0,15	0,95	0,45	10,9	24,2	0,2/0,2/0,04
19	0,15	0,99	0,47	10,6	22,6	1,4/1,42/1,96
20	0,15	0,97	0,46	11,2	24,3	0,3/0,31/0,09
21	0,15	0,98	0,46	10,5	22,8	1,2/1,22/1,44
22	0,15	0,98	0,46	11,2	24,3	0,3/0,31/0,09
23	0,15	0,97	0,46	10,4	22,6	1,4/1,42/1,96
24	0,15	0,99	0,47	10,5	22,3	1,7/1,73/2,89
25	0,15	0,94	0,44	10,1	23,0	1,0/1,02/1,00
26	0,15	0,96	0,45	11,0	24,4	0,4/0,41/0,16
27	0,15	0,97	0,46	11,0	23,9	0,1/0,1/0,01
28	0,15	0,95	0,45	10,3	22,9	1,1/1,12/1,21
29	0,15	0,97	0,46	10,9	23,7	0,3/0,31/0,09
30	0,15	0,98	0,46	11,4	24,8	0,8/0,81/0,64
Среднее значение					***24***	**0,9/0,91/1,14**

В качестве модифицирующей добавки для гибридного связующего был выбран твердый концентрат УНТ марки С W2-45 (фирмы Arkema, Франция). Graphistrength C W2-45 представляет собой многослойные углеродные нанотрубки, диспергированные в карбоксиметилцеллюлозе (содержание УНТ – 45 масс. %) [6-8].

Из представленных данных видно, что введение УНТ приводит к увеличению адгезионной прочности с 18,8 МПа (для немодифицированных связующих) до 24 МПа (для связующих, модифицированных 0,1 масс. % УНТ). В случае испытания системы «базальтовое волокно – гибридное связующее» – 12 образцов имеют смешанный – адгезионно-когезионный характер разрушения, в системе «базальтовое волокно – модифицированное гибридное связующее» – 23 образца. Увеличение адгезионной прочности при введении УНТ обуславливается тем, что нанодисперсные частицы концентрируются на границе раздела фаз в системе «волокно-связующее» и заполняют дефектные зоны с меньшей плотностью. Вполне закономерно, что это должно привести также к увеличению физико-механических характеристик полимеркомпозитной арматуры.

Образцы базальтопластиковой арматуры на разработанном гибридном связующем подвергали механическим испытаниям согласно ГОСТ 31938-2012 «Арматура композитная полимерная для армирования бетонных конструкций. Общие технические условия». Были определены:

1. Предел прочности при осевом растяжении. Предел прочности $\sigma_в$, МПа, определяли по формуле (6):

$$\sigma_в = \frac{P}{A'} \qquad (6)$$

где P – разрушающая нагрузка, Н; A – площадь поперечного сечения стержня $A = \frac{\pi d^2}{4}$, мм^2.

2. Модуль упругости. Значение начального модуля упругости E_f, МПа, рассчитывали как отношение приращений нагрузок при растяжении в интервале от 0,2Р до 0,5Р и деформаций по формуле (7):

$$E_f = \frac{P_1 - P_2}{(\varepsilon_1 - \varepsilon_2)A}, \quad (7)$$

где P_1 – нагрузка, составляющая (50 ± 2) % разрушающей нагрузки, Н; P_2 – нагрузка, составляющая (20 ± 2) % разрушающей нагрузки, Н; ε_1 – деформация, соответствующая нагрузке P_1; ε_2 – деформация, соответствующая нагрузке P_2.

3. Предел прочности при сжатии. Предел прочности $\varepsilon_{вс}$, МПа, рассчитывали по формуле (8):

$$\varepsilon_{вс} = \frac{4P}{\pi d^2}, \quad (8)$$

где Р – разрушающая нагрузка, Н; d – номинальный диаметр, мм.

4. Предел прочности при поперечном срезе. Предельное напряжение при поперечном срезе τ_{sh}, МПа, рассчитывали по формуле (9):

$$\tau_{sh} = \frac{P}{2A}, \quad (9)$$

где Р – разрушающая нагрузка, Н; А – площадь поперечного сечения образца, $A = \frac{\pi d^2}{4}$, мм^2.

5. Устойчивость к щелочам. Метод предусматривает испытания по двум схемам:

- схема А – система, при которой образцы погружаются в щелочной раствор с последующим растяжением до полного разрушения. Контролируемые параметры – уровень pH, температура щелочного раствора, время выдержки;

- схема Б – система, при которой образцы, один конец которых снабжен испытательной муфтой для крепления его в испытательной машине, а другой, находившийся в щелочном растворе, соединен с бетоном, с последующим выдергиванием из бетона.

Контролируемые параметры – уровень pH, температура щелочного раствора, время выдержки. Щелочной раствор моделирует жидкую фазу бетона и имеет состав: 8,0 г NaOH и 22,4 г KOH на 1 л дистиллированной воды. Значение pH щелочного раствора находиться в пределах от 12,6 до 13. В нашей работе испытания проводили по схеме А.

6. Предельная температура эксплуатации. Метод основан на анализе термомеханической диаграммы, полученной при испытании образца на поперечный трехточечный изгиб до заданного значения прогиба и нагреве изогнутого образца в нагревательной камере, регистрации изменения нагрузки по мере роста температуры.

Длина образцов для испытаний составляла 12d – 60 мм. Длина рабочего участка этих образцов находилась в пределах 9d – 45 мм.

В табл. 2 представлены результаты испытаний в сравнении с промышленными аналогами.

Таблица 2

Результаты испытания базальтопластиковой арматур с промышленными аналогами

Наименование показателя	Требования ГОСТ 31938-2012	БПА на гибридном связующем	БПА на модифицированном гибридном связующем	Аналоги
Предел прочности при растяжении, МПа	> 800	838	1050	900-1100
Модуль упругости при растяжении, ГПа	> 50	53,5	52	45-55
Предел прочности при сжатии, МПа	> 500	600	805	600-800
Предел прочности при поперечном срезе, МПа	> 150	313	438	250-300
Устойчивость к щелочам: снижение предела прочности при растяжении после выдержки в щелочной среде Δσв, %	не более 25	18	19	15-18
Предельная температура эксплуатации, ^{0}C	> 60	220-230	270-280	100-120

В результате проведённых исследований можно сделать следующие выводы:

1. При введении в гибридное связующее концентрата УНТ адгезионная прочность соединения «базальтовое волокно – связующее» возрастает на 27,7 %, что вносит свой вклад в увеличении механических характеристик БПА.

2. Механические параметры БПА возрастают при введении в состав связующего УНТ:

- прочность при осевом растяжении – на 25,7 %;
- прочность при сжатии – на 34,2 %;
- прочность при поперечном срезе – на 40 %.

3. Сравнительный анализ комплекса свойств БПА на модифицированных гибридных связующих и промышленных аналогов выявил, что по механическим характеристикам и щелочестойкости разработанные композиции практически не уступают аналогам, а по предельной температуре эксплуатации значительно их превосходят.

4. Экономическая эффективность применения модифицированных гибридных связующих в составах БПА при расчёте сырьевой себестоимости составляет 37,8 %, это обусловлено заменой части дорогостоящих органических компонентов на доступное неорганическое сырье.

Список библиографических ссылок

1. Чалых А.Е., Щербина А.А. Адгезия полимеров // Клеи. Герметики. Технологии, 2007, № 11. – С. 2-15.
2. Чалых А.Е., Степаненко В.Ю., Щербина А.А., Балашова Е.Г. Адгезионные свойства сополимеров этилена и винилацетата // Клеи. Герметики. Технологии, 2008, № 7. – С. 2-10.
3. Богданова Ю.Г. Адгезия и ее роль в обеспечении прочности полимерных композитов – М.: МГУ, 2010. – 68 с.
4. Горбаткина Ю.А., Иванова-Мумжиева В.Г. Адгезионная способность саженаполненных эпоксидов // Клеи. Герметики. Технологии, 2008, № 11. – С. 2-5.
5. Фихтенгольц Г.М. Основы математического анализа. 4-е изд., стер. – М.: Лань, Ч. 1, 2002. – 440 с.
6. Хозин В.Г., Старовойтова И.А., Майсурадзе Н.В., Зыкова Е.С., Халикова Р.А., Корженко А.А., Тринеева В.В., Яковлев Г.И. Наномодифицирование полимерных связующих для конструкционных композитов // Строительные материалы, 2013, № 2. – С. 4-10.
7. Старовойтова И.А., Хозин В.Г., Корженко А.А., Халикова Р.А., Зыкова Е.С. Структурообразование в органо-неорганических связующих, модифицированных концентратами многослойных углеродных нанотрубок // Строительные материалы, 2014, № 1. – С. 12-20.
8. Старовойтова И.А., Абдрахманова Л.А., Хозин В.Г., Халикова Р.А. Особенности процессов структурообразования при модифицировании гибридных связующих // Материалы научных трудов Четвертых Воскресенских чтений «Полимеры в строительстве». – Казань, 2014. – С. 89-90.

Khalikova R.A. – post-graduate student
E-mail: rizida.khalikova@yandex.ru
Starovoitova I.A. – candidate of technical sciences
E-mail: irina-starovoitova@yandex.ru
Khozin V.G. – doctor of technical sciences, professor
E-mail: khozin@kgasu.ru
Sulejmanov A.M. – doctor of technical sciences, professor
E-mail: sulejmanov@kgasu.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Studying of adhesive interaction in system «basalt fiber – hybrid binder»

Resume

In the development and manufacture of basalt reinforcement on the hybrid binders, considerable attention was paid to research and improve the mechanical properties, chemical resistance. Adhesive strength in the «fiber – hybrid binders» has not been studied previously.

Although the transition zone occurs between the adhesive (binder) and substartom (fiber), is one of the important elements of the adhesive joint. It reflects the state of the surface of the substrate, the phase state of the system, the ability of components to the interpenetration, chemical and intermolecular interactions, etc. It is there are defects, and its phase structure and supramolecular strength determine the mechanism of deformation, cracking and fracture.

The most effective way to regulate the adhesive strength is a modification of the polymeric binder. The modification will reduce the residual stresses at the interface to improve the wetting of the surface of the binder fiber and to regulate the mechanism of destruction of surface layers of the polymeric matrix.

Definition adhesive strength of connections «fiber-binder» is a rather difficult task in terms of standardization of experimental samples and measurement conditions.

In our work to test the adhesion of «fiber-binder» was used by the classical method of pull-out. The measurement was conducted on model samples by the proposed method Gorbatkina Y.A.

Introduction CNT into the hybrid binder increases the adhesive strength on 27,7 %. This is because a nanoparticulate particle concentrating at the phase interface fill the defect area with a lower density. Quite naturally, it has also led to an increase in physical and mechanical characteristics of polymer composite reinforcement.

Keywords: adhesion strength, hybrid binders, basalt fiber, carbon nanotubes, the system «binder-fiber», basalt fiber reinforced.

Reference list

1. Chalykh A.E., Shcherbina A.A. Adhesion of polymers // Adhesives. Sealants. Technology, 2007, № 11. – P. 2-15.
2. Chalykh A.E., Stepanenko V.Iu., Shcherbina A.A., Balashova E.G. Adhesive properties of copolymers of ethylene and vinyl-acetic ester // Adhesives. Sealants. Technology, 2008, № 7. – P. 2-10.
3. Bogdanova Iu.G. Adhesion and its role in ensuring durability of polymeric composites – M.: MSU, 2010. – 68 p.
4. Gorbatkina Iu.A., Ivanova-Mumzhieva V.G. Adhesive ability of the epoxides filled with soot // Adhesives. Sealants. Technology, 2008, № 11. – P. 2-5.
5. Fikhtengol'ts G.M. Bases of the mathematical analysis // 4 ed. – M.: Lan'. Part 1, 2002. – 440 p.
6. Khozin V.G., Starovoitova I.A., Maisuradze N.V., Zykova E.S., Khalikova R.A., Korzhenko A.A., Trineeva V.V., Yakovlev G.I. Nanomodification of polymer binders for constructional composites // Construction Materials, 2013, № 2. – P. 4-10.
7. Starovoitova I.A., Khozin V.G., Korzhenko A.A., Khalikova R.A., Zykova E.S. Structure formation in organic-inorganic multiwall carbon nanotubes modified binders // Construction Materials, 2014, № 1. – P. 12-20.
8. Starovoitova I.A., Abdrakhmanova L.A., Khozin V.G., Khalikova R.A. Features of structure formation processes in the modification of hybrid binders // Materials science Proceedings of the Fourth Resurrection readings «Polymers in construction». – Kazan, 2014. – P. 89-90.

УДК 624.011.1:674-419.3
Хасаншин Р.Р. – кандидат технических наук, доцент
E-mail: olambis@rambler.ru
Сафин Р.Р. – доктор технических наук, профессор
E-mail: cfaby@mail.ru
Кайнов П.А. – аспирант, ассистент
E-mail: kpa-nv@rambler.ru
Казанский национальный исследовательский технологический университет
Адрес организации: 420015, Россия, г. Казань, ул. К. Маркса, д. 68

Исследование эксплуатационных свойств цементно-стружечных плит на основе термически модифицированного древесного сырья

Аннотация

Целью работы являлось возможность улучшения эксплуатационных характеристик цементно-стружечных плит за счет термомодифицирования древесного наполнителя.

Проведены исследования и разработан способ термомодифицирования древесины для возможности ее дальнейшего использования в композиционных материалах. Установлено, что предварительное термомодифицирование древесного сырья в диапазоне температур 453-483 К существенно снижает отрицательное влияние экстрактивных веществ на цементный камень. Экспериментально подтверждено повышения влаго- и водостойкости цементно-стружечной плиты на основе термообработанного древесного наполнителя.

Ключевые слова: цементно-стружечная плита, древесный наполнитель, термомодифицирование, композиционный материал, водостойкость.

Введение

В строительной отрасли наблюдается повышенный интерес к древесине и изделиям на ее основе [1, 2]. В отличие от нефти, угля древесина представляет собой широко распространенный возобновляемый ресурс природных самоорганизующихся материалов с огромным потенциалом неиспользованных функциональных возможностей и областей применения. Однако древесный наполнитель, как и многие другие органические целлюлозные заполнители, наряду с присущими им ценными свойствами (малая средняя плотность, дешевизна и др.) имеет и отрицательные качества, которые затрудняют получение материала высокой прочности: повышенная химическая агрессивность; развитие давления набухания; низкая адгезия по отношению к цементному камню. Известные химические методы деструкции древесины не позволяют эффективно использовать большую ее часть, и являются экологически неоправданными. [3].

В то же время в последние годы можно наблюдать возрастающий интерес к улучшению качества пиломатериалов при помощи термообработки. При этом, как известно термомодифицированная древесина благодаря изменениям, произошедшим с ней на молекулярном уровне, приобретает такие уникальные свойства, как повышенная водооталкиваемость, низкая гигроскопичность, устойчивость к гниению и воздействию вредителей [4-7].

Кроме того, в последние годы активно ведутся исследования в области создания композиционных материалов на основе термомодифицированной измельченной древесины. Поэтому нами была предложена технология производства цементно-стружечных плит, при котором предварительно высушенные древесные частицы, проходят термическое модифицирование кондуктивным способом [8].

Методы и материалы

Для исследования термомодифицирования древесных частиц была разработана экспериментальная установка по вакуумно-кондуктивной тепловой обработке материалов. Внешний вид созданной установки представлен на рис. 1.

Установка содержит камеру тепловой обработки, сообщенную с линией

вакуумирования, состоящей из вакуумного насоса и конденсатора. Подвод тепловой энергии к обрабатываемому пиломатериалу осуществляется контактным способом с помощью теплоподводящих поверхностей.

Рис. 1. Экспериментальная установка
вакуумно-кондуктивного термомодифицирования древесных материалов

Установка работает следующим образом. Исследуемый материал взвешивают и помещают на теплоподводящую поверхность камеры. После чего камеру герметизируют.

В процессе проведения эксперимента за счет перепада давления поверхность перемещается по направлению к обрабатываемому материалу и плотно его облегает. В результате плотного контакта материала с греющими поверхностями происходит интенсивное его нагревание.

Одновременно в работу включается вакуумный насос и производится подача хладагента в конденсатор. Отсутствие свободного объема обеспечивает мгновенный отвод парогазовой смеси через перфорированные пластины в систему вакуумирования.

Параметры процесса термомодифицирования древесного сырья варьировались в следующих пределах: температура среды в период термообработки задавалась в интервале 453-493 К; остаточное давление в камере понижалось с атмосферного до 20 кПа; продолжительность обработки при заданной температуре составляло 15-30 минут.

После термической обработки древесное сырье необходимо лишить возможности самовозгорания, поэтому далее следует стадия охлаждения без доступа кислорода воздуха и доводка влажности древесины до эксплуатационных значений.

Создание цементно-стружечной плиты на основе модифицированной древесины осуществлялось следующим образом. Для создания образцов изделий были изготовлены металлические контейнеры с размерами полости 500*100*20 мм.

Для удобства расчетов удельной поверхности древесного наполнителя была использована стружка со средним сечением 1,5*3 мм и длиной 10, 20, 40 и 60 мм.

Для изготовления цементно-стружечной плиты из модифицированной древесины применяли стружку: не подвергнутую специальным видам обработки и термически обработанную при различных температурах до прекращения потери массы.

Для локализации замедляющего действия экстрактивных веществ, содержащихся в целлюлозном наполнителе и для ускорения процессов твердения древесно-наполненной композиции применяли различные минерализирующие гидротационные добавки: хлорид алюминия (20-30 г.), жидкое стекло (20-40 мл.), хлорид кальция (10-20 г.).

После приготовления смеси осуществлялось формование изделия в контейнерах с помощью вибростола в течение ранее определенного интервала времени достаточного для полной усадки смеси – 7 мин. Далее отформованная смесь выдерживалась в контейнерах в течение суток с последующим извлечением и выдержкой в условиях помещения в течение 30 дней для достижения полной цементации.

Результаты и обсуждение результатов

Используя методику, описанной в ГОСТ 9621-72, определяли водопоглощение цементно-стружечных плит, созданных на основе термомодифицированного и необработанного древесного сырья. Результаты исследований, приведенные на рис. 2 показывают, что плиты толщиной 18 мм, изготовленные из древесных стружек, необработанных термическим способом имеют гораздо больший коэффициент изменения геометрического размера, по сравнению с образцом, полученного из термомодифицированного древесного сырья.

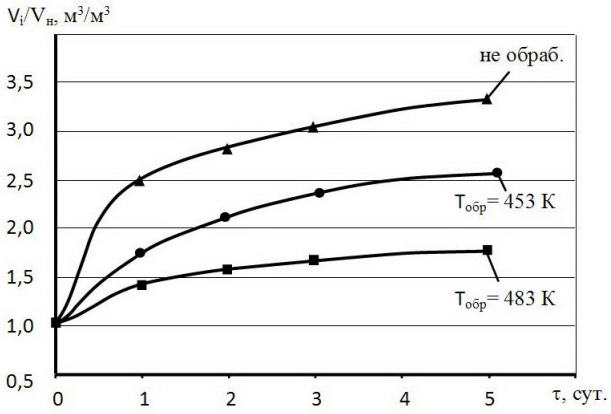


Рис. 2. Кинетика относительного объема образцов,
созданных из термомодифицированного и не обработанного древесного сырья

Таким образом, можно сделать вывод, что предварительная термическая обработка приводит к уменьшению размероизменяемости цементно-стружечной плиты во влажных условиях.

Для проведения исследований композиционных материалов на прочность при изгибе, использовалась универсальная испытательная машина марки ИР 5082-50.

В результате проведенных исследований по определению предела прочности на изгиб цементно-стружечной плиты, полученного из термически обработанных древесных частиц и прошедшего: многократное увлажнение и сушку с количеством циклов равное 20, заморозку и оттаивание с количеством циклов – 20, получена графическая зависимость, представленная на рис. 3.

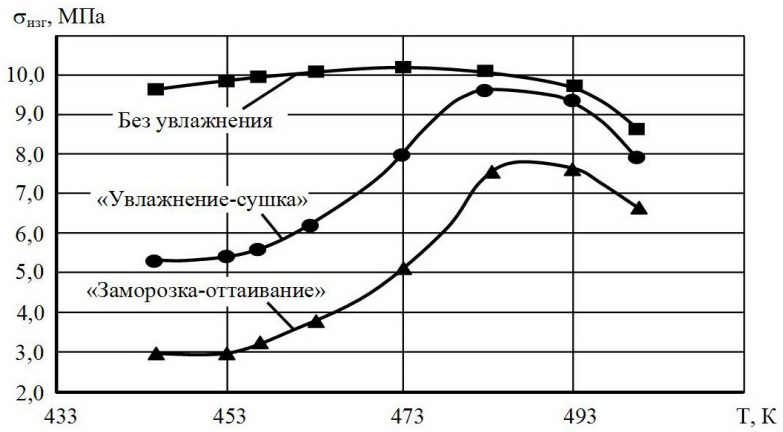


Рис. 3. Предел прочности на сжатие цементно-стружечных плит,
изготовленных из древесных частиц, прошедших тепловую обработку

Увлажнение исследование образцов осуществлялось путем их выдержки в воде комнатной температуры в течении двух дней, а сушка производилась в сушильной камере при температуре 105 °С до постоянной массы. Из графика, приведенного на рис. 3 видно, что предварительное термическое модифицирование древесных частиц в процессе изготовления цементно-стружечной плиты позволяет значительно увеличить эксплуатационные характеристики данного материала при тепловом воздействии в диапазоне 455-485 К и, как следствие, расширить области его возможного использования.

Также в ходе анализа зависимостей установлено, что нарастание предела прочности происходит с уменьшением размеров древесного наполнителя, это объясняется увеличением концентрации портландцемента в единице объема образца и увеличением толщины прослойки вяжущего вещества.

Результаты исследований по определению адгезионной прочности минеральных вяжущих к поверхностям древесины различной породы до и после модифицирования показали, что адгезионная прочность связующих на основе портландцемента меняется в широких пределах в зависимости от состава и метода обработки древесного наполнителя. Термообработка, в лучшем случае, не сказывается на адгезию, а зачастую и уменьшает ее, что может объясняться ухудшением смачиваемости термодревесины. Введение таких химических добавок, как сульфат алюминия и жидкое стекло, приводит к повышению адгезионной прочности связующих к модифицированной древесине. Максимальная адгезионная прочность цементно-стружечной плиты достигается при добавлении в состав композита обоих минеральных добавок: жидкого стекла и сульфата алюминия.

Заключение

На основе проведенных экспериментальных исследований было выявлено, что вакуумно-кондуктивное термомодифицирование древесного сырья вызывает снижение гигроскопичности материала при увеличении температуры и продолжительности обработки. По результатам исследований влияния высокотемпературной обработки древесного сырья без доступа кислорода воздуха установлена целесообразность использования данного вида обработки в производстве древесно-цементных композиционных материалов с целью повышения его водостойкости.

Список библиографических ссылок

1. Кузнецов И.Л., Гимранов Л.Р., Крайнов И.В. Разработка и исследование клеефанерной двутавровой балки // Известия КГАСУ, 2013, № 2 (24). – С. 108-112.
2. Камалова З.А., Смирнов Д.С., Рахимов Р.З. Сопротивление теплопередаче стен с сыпучим теплоизоляционным материалом на основе древесных опилок // Известия КГАСУ, 2012, № 1 (19). – С. 103-109.
3. Кононов Г.Н., Угрюмов С.А., Федотов А.А. Химическое взаимодействие древесных частиц со связующим на основе фуранового олигомера в структуре древесно-стружечных плит // Энциклопедия инженера-химика, 2014, № 1. – С. 24-26.
4. Safin R.R. Razumov E.Y., Štefan Barcнk, Monika Kvietkov, Khasanshin R.R. Studies on mechanical properties of composite materials based on thermo modified timber // Drvna industrija (Wood industry), 2012, Т. 64, № 1. – P. 3-8.
5. Разумов Е.Ю., Сафин Р.Р. Исследование термомодифицирования древесины в топочных газов // Деревообрабатывающая промышленность, 2012, № 1. – С. 15-18.
6. Хасаншин Р.Р., Сафин Р.Р. Исследование изменения химического состава древесины, подвергнутой термомодифицированию, с помощью ИК-спектрометра // Вестник Казанского технологического университета, 2010, № 9. – С. 116-122.
7. Владимирова Е.Г. Исследование предела прочности при изгибе термически модифицированной древесины сосны // Вестник Московского государственного университета леса – Лесной вестник, 2011, № 5. – С. 102-104.
8. Данилова Р.В., Хасаншин Р.Р. Предварительная термическая обработка древесного наполнителя в производстве ДПКМ // Вестник Казанского технологического университета, 2012, Т. 15, № 7. – С. 62-64.

Khasanshin R.R. – candidate of technical sciences, associate professor
E-mail: olambis@rambler.ru
Safin R.R. – doctor of technical sciences, professor
E-mail: cfaby@mail.ru
Kainov P.A. – post-graduate student, assistant
E-mail: kpa-nv@rambler.ru
Kazan national research technological university
The organization address: 420015, Russia, Kazan, Karl Marks st., 68

Study of operational properties of cement-shaving boards based on thermally modified wood materials

Resume

The problem of the quality use of the wood and wood waste becomes more relevant both in Russia and in the world at the present time. Therefore, the development of resource-saving technologies for modifying of the properties of wood for the purpose of its further use in composite materials is an important task.

Conducted research and the developed methods of thermomodification of wood for the possibility of its further use in composite materials with enhanced performance characteristics are presented in this work. The feasibility of using this type of processing in the manufacture of wood-cement composites to improve their operational characteristics is proved by results of researches of the influence of high temperature processing of wood raw material without access of oxygen: it is established that the preliminary high temperature treatment reduces significantly the content of «cement poisons» in the wood, the hygroscopicity and the development of swelling pressure and, consequently, allows you to create a composite material that is resistant to operation in conditions of high humidity. Thermal effect in the temperature range 483K raises significantly the operational characteristics of cement-shaving boards, while increasing its resistance.

Keywords: cement board, wood filler, termomodification, composite material, water resistance.

Reference list

1. Kuznetsov I.L., Gimranov L.R., Krainov I.V. Development and research of glue-laminated plywood I-deam // News of the KSUAE, 2013, № 2 (24). – P. 108-112.
2. Kamalova Z.A., Smirnov D.S., Rachimov R.Z. Thermal resistance of walls with insulation materials loose on the basis of sawdust // News of the KSUAE, 2012, № 1 (19). – P. 103-109.
3. Kononov G.N., Ugryumov S.A., Fedotov A.A. Chemical interaction of wood particles and binding agent based on furane oligomer in structure of wood chipboards. // Entsiklopediya Inzhenera-Khimika, 2014, № 1. – P. 24-26.
4. Safin R.R. Razumov E.Y., Štefan Barcнk, Monika Kvietkov, Khasanshin R.R. Studies on mechanical properties of composite materials based on thermo modified timber // Drvna industrija (Wood industry), 2012, T. 64, № 1. – P. 3-8.
5. Razumov E.U., Safin R.R. Investigation termomodifitsirovaniya wood among the flue gases // Woodworking industry, 2012, № 1. – P. 15-18.
6. Khasanshin R.R., Safin R.R. The study of changes in the chemical composition of wood, subjected to termomodification, using the infrared spectrometer // Herald of Kazan technological university, 2010, № 9. – P. 116-122.
7. Vladimirova E.G. Effect of heat treatment mechanical and physical properties of pine // Moscow state forest university bulletin – Lesnoy vestnik, 2011, № 5. – P. 102-104.
8. Danilova R.V., Khasanshin R.R. Preliminary thermal treatment of wood filler in the production of wood-polymer composite // Herald of Kazan technological university, 2012, T. 15, № 7. – P. 62-64.

УДК 625.7/.8
Хафизов Э.Р. – кандидат технических наук, доцент
E-mail: hafizov@kgasu.ru
Фомин А.Ю. – кандидат технических наук, доцент
E-mail: fomin-al.78@mail.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

Применение модифицированных битумов для дорожного строительства Республики Татарстан

Аннотация

Осуществлена модификация нефтяных дорожных битумов добавками полимеров класса термоэластопластов. Исследованы основные физико-технические свойства полимерно-битумных вяжущих. Показано, что полученные полимерно-битумные вяжущие могут быть весьма эффективны в составе полимерасфальтобетона для верхних слоев покрытий автомобильных дорог.

Ключевые слова: автомобильная дорога, битум, полимеры, полимерно-битумное вяжущее.

В настоящее время в Республике Татарстан наиболее распространенным материалом покрытий автомобильных дорог является асфальтобетон. Однако производимые асфальтобетоны на основе нефтяного битума не всегда способны обеспечить требуемые физико-механические свойства покрытий и их долговечность в условиях современного грузонапряженного и интенсивного движения. Так низкая эластичность битума, недостаточные показатели трещиностойкости и температурного интервала работоспособности ограничивают срок службы асфальтобетонных покрытий в жаркий летний период и при отрицательных температурах. Одним из основных способов повышения сроков службы асфальтобетонных покрытий в силу физической природы и структурных особенностей асфальтобетона является изменение структуры и свойств вяжущих материалов, используемых для его приготовления [1, 2, 3].

Наиболее распространенным способом является модификация битумов полимерными добавками, поскольку при такой модификации битуму передается ряд ценных свойств, присущих полимерам: прочность, стойкость к старению и агрессивным средам, эластичность в широком интервале положительных и отрицательных температур [4, 5, 6, 7].

В работе были подобраны составы полимерно-битумных вяжущих (ПБВ) и проведен сравнительный анализ показателей их свойств (табл.). В качестве исходных материалов применялись битум марки БНД 60/90 производства ОАО «ТАИФ-НК», модифицирующие добавки – термоэластопласты: ДСТ 30Р-01, LG Chem, ТЭП (смесевой термоэластопласт), Кратон Д-1101. Далее производилась сравнительная оценка показателей свойств ПБВ с требованиями ГОСТ 22245-90 «Битумы нефтяные дорожные вязкие. Технические условия» [8].

На рис. 1 показано, что для битумов марки БНД 60/90 образование новой эластичной структурной сетки достигается при содержании от 3 до 4 % ДСТ, Кратон Д-1101, LG Chem и ТЭП, что соответствует минимальному эффективному содержанию полимера в ПБВ. Это подтверждается высоким значением показателя эластичности, присущем собственно эластомерам. Так, например, содержание 5 % полимера LG Chem повышает показатель эластичности до 90,9 %, а полимера Кратон Д-1101 до 97,6 %.

Введение в битум БНД 60/90 различных добавок приводит к существенному повышению температуры размягчения (рис. 2). Наиболее высокими показателями температуры размягчения (до 87,7 ^{o}C) обладает битум, модифицированный 5 % полимера Кратон Д-1101. Интенсивность роста температур размягчения ПБВ модифицированных ДСТ, LG Chem и ТЭП, несколько ниже и при аналогичных концентрациях полимера составляют 80, 82,5 и 74 ^{o}C соответственно. В целом, характер повышения температуры размягчения носит линейный характер.

Таблица

Показатели физико-технических свойств полимерно-битумных вяжущих

№	Вид вяжущего	Показатели свойств					
		$П_{25}$, мм·0,1	$П_0$, мм·0,1	$Т_р$, °С	$Д_{25}$, см	$Д_0$, см	$Э$, %
1	БНД 60/90 + 2 % ДСТ	55,2	22,7	57,3	55,6	5,8	70,9
2	БНД 60/90 + 3 % ДСТ	48,3	27,7	62,1	48,0	7,8	85,5
3	БНД 60/90 + 4 % ДСТ	36,4	26,3	72,4	42,7	5,8	86,7
4	БНД 60/90 + 5 % ДСТ	33,7	25,3	80,0	42,7	6,9	88,67
5	БНД 60/90 + 2 % LG Chem	58,6	23,0	59,6	41,4	8,7	75,2
6	БНД 60/90 + 3 % LG Chem	55,1	22,7	66,8	32,8	7,5	88,5
7	БНД 60/90 + 4 % LG Chem	46,5	20,0	73,2	27,6	9,0	90,0
8	БНД 60/90 + 5 % LG Chem	36,3	19,0	82,5	24,3	3,5	90,9
9	БНД 60/90 + 2 % ТЭП	49,0	25,0	59,0	24,0	4,1	40,6
10	БНД 60/90 + 3 % ТЭП	40,6	27,3	65,2	11,2	4,0	49,1
11	БНД 60/90 + 4 % ТЭП	33,7	33,0	70,2	6,6	2,7	49,1
12	БНД 60/90 + 5 % ТЭП	30,0	34,0	73,8	5,4	2,5	50,0
13	БНД 60/90 + 2 % Кратон Д-1101	41,3	22,7	64,7	53,3	9,0	84,8
14	БНД 60/90 + 3 % Кратон Д-1101	33,7	21,7	70,7	44,5	6,5	96,0
15	БНД 60/90 + 4 % Кратон Д-1101	27,0	22,6	77,0	41	7,5	96,4
16	БНД 60/90 + 5 % Кратон Д-1101	24,3	24,6	87,7	40,0	8,3	97,6
17	ТАИФ НК 60/90	61	31	50,2	76	4,1	-
ГОСТ 22245-90		60-90	не менее 20	не ниже 47	не менее 55	не менее 3,5	-

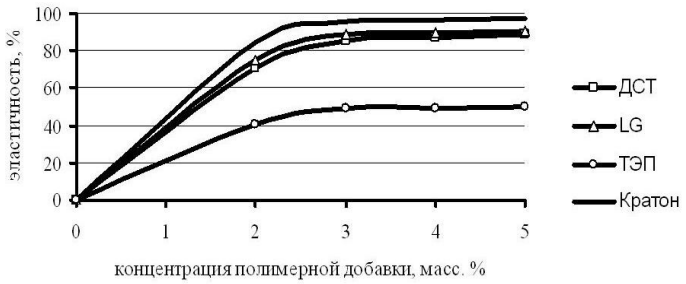


Рис. 1. Зависимость эластичности ПБВ от содержания полимеров при 25 °С

При 25 °С пенетрация модифицированных битумов снижается с увеличением процентного содержания добавок, в среднем на 50 % (рис. 3). Таким образом, введение термоэластопластов в дорожный битум приводит к увеличению вязкости битума и снижению пластичности, что компенсируется улучшением низкотемпературных и эластических свойств.

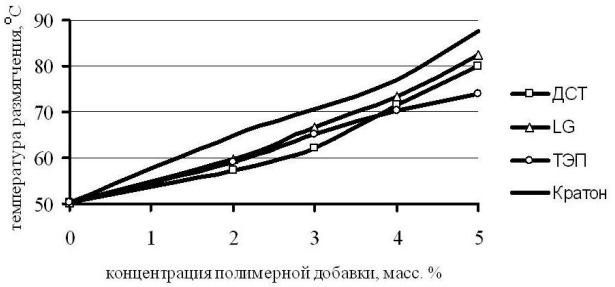


Рис. 2. Зависимость температуры размягчения ПБВ от содержания полимеров

При 0 °С пенетрация незначительно возрастает с увеличением содержания полимеров. Это объясняется, вероятно, снижением температурной чувствительности ПБВ, то есть при пониженной температуре полимерно-битумное вяжущее приобретает некоторую деформативность и соответственно повышенную работоспособность в дорожных покрытиях в зимнее время.

Из представленных зависимостей температуры размягчения и пенетрации четко прослеживается влияние концентрации полимеров на свойства получаемых вяжущих.

Снижение пластических свойств битума при введении полимеров также подтверждается резким снижением растяжимости вяжущего при 25 °С, что косвенно отражает образование пространственной структуры в ПБВ и повышение его структурированности (рис. 4). Так, при проведении испытаний полоса вяжущего толщиной 3-5 мм образует так называемую «шейку» характерную для эластомеров, разрыв ее имеет эластичный характер.

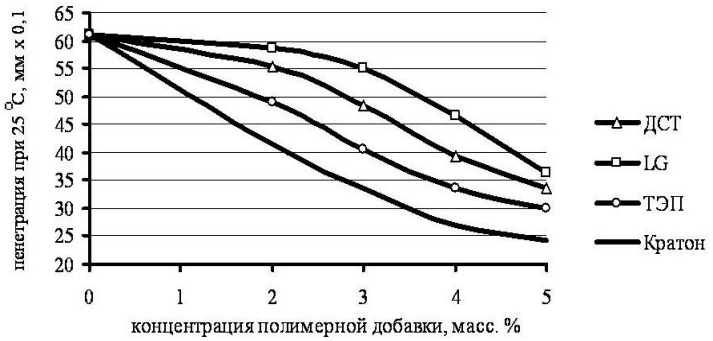


Рис. 3. Зависимость пенетрации ПБВ от содержания полимеров при 25 °С

С увеличением процентного содержания полимеров дуктильность при 25 °С снижается с 76,0 см до 42,7 см при концентрации 5 % ДСТ; до 40,0 см при концентрации 5 % Кратон Д-1101; до 24,3 см при концентрации 5 % LG Chem и до 5,4 см с ТЭПом.

Однако при 0 °С дуктильность незначительно увеличивается, кроме составов на ТЭП.

Полученные данные по показателям дуктильности полностью кореллируют с показателями пенетрации и еще раз подтверждают вывод о снижении температурной чувствительности ПБВ в области низких температур.

Анализ зависимостей показателей свойств ПБВ от концентрации различных видов полимеров, приготовленных на битуме марки БНД 60/90 показал, что их характер аналогичен, а различие заключается, как правило, лишь в абсолютных значениях показателей свойств.

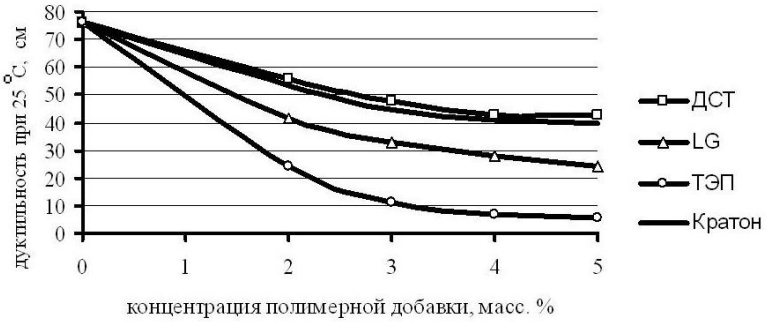


Рис. 4. Зависимость дуктильность ПБВ от содержания полимеров при 25 °С

Таким образом, все модифицирующие добавки, как показали экспериментальные исследования, положительно влияют на все технические характеристики битума (температуру размягчения, пенетрацию при 0 °С, дуктильность при 0 °С, эластичность и

адгезию к минеральным материалам). Наиболее высокие показатели свойств приобретают битумы модифицированные полимерами Кратон Д-1101, ДСТ, LG Chem которые существенно превосходят значения ГОСТ 22245-90.

Приведенные данные показывают, что варьируя содержанием полимера в ПБВ можно добиться любых требуемых эксплуатационных показателей. Это положение принципиальным образом меняет ситуацию с вяжущими – то есть появляется возможность регламентировать региональные требования к вяжущим и реализовать их. Поэтому данные составы могут быть весьма эффективными для получения полимерасфальтобетона с наилучшими эксплуатационно-техническими характеристиками в дорожной отрасли Республики Татарстан.

Список библиографических ссылок

1. Хафизов Э.Р. Применение битумно-полимерных вяжущих для повышения сроков службы дорожных покрытий. Материалы IV Международной научно-практической конференции «Автомобиль и техносфера». – Казань: КГТУ, 2005. – С. 318.
2. Брехман А.И., Хафизов Э.Р. Применение модифицированного битума в дорожном строительстве. Труды Второго Всероссийского Дорожного Конгресса. – М.: МОО «Дорожный Конгресс». – МАДИ (ГТУ), 2010. – С. 282-285.
3. Хафизов Э.Р. Применение битум-полимерного вяжущего в асфальтобетоне. Материалы VI Международной научно-практической конференции «Автомобиль и техносфера». – Казань: Мир без границ, 2011. – С. 340.
4. Отчет по НИР. Инв. № 01200202544. Брехман А.И. и др. Исследование свойств местных материалов и грунтов, укрепленных добавками вяжущих веществ, для дорожного строительства.
5. Отчет о научно-технической работе по г/к № 4 от 14.02.2011. Брехман А.И. и др. Проведение лабораторных исследований добавок к дорожно-строительным материалам (дорожным битумам, асфальтобетонам).
6. Хафизов Э.Р., Минкин Б.М. Битум-полимерные вяжущие для дорожного строительства с применением нефтехимического комплекса Республики Татарстан. – Белгород: БГТУ, 2013. – С. 406-409.
7. Хафизов Э.Р., Камалтдинов Л.Р. К вопросу о применении полимерно-битумных вяжущих в Республике Татарстан. – Новосибирск: СибАК, 2014, № 8-9. – С. 16-23.
8. Отчет о научно-технической работе по договору № 69 от 23.06.2014 г. Вдовин Е.А. и др. Разработка Стандарта организации «Асфальтобетоны дорожные на основе полимерно-битумных вяжущих».

Khafizov E.R. – candidate of technical sciences, associate professor
E-mail: hafizov@kgasu.ru
Fomin A.U. – candidate of technical sciences, associate professor
E-mail: fomin-al.78@mail.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Application of modified bitumen for road construction Republic of Tatarstan

Resume

Low elasticity of bitumen, insufficient performance and crack resistance temperature range performance limit lifespan of asphalt concrete pavement on a hot summer period and at low temperatures. One of the main ways to increase the service life of asphalt concrete pavements because of the physical nature and the structural features of asphalt concrete is to change the structure and properties of binding materials, polymer modification. By varying the polymer content in polymer-bitumen binders can achieve any desired performance. This situation is fundamentally changes the situation with knitting – that is, it becomes possible to

regulate regional requirements astringent and implement them. The important features of technology for preparation of polymer-bitumen binders are: rapid alignment of the polymer to the bitumen, the ability to maintain a mixture of long time stability of the structure over time. Thus a better distribution (homogenization) of polymers in bitumen medium is achieved by using a colloid mill disperser, and other similar devices. In the Republic of Tatarstan, since 2005, with the construction, repair and reconstruction of roads leading travel organizations were applied asphalt mixture on polymer-bitumen binders in different parts of a total length of over 63 km.

Keywords: highway, bitumen, polymers, polymer-bitumen binders.

Reference list

1. Khafizov E.R. Application of bituminous-polymeric binders for increased service life of pavements. Proceedings of the IV International scientific and practical conference «The car and technosphere». – Kazan: Kazan State Technical University, 2005. – 318 p.
2. Brehman A.I., Khafizov E.R. The use of modified bitumen for road construction. Materials of the Second All-Russian Congress of the road. – M.: IPO «Road Congress». – MADI (STU), 2010. – P. 282-285.
3. Khafizov E.R. Application of the bitumen-polymer binder in asphaltic concrete. Proceedings of the VI International scientific and practical conference «The car and technosphere». – Kazan: A world without borders, 2011. – 340 p.
4. The report on research work. Inv. № 01200202544. Brehman A.I. and others. Study of the properties of local materials and soils stabilized additives binders for road construction.
5. Report on the scientific and technical work on the g/c number 4 from 14.02.2011. Brehman A.I. and others. The laboratory studies of additives to road-building materials (road bitumen, asphalt concrete).
6. Khafizov E.R., Minkin B.M. Bitumen-polymer binders for road construction with the use of a petrochemical complex in the Republic of Tatarstan. – Belgorod, BSTU, 2013. – P. 406-409.
7. Khafizov E.R., Kamaltdinov L.R. On the question of the application of polymer-bitumen binders in the Republic of Tatarstan. – Novosibirsk: Sibac, 2014, № 8-9. – P. 16-23.
8. Report on the scientific and technical work under the contract number 69 dated 23.06.2014. Vdovin E.A. and others. Development of standards organizations «Asphalt concrete based polymer-bitumen binders».

УДК 69.058.7
Богданов Р.Р. – аспирант, ассистент
E-mail: bogdanov.r.r@yandex.ru
Ибрагимов Р.А. – кандидат технических наук, старший преподаватель
E-mail: rusmag007@yandex.ru
Изотов В.С. – доктор технических наук, профессор
E-mail: v_s_izotov@mail.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

Устройство безрулонной монолитной кровли и определение её характеристик

Аннотация

В статье приводится результаты исследования физико-механических свойств и температурных деформаций самоуплотняющегося бетона для безрулонной кровли, а также технология ее устройства. С учетом полученных усадочных и температурных деформаций рассчитаны размеры рабочих карт. Показана технико-экономическая эффективность устройства разработанной кровли в сравнении с устройством рулонной кровли.

Ключевые слова: кровля, рулонные материалы, самоуплотняющийся бетон.

В современном строительстве индустриальных производственных и гражданских зданий большое значение приобретает повышение производительности труда и качества выполнения кровельных работ. Состояние технологии устройства кровель в индустриальном строительстве в целом не удовлетворяет требованиям его индустриализации [1-3].

Применяемые в строительстве конструкции покрытия многооперационные, требуют больших затрат на устройство пароизоляции, укладку утеплителя и устройство кровли в построечных условиях. В связи с этим очевидно, что современная технология устройства кровель в индустриальном строительстве вошла в противоречие с требованиями индустриализации и качества работ [4-5].

На основе анализа отечественной литературы кровлю можно классифицировать на следующие виды [6-7]:

- рулонные кровли;
- битумные рулонные кровли;
- мастичные кровли;
- мембранные покрытия;
- кровли из листовых материалов;
- инверсионные кровли.

Новым направлением при устройстве плоских рулонных кровель является устройство кровли из самоуплотняющегося бетона, на конструкцию которой получен патент на полезную модель [8].

Состав безрулонной монолитной кровли представлен на рис. 1.

Безрулонная монолитная кровля состоит из уложенного слоя пароизоляции на сборную или монолитную железобетонную плиту покрытия, жесткого минераловатного утеплителя, резиновой гидрошпонки и верхнего гидроизоляционного слоя из самоуплотняющегося бетона.

Слой из резиновой шпонки выполняет функцию компенсатора усадочных и температурных деформаций.

В качестве компенсатора усадочных и температурных деформаций использована резиновая шпонка АКВАСТОП тип ХО-220-4/25, которая выполнена в соответствии с ТУ 5775-002-46603100-03, а в качестве жесткого минераловатного утеплителя – плитные минераловатные утеплители для кровельных покрытий зданий и сооружений марки РУФ БАТТС, в соответствии с ТУ 5762-005-45757203-99.

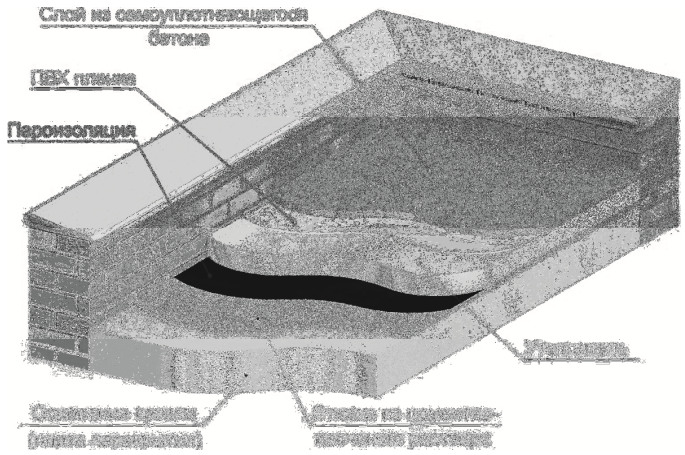


Рис. 1. Устройство безрулонной монолитной кровли

Для определения усадочных деформаций самоуплотняющегося бетона разработали модель, изображенную на рис. 2.

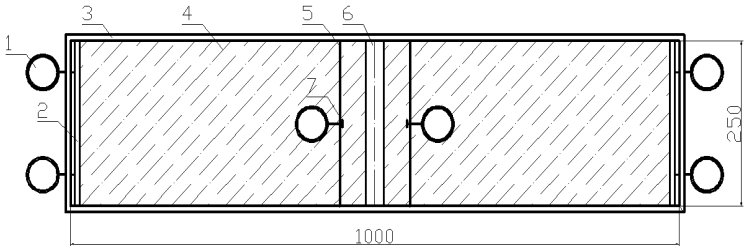


Рис. 2. Модель для определения усадки: 1 – индикатор часового типа ИЧ-10; 2 – репер (планка соединенная с образцом из бетона при помощи анкеровки); 3 – корпус модели; 4 – исследуемый образец бетона; 5 – крепление для индикатора часового типа; 6 – гидрошпонка; 7 – репер (металлическая пластина, заанкеренная в бетон)

Модель для определения усадки состоит из основания 3, с закрепленными на нем индикаторами часового типа ИЧ-10, для определения деформаций усадки и реперов 2, 7 жестко скрепленных с образцом бетона, на которые опираются ножки индикаторов.

Определение усадки модели кровли из СУБ производится в следующем порядке:

1) модель для определения усадки устанавливается на ровную горизонтальную поверхность, при этом необходимо исключить внешнее механическое воздействие на нее;

2) на дно модели укладывается ПВХ-пленка в два слоя, между слоями необходимо нанести тонкий слой смазки (с целью уменьшения трения между образцом бетона и моделью), боковые стенки модели также необходимо покрыть ПВХ-пленкой;

3) посередине модели укладывается гидрошпонка;

4) устанавливаются реперы;

5) на модель закрепляются индикаторы часового типа;

6) перед заливкой бетонной смеси необходимо закрепить реперы таким образом, чтобы они были неподвижными;

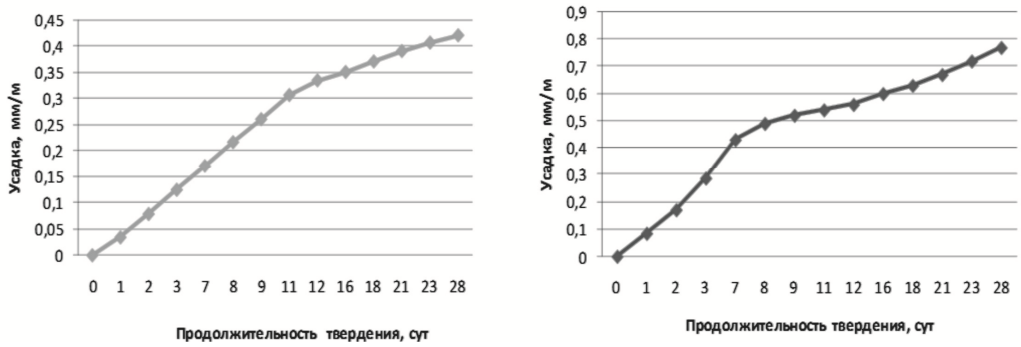
7) в модель заливается СУБ, при этом контролируется равномерное заполнение СУБ по всему объему модели, а также заданное положение реперов 7;

8) после затвердения бетонной смеси с реперов снимают крепления, индикаторы часового типа устанавливают в положение 0 большой стрелки, маленькая стрелка должна находиться на показании 5 мм;

9) снимают показания индикаторов по красным или черным отметкам, каждый день в течении первых трех суток, затем каждые семь суток;

10) эксперимент продолжают до прекращения усадки.

На рис. 3 приведены графические зависимости деформаций усадки от продолжительности твердения СУБ в естественных усовиях.



а) б)

Рис. 3. Графики усадочных деформаций:
а – график усадки гидрошпонки; б – общая усадка модели

По результатам проведенных исследований выявлено, что наибольшая усадка бетона происходит в направлении гидрошпонки, при этом ее значение составило 0,77 мм/м, что в 1,5 раза меньше стандартной величины усадки тяжелого бетона. Усадка бетона в направлении гидрошпонки свидетельствует о том, что гидрошпонка в составе конструкции безрулонной кровли работает как компенсатор усадочных деформаций.

Максимальная величина амплитуды сжатия и растяжения гидрошпонки в соответствии с данными производителя составляет: на сжатие 10 мм, на растяжение – 20 мм. Так как усадка СУБ составляет 0,77 мм/м, а гидрошпонка на сжатие работает на величину 10 мм, то получаем размеры деформационных карт 12х12 м.

Для определения температурных деформаций проведен следующий эксперимент. Экспериментальную модель, изображенную на рис. 2 поместили в морозильную камеру и выдерживали до наступления постоянной температуры – 40 ºС. При этом с помощью индикаторов часового типа фиксировали деформации бетона. График температурных деформаций изображен на рис. 4.

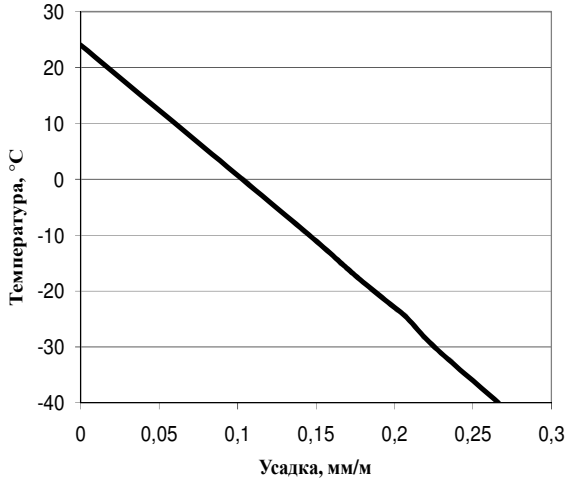


Рис. 4. График деформаций при отрицательных температурах

Из графика, изображенном на рис. 4 видно, что деформация бетона при температуре – 40 ºС составляет 0,255 мм/м. При этом, при отрицательных температурах гидрошпонка работает на растяжение, а в случае естественной усадки бетона, гидрошпонка также работает на растяжение.

В табл. представлен сметный расчет стоимость устройства безрулонной монолитной кровли в сравнении с рулонной кровлей.

Таблица

Сметная стоимость кровли из СУБ в сравнении с безрулонной

№ п/п	Наименование видов работ	Ед. изм.	Объем работ	Стоимость, руб.	Сметная стоимость, руб.	
					кровля из СУБ	рулонная кровля
1	Устройство пароизоляционного слоя	$м^2$	100,00	27,37	2737,00	2737,00
2	Устройство разуклонки между водоприемными воронками из клиновидного утеплителя 3,4 %	$м^2$	100,00	34,78	3478,08	3478,08
3	Устройство теплоизоляции, t=100 мм с механическим креплением в основание из ж/б плиты	$м^2$	100,00	472,26	47226,2	47226,2
4	Устройство гидроизоляции полимерной мембраной	$м^2$	100,00	86,08	–	8606,80
5	Устройство гидроизоляции примыканий полимерной мембраной t=1000 мм	шт.	56	101,7	–	5700,00
6	Устройство тепло, гидроизоляции примыканий к парапетам полимерной мембраной t=600 мм	м.п.	19,21	555,75	–	10676,96
7	Устройство ПВХ пленки	$м^2$	100,00	24,44	2444,00	–
8	Устройство гидрошпонки	п.м.	100,00	27,00	2700,00	–
9	Монтаж водосточных воронок, d=110 мм	шт.	2,00	4655,20	9310,40	9310,40
10	Укладка бетонной смеси (СУБ)	$м^2$	100,00	141,00	14100,00	–
Итого на 100 $м^2$:					81995,20	88734,20

Из данных, приведенных в таблице видно, что стоимость устройства кровли из СУБ на 100 $м^2$ составляет 81995,2 руб., в то время стоимость устройства кровли из рулонных материалов составляет 88734,2 руб., что на 7 % дороже. При этом в расчет не принималось значение срока службы кровли. С учетом проведенных исследований можно предполагать, что срок службы кровли из СУБ составляет примерно 40-45 лет, что на порядок выше срока службы рулонной кровли.

С учетом проведенных исследований выявлено, что усадка самоуплотняющегося бетона безрулонной монолитной кровли составляет 0,77 мм/м, при отрицательных температурах деформация бетона составляет 0,255 мм/м. С учетом этого рассчитаны размеры деформационных карт, которые составили 12х12 м. Стоимость кровли из СУБ дешевле на 7 % стоимости рулонной кровли.

Список библиографических ссылок

1. Анпилов С.М. Технология возведения зданий и сооружений из монолитного железобетона. Изд-во Ассоциации строительных вузов, 2010. – 576 с.
2. Афанасьев А.А. Возведение зданий и сооружений из монолитного железобетона. – М.: Стройиздат, 1999. – 380 с.
3. Веденеев Б.В. Прогрессивная технология устройства рулонных и мастичных кровель: – Н. Новгород: Изд-во Нижегород. госуниверситета, 1992. – 58 с.
4. Самодаев Е.Т., Козловский А.С. Технология кровельных работ. – М.: Стройиздат, 1972. – 262 с.
5. Беляков Г.Г. Применение прогрессивных методов гидроизоляции в строительстве. – Рига: Латв. Гос. изд-во, 2003. – 100 с.
6. Баженов Ю.М. Технология бетона. – М.: Изд-во АСВ, 2002. – 500 с.
7. Трефф Э. Долговечные конструкции плоских крыш: Пер. с нем. – М.: Стройиздат, 1998. – 136 с.
8. Безрулонная монолитная кровля: пат. 141336 Рос. Федерация. № 2013146301/03; заявл. 09.01.2014; опубл. 27.05.2014. Бюл. № 6. – 1 с.

Bogdanov R.R. – post-graduate student, assistant
E-mail: bogdanov.r.r@yandex.ru
Ibragimov R.A. – candidate of technical sciences, senior lecturer
E-mail: rusmag007@yandex.ru
Izotov V.S. – doctor of technical sciences, professor
E-mail: izotov_V_S@mail.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Construction of non-roll roofing and the definition of its characteristics

Resume

A new direction in the device flat roll roofing is a device of self-compacting concrete roof, the design of which received a patent for utility model. Designed non-roll monolithic roof consists of stacked layer vapor barrier on the team or monolithic concrete slab covering the hard mineral wool insulation, rubber waterstop and top waterproof layer of self-compacting concrete. Deformation of the model of non-roll roof was defined.

The results of the research revealed that the concrete shrinkage occurs in the direction waterstops, with the shrinkage of concrete was 0,77 mm/m, which is 1,5 times less than the standard value of the shrinkage of heavy concrete. Shrinkage of concrete in the direction waterstops suggests that Waterstops composed of self-compacting concrete for non-roll roof works as a compensator shrinkage strain, which confirms the previously hypothesized compensation shrinkage deformation SCC.

Technical and economic indicators non-roll roof were defined. The cost of the device non-roll roof 100 m^2 is 81,9952 rubles. While the cost of the device up roofing is 88,7342 rubles. Which is about 7 % more expensive.

Keywords: roof, roll materials, self-consolidating concrete.

Reference list

1. Anpilov S.M. Technology of buildings and constructions erection using monolithic reinforced concrete. Publish house of civil engineering universities association, 2010. – 576 p.
2. Afanasev A.A. The erection of buildings and constructions made of reinforced concrete. – M.: Storyizdat, 1999. – 380 p.
3. Vedeneev B.V. Progressive technology of roll roofing arrangement. – N. Novgorod: Publish house of N. Novgorod State University, 1972. – 262 p.
4. Samodaev E.T., Kozlovski A.S. Technology of roofing. – M.: Storyizdat, 1972. – 262 p.
5. Belakov G.G. Application of progressive methods of waterproofing in construction. – Riga: Latv. Gosizdat, 2003. – 100 p.
6. Bazhenov Y.M. Technology of concrete. – M.: ACB publish house, 2002. – 500 p.
7. Treff E. Durable designs of flat roofs: Per. with it. – M.: Stroiizdat, 1998. – 136 p.
8. Non-roll monolithic roofing: the patent 141336 Russian Federation. № 2013146301/03; It is declared 09.01.2014; it is published 27.05.2014. The bulletin № 6. – 1 p.

УДК 519.872.6: 656.021.2: 656.072-05: 656.11: 656.13
Брехман А.И. – доктор технических наук, профессор
Мусин В.И. – аспирант
E-mail:V.I.Musin@mail.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1

Исследование транспортно-эксплуатационных показателей и определение их закономерностей на обходных автомобильных дорогах вокруг средних и малых городов Республики Татарстан

Аннотация

Немаловажную роль в повышении уровня экологии и безопасности в городах и населенных пунктах решает вынос транзитного движения автотранспорта за их пределы. Особенно интенсивной транспортной нагрузке подвергаются городские участки магистральных дорог. Для развязки движения на подходах к городам, с целью исключения проезда через него транзитного транспорта, строятся обходные и объездные автомобильные дороги.

Целью данной работы является определение закономерности изменения интенсивности и состава движения, средней скорости движения при различных дорожных условиях на обходных автомобильных дорогах вокруг средних и малых городов Республики Татарстан для определения их пропускной способности, выбора числа полос движения, а также оценки безопасности дорожного движения, установления закономерности режима движения транспортных потоков и расхода топлива транспортных средств в конкретных дорожных условиях.

Ключевые слова: интенсивность движения, состав транспортного потока, скорость движения, плотность движения, обходные дороги.

Важнейшей характеристикой транспортного потока являются интенсивность и состав движения. Интенсивность и состав движения определяют значимость дороги, геометрические элементы, требуемый уровень организации движения, финансирование службы эксплуатации дороги и т.д.

Наблюдения за движением на обходных автомобильных дорогах вокруг средних и малых городов Республики Татарстан проводились с 2008 по 2013 годы.

Определение закономерности изменения интенсивности и состава движения проводилось на автодороге «Обход городов Зеленодольска и Волжска» как одной из характерных обходных автодорог в Республике Татарстан на основе учета интенсивности и состава движения.

В ходе наблюдений выявлено, что существенное изменение интенсивности движения на обходных автодорогах Республики Татарстан происходит с середины мая до середины октября с пиком в июле-августе-сентябре (рис. 1). Эти факты можно объяснить тем, что в эти периоды происходит усиленное массовое перемещение населения в связи с изменениями хозяйственной деятельности, проведением посевных кампаний и сбором урожая, неравномерным использованием личных автомобилей, наличием массовых отпусков. В мае происходит снижение интенсивности движения из-за ежегодного введения ограничения движения грузовых автомобилей с нагрузкой на ось более 6 тонн на период весенней распутицы на региональных дорогах Республики Татарстан и 7-8 тонн на ось на автодорогах федерального значения. В течение года интенсивность движения резко уменьшается в зимние месяцы. Этот период характеризуется низкими температурами воздуха и отсутствием массовых сельскохозяйственных работ.

Рис. 1. Изменение среднемесячной суточной интенсивности движения на автомобильной дороге «Обход городов Зеленодольска и Волжска»

Анализ изменения интенсивности движения в течение недели показывает, что наибольшая ее величина приходится на субботу и составляет около 16 % от суммарной интенсивности за неделю. Наибольшая интенсивность движения (с преобладанием легковых автомобилей) наблюдается в пятницу и субботу. В течение недели, кривая распределения интенсивности движения медленно растет с резким увеличением в пятницу и субботу (рис. 2).

Рис. 2. Изменение средненедельной суточной интенсивности движения на автомобильной дороге «Обход городов Зеленодольска и Волжска» в феврале-марте 2013 года

В понедельник интенсивность движения начинает увеличиваться и составляет более 12 % средненедельной суточной интенсивности движения. Во вторник, среду и четверг интенсивность движения сильно не меняется и составляет около 15 % средненедельной суточной интенсивности движения. В середине недели интенсивность движения приблизительно равна среднесуточной интенсивности движения в течение недели.

Интенсивность движения в течение суток меняется крайне неравномерно. Период наибольшей интенсивности наблюдается с 11 часов утра до 17 часов вечера. В среднем имеют место два «пиковых» периода с 10 до 12 часов дня и с 14 часов дня до 16 часов вечера. В период с 0 до 7 часов утра кривая распределения колеблется относительно в небольших пределах (рис. 3).

Рис. 3. Изменение среднесуточной часовой интенсивности движения на автомобильной дороге «Обход городов Зеленодольска и Волжска» в феврале-марте 2013 года

При оценке колебаний значений интенсивности движения по месяцам наиболее целесообразным представляется применение коэффициентов неравномерности. Наиболее существенные колебания интенсивности наблюдаются по сезонам года. Эти колебания вызваны изменением хозяйственной деятельности, проведением посевных кампаний и сбором урожая, неравномерным использованием частных автомобилей, наличием периода массовых отпусков. Особенным и характерным периодом для Республики Татарстан является период весенней распутицы. Для сохранности сети региональных дорог правительство Республики Татарстан своим постановлением ежегодно вводит ограничение движения грузовых автомобилей с нагрузкой на ось до 6 т на дорогах регионального значения. Данный период длится до 45 дней в зависимости от погодно-климатических условий, в основном проходит в период с 1 апреля по 10 мая и составляет не более 30 дней [1].

С использованием статистические данные учета интенсивности движения определены на двухполосных объездных и обходных автомобильных дорогах вокруг средних и малых городов коэффициенты месячной неравномерности интенсивности движения в условиях Республики Татарстан на примере автодороги «Обход городов Зеленодольска и Волжска» [2]:

– для летнего сезона года:

$$N_{лет.сут} = (0{,}96 - 1{,}67) N_{год.сут}, \quad (1)$$

где $N_{лет.сут}$ – среднесуточная интенсивность движения в период летнего сезона, тр.ед./сут.; $N_{год.сут}$ – среднегодовая суточная интенсивность движения, тр.ед./сут.;

– для зимнего сезона года:

$$N_{зим.сут} = (0{,}61 - 0{,}76) N_{год.сут}, \quad (2)$$

где $N_{зим.сут}$ – среднесуточная интенсивность движения в период зимнего сезона, тр.ед./сут.; $N_{год.сут}$ – среднегодовая суточная интенсивность движения, тр.ед./сут.;

– для месяцев года:

$$N_{мес.сут} = (0{,}53 - 1{,}67) N_{год.сут}, \quad (3)$$

где $N_{мес.сут}$ – среднемесячная суточная интенсивность движения, тр.ед./сут.; $N_{год.сут}$ – среднегодовая суточная интенсивность движения, тр.ед./сут.;

– для суток недели:

$$N_{сут} = (0{,}89 - 1{,}1) N_{нед.сут}, \quad (4)$$

где $N_{сут}$ – суточная интенсивность движения, тр.ед./сут.; $N_{нед.сут}$ – средненедельная суточная интенсивность движения, тр.ед./сут.;

– для дневных часов суток:

$$N_{днев.ч} = (0{,}56 - 0{,}92) N_{сут/ч.}, \quad (5)$$

где $N_{дневч}$ – среднечасовая интенсивность движения в светлый период, тр.ед./ч; $N_{сут.ч}$ – среднесуточная часовая интенсивность движения, тр.ед./ч;

– для ночных часов суток:

$$N_{ноч.ч} = (0{,}28 - 0{,}36)N_{сут.ч}, \quad (6)$$

где $N_{ноч.ч}$ – среднечасовая интенсивность движения в ночной период, тр.ед./ч; $N_{сут.ч}$ – среднесуточная часовая интенсивность движения, тр.ед./ч;

– для часа «пик» дня:

$$N_{час.пик} = (0{,}068 - 0{,}11)N_{сут.}, \quad (7)$$

где $N_{пик.ч}$ – часовая интенсивность движения в часы «пик», тр.ед./ч; $N_{сут}$ – суточная интенсивность движения, тр.ед./сут.

Транспортный состав движения также меняется по годам. Наблюдения с января по декабрь 2013 года на автодороге «Обход городов Зеленодольска и Волжска» показывают, что состав движения по часам суток и дням недели меняется в больших пределах и в среднем составляет: 64 % – легковых автомобилей; 32 % – грузовых автомобилей (всех типов грузовых автомобилей) и 4 % – автобусов.

Существенных колебаний интенсивности движения в течение месяца не отмечается. Наиболее заметные колебания интенсивности наблюдаются по сезонам года под влиянием метеорологических, погодно-климатических условий и введением временного ограничения грузового движения в период весенней распутицы.

Постоянные колебания интенсивности движения на автомобильных дорогах приводят к изменению условий движения и состояния транспортного потока и, следовательно, изменяют потребительские свойства дороги, уровень аварийности, эмоциональную напряженность водителей и удобства движения по дороге.

Для расчета перспективной интенсивности на период до 2020 года и последующие годы в Республике Татарстан принят ежегодный прирост в размере 5 % [3-5]. Данный показатель (процент) определен на основании анализа роста интенсивности с 2000 года, когда стала наблюдаться некоторая стабилизация роста транспортного потока после лавинообразного всплеска интенсивности в 90-х годах XX столетия (прогноз интенсивности движения).

Прогнозируемый состав движения на 2033 год на исследуемой автомобильной дороге будет составлять: 67,1 % – легковые автомобили, 28,9 % – грузовые автомобили и 4 % – автобусы [6].

По сравнению с 2013 годом в 2023 году среднегодовая среднесуточная интенсивность увеличиться в 2,65 раза.

Таким образом, можно предположить, что в ближайшее десятилетие будет продолжаться рост доли легковых автомобилей в транспортном потоке.

Скорость движения занимает важное место в проектировании автомобильных дорог, так как скорость является важнейшей характеристикой транспортно-эксплуатационных качеств автомобильных дорог [7].

Исследование закономерности изменения средней скорости движения транспортных средств на обходных автомобильных дорогах вокруг средних и малых городов республики имеет большое значение для определения их пропускной способности и выбора числа полос движения, а также оценки безопасности дорожного движения, установления закономерности режима движения транспортных потоков и расхода топлива транспортных средств в конкретных дорожных условиях.

Скорость движения как отдельных автомобилей, так и средняя скорость всего транспортного потока зависит от интенсивности, плотности и состава движения транспортного потока [7]. Результаты проведенных наблюдений показали, что с увеличением интенсивности и скорости движения интервал между движущимися друг за другом автомобилями уменьшается, они начинают сближаться.

При увеличении средней часовой интенсивности движения от 50 авт./час до 300 авт./час меняется состояние транспортного потока и снижается количество обгонов в связи с уменьшением числа интервалов во времени, достаточных для обгона. Все это

приводит к снижению величины средней скорости транспортных средств (на 20 км/ч для легковых автомобилей, на 4 км/ч для грузовых автомобилей, на 4,5 км/ч для автобусов и на 2,5 км/ч для автопоездов).

Наблюдения за средними скоростями движения транспортных средств на экспериментальной автодороге показали, что чем больше доля грузовых автомобилей, тем меньше средняя скорость транспортных средств.

При изменении доли грузовых автомобилей большой грузоподъемности в потоке (с 19 % до 32 %) разность средней скорости составляет для легковых автомобилей 3 км/ч и автопоездов – 4 км/ч. При увеличении доли вышеуказанных автомобилей разность средней скорости транспортных средств увеличивается.

Обобщенные результаты исследований средней скорости движения транспортных средств на автомобильной дороге «Обход городов Зеленодольска и Волжска» в целях выявления закономерностей их изменения с учетом влияния изменений дорожных условий путем обработки данных наблюдений с помощью метода наименьших квадратов позволили получить следующие уравнения:

1. Зависимость средней скорости движения транспортных средств (v, км/ч) от средней часовой интенсивности движения на полосе (N, авт./ч) при $100 \le N \le 900$ авт./час:

– для легковых автомобилей:

$$v = -0{,}814N^2 + 7{,}1338N + 61{,}98;\ R^2 = 0{,}7351; \quad (8)$$

– для грузовых автомобилей:

$$v = -0{,}2215N^2 + 1{,}6749N + 66{,}16;\ R^2 = 0{,}5993, \quad (9)$$

где R^2 – коэффициент детерминации.

2. Зависимость средней скорости движения транспортных средств (v, км/ч) от средней часовой плотности движения на полосе (q, авт./ч) при $125 \le q \le 265$ авт./полос/ч:

– легковых автомобилей:

$$v = -0{,}0246q^2 + 0{,}4478q + 73{,}474;\ R^2 = 0{,}1804; \quad (10)$$

– для грузовых автомобилей:

$$v = -0{,}0108q^2 + 0{,}3552q + 67{,}733;\ R^2 = 0{,}2872, \quad (11)$$

где R^2 – коэффициент детерминации.

3. Зависимость средней скорости движения транспортных средств (v, км/ч) от ширины проезжей части (B, м) при $6 \le B \le 9$:

– для легковых автомобилей:

$$v = 0{,}25x^2 + 1{,}25x + 72{,}75,\ R^2 = 0{,}951; \quad (12)$$

– для грузовых автомобилей:

$$v = 6E - 14x^2 + 3{,}2x + 59,\ R^2 = 0{,}984, \quad (13)$$

где R^2 – коэффициент детерминации.

4. Зависимость средней скорости движения транспортных средств (v, км/ч) от ширины обочины (b, м) при $1{,}0 \le b \le 2{,}5$ м:

– легковых автомобилей:

$$v = 9E - 14N^2 + 2{,}45N + 66{,}15;\ R^2 = 0{,}943; \quad (14)$$

– для транспортного потока:

$$v = 0{,}1N^2 + 2{,}74N + 63{,}2;\ R^2 = 0{,}978. \quad (15)$$

5. Зависимость средней скорости движения транспортных средств (v, км/ч) от ровности покрытия (s, м/км) при $2{,}7 \le s \le 5{,}45$ м/км:

– легковых автомобилей:

$$v = -0{,}009s^2 + 0{,}04s + 67{,}71;\ R^2 = 0{,}071; \quad (16)$$

– для грузовых автомобилей:

$$v = -0{,}05s^2 + 0{,}704s + 62{,}22;\ R^2 = 0{,}169, \quad (17)$$

где R^2 – коэффициент детерминации.

Полученные закономерности средней скорости движения транспортных средств в зависимости от состояния автомобильных дорог позволяют оценить характер движения транспортного потока при различных дорожных условиях.

Согласно проведенному анализу состояния аварийности на основных обходных автодорогах Республики Татарстан, количество ДТП из года в год увеличивается средними темпами несмотря на реализацию на территории Республики Татарстан республиканских целевых программ по повышению безопасности дорожного движения с 2008 по 2013 и последующие годы до 2020 года, соответственно в среднем на 7-10 % в год.

Обработка информации ДТП за последние 15 лет показывает, что до 6 % всех ДТП, произошедших вне городов и населенных пунктов городов, концентрируется на основных обходных автомобильных дорогах Республики Татарстан и составляет 0,55 ДТП на 1 км в год, что в 3-3,5 раза выше, чем на остальных автомобильных дорогах республики [8-10].

Таким образом, существующая сеть обходных автомобильных дорог вокруг средних и малых городов Республики Татарстан требует ее модернизации в соответствии с ежегодной возрастающей интенсивности движения, в том числе большегрузного автомобильного транспорта и осевой нагрузки, а также высокой плотности дорожно-транспортных происшествий, приходящихся на 1 км обходных автомобильных дорог Республики Татарстан.

Список библиографических ссылок

1. Закон Республики Татарстан от 3 августа 2009 года № 43-ЗРТ «Об автомобильных дорогах и о дорожной деятельности на территории Республики Татарстан». – Режим доступа: garant.ru Республика Татарстан 203822
2. Сильянов В.В. Теория транспортных потоков в проектировании дорог и организации движения. – М.: Транспорт, 1977. – 303 с.
3. Республиканская целевая программа «Развитие транспортного комплекса Республики Татарстан на 2006-2010 годы». Закон РТ № 64 ЗРТ от 03.08.2006 г. – Режим доступа: base.garant.ru.
4. Долгосрочная целевая программа «Развитие транспортного комплекса Республики Татарстан на 2011-2015 годы». Постановление КМ РТ от 1.12.2011 г. № 983. – Режим доступа: garant.ru Республика Татарстан 368737.
5. Республиканская целевая программа «Развитие транспортной системы Республики Татарстан на 2014-2020 годы». Постановление КМ РТ № 1012 от 20.12.13 г. Режим доступа: garant.ru Республика Татарстан 517348.
6. Каганович В.Е., Пашкин В.К. Прогнозирование интенсивности движения методами математической статистики. – Алма-Ата, ЦБНТИ Минавтодора КазССР, 1971. – С. 67-91.
7. Бабков В.Ф., Афанасьев М.Б., Васильев А.П. и др. Дорожные условия и режимы движения. – М.: Транспорт, 1967. – 189 с.
8. URL: www.gibdd.ru (дата обращения: 22.02.2013 г.).
9. URL: www.gibdd.tatarstan.ru (дата обращения: 12.10.2014 г.).
10. URL: www.rpolice.ru (дата обращения: 12.10.2014 г.).

Brehman A.I. – doctor of technical sciences, professor
Musin V.I. – post-graduate student
E-mail: V.I.Musin@mail.ru
Kazan State University of Architecture and Civil Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

The study of transport-operational characteristics and determination of their laws on bypass roads around the middle and small cities of the Republic of Tatarstan

Resume

Export of overflying traffic of vehicle outward plays an important role in ecology and safety level increasing in cities and towns. Especially urban areas of trunk-roads are exposed to

intense traffic load. For junction of the traffic on the way to the cities in an effort to exclude of transit traffic passing across it bypasses and lateral road are built.

Analysis of accidents in the Republic of Tatarstan, shows that high accident risk is observed on both bypasses and lateral roads. Traffic accidents density per 1 km of roads on bypasses and lateral roads around cities and towns is 0,55, that 3-3,5 times higher than on other roads of the Republic of Tatarstan (0,16). More than 90 % of all accidents in the areas of the Republic of Tatarstan in 2013 were committed by drivers of transit transport. Only in this century in the country the building of bypasses and lateral roads is started to give weight to in an effort to low accident risk and improve the ecology in the cities and towns.

The aim of this work is to determine the patterns of change in the intensity and composition of motion, average speed under different road conditions on bypass roads around the middle and small cities of the Republic of Tatarstan for the determination of their carrying capacity, select the number of lanes as well as the assessment of road safety, to establish laws regime traffic flow and fuel consumption of vehicles in specific road conditions.

Keywords: traffic, traffic composition, speed, traffic density, bypass.

Reference list

1. Law of the Republic of Tatarstan, August 3, 2009 № 43-LRT «About roads and its activities in the territory of the Republic of Tatarstan». – Mode of access: garant.ru Republic of Tatarstan 203822.
2. Silyanov V.V. Theory of traffic flow in road design and traffic management. – M.: Transport, 1977. – 303 p.
3. Republican target program «Development of transport complex of the Republic of Tatarstan for 2006-2010». RT Law № 64 LRT from 03.08.2006. Mode of access: base.garant.ru.
4. The long-term target program «Transport complex development of the Republic of Tatarstan for 2011-2015». Resolution of the Ministry Cabinet of the Republic of Tatarstan from 01.12.2011 № 983. Mode of access: garant.ru Republic of Tatarstan 368737.
5. Republican target program «Development of Transport System of the Republic of Tatarstan for 2014-2020». Resolution of the Ministry Cabinet of the Republic of Tatarstan № 1012 20.12.13. Mode of access: garant.ru Republic of Tatarstan 517348.
6. Kaganovich V.E., Pashkin V.R. Traffic intensity forecasting with the methods of mathematical statistics. – Alma-Ata, Kazakh SSR TSBNTI Minavtodora, 1971. – P. 67-91.
7. Babkov V.F., Afanasyev M.B., Vasiliev A.P. and others. Road conditions and driving modes. – M.: Transport, 1967. – 189 p.
8. URL: www.gibdd.ru (reference date: 22.02.2013).
9. URL: www.gibdd.tatarstan.ru (reference date: 12.10.2014).
10. URL: www.rpolice.ru (reference date: 12.10.2014).

625.711.4
Логинова О.А. – кандидат технических наук, доцент
E-mail: loginova@kgasu.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1

Разработка велосипедных маршрутов в районе Старо-Татарской слободы города Казани

Аннотация

В статье рассматривается возможность организации велосипедного движения в районе Старо-Татарской слободы. В результате натурного обследования ситуации и анализа основных характеристик транспортного потока на улично-дорожной сети Старо-татарской слободы предложено пять схем возможного расположения велосипедных полос, которые могут быть применены либо все сразу, либо только отдельные из них. Также представлены места парковок для велосипедов на рассматриваемой территории.

Ключевые слова: велосипедный транспорт, городская улица, парковка для велосипеда.

До настоящего времени улично-дорожная сеть большинства современных российских городов, и Казани в частности, проектировалась с учетом перемещения автомобильного транспорта. Пешеходные тротуары являлись дополнительной не основной составляющей поперечника улицы. Внимание к пешеходному движению и направлениям перемещения пешеходов было сосредоточено только в местах массовых потоков людей и в зонах отдыха (пешеходная улица Баумана). Велосипедный транспорт при проектировании поперечника улицы и улично-дорожной сети не учитывался.

Современный рост автомобильного транспорта привел к тому, что практически вся территория города практически занята автомобилем. Пешеходные пространства уменьшаются. А для велосипедного транспорта практически не предусмотрено возможности движения. Транспортные «пробки» и нехватка парковок привели к тому, что за последние пять лет, постепенно вырос интерес именно к велосипедному транспорту, который является более маневренным, легким и компактным при парковке, а зачастую и более скоростным, по сравнению с автомобилем, стоящим в «пробке».

Таким образом, возникает необходимость организации условий движения для безопасного, удобного и эффективного передвижения на велосипедном транспорте [1, 2, 3].

Отсутствие велосипедных дорожек в современных городах приводит к тому, что население предпочитает использовать велосипеды в основном за городской чертой.

Чтобы осуществить движение велосипедистов в городских условиях необходимо, прежде всего, обеспечить безопасность велосипедиста [4]. Так как сами велосипедисты не представляют собой угрозу для автотранспорта, но в тоже время, чувствуют себя более уязвимыми при движении в общем транспортном потоке. Основной риск приходится на разницу в скорости и массе транспортных средств. Безопасность может быть обеспечена следующими мерами:

- уменьшение интенсивности транспортного потока;
- уменьшение скорости до 30 км/ч и ниже;
- организация велодорожек вне зоны действия автомобильного транспорта.

Прямолинейность маршрута означает, что велосипедист может достичь конечного пункта как можно более прямым путем. Объезды и время в пути сводятся к минимуму.

Непрерывность позволяет велосипедисту доехать до пункта назначения беспрепятственно и без помех. Велосипедисты высоко оценят это и в городе и вне города. Если велосипедные дорожки будут увязаны в единую сеть, то это позволит велосипедистам перемещаться, не слезая с велосипеда и не останавливаясь из-за бортовых камней, пешеходных переходов, перекрестков и других препятствий. Велосипедисты должны быть уверены в том, что им будут обеспечены комфортные условия перемещения [5, 6].

Привлекательность означает то, что велотранспортная инфраструктура хорошо вписана в окружающий среду и ландшафт. В тоже время это еще и вопрос зрительного восприятия, которое может либо способствовать развитию велодвижения, либо препятствовать ему.

Местные велосипедные маршруты должны проходить по тихим улицам с небольшой интенсивностью. Для организации велодвижения на таких улицах не нужно ничего особенного, кроме некоторой разметки и обозначений [7, 8]. Ограничение скорости в 30 км/ч позволяет безопасно чувствовать себя велосипедистам и пешеходам на дороге, не отказываясь от движения автомобилей и автобусов по той же улице. Таким образом, улицы с невысокой интенсивностью могут стать потенциальной частью велотранспортной сети города.

При проектировании следует принимать во внимание и психологически безопасное расстояние до препятствия: велосипедисты инстинктивно хотят держаться подальше от бортовых камней и края проезжей части. Свод правил 42.13330.2011 Градостроительство определяет следующие расстояния от края велодорожки:

- до проезжей части, опор, деревьев……...…0,75 м;
- до тротуаров……..0,5 м;
- до стоянок автомобилей и остановок общественного транспорта……1,5 м.

Таким образом, можно устраивать велосипедные полосы по краю проезжей части улиц и дорог с выделением их маркировочной разделительной линией. Ширина полосы должна быть не менее 1,2 м при движении в направлении транспортного потока и не менее 1,5 м при встречном движении. Ширина велосипедной полосы, расположенной вдоль тротуара должна составлять не менее 1 м.

Итоговая же ширину тротуара, которая требуется для одного велосипедиста складывается из ширину велосипедиста на нем (0,75 м) и запас на волнообразность движения велосипеда и психологически безопасное расстояние до препятствия (эти параметры могут перекрывать друг друга).

Наиболее распространенная является ситуация, когда велосипедист двигается вдоль высокого бортового камня с одной стороны, то в таком случае потребуется минимальная ширина тротуара не менее 0,9 м.

Всегда, если это возможно, необходимо обеспечить место для езды рядом двух велосипедистов. Такая возможность делает езду более приятной, позволяет общаться в процессе движения, взрослым ездить рядом с детьми и позволяет легче совершить обгон. Таким образом, согласно СП 42.13330.2011 Градостроительство рекомендуемый оптимальный минимум ширины велодорожки будет составлять 1,5 м.

Для комфортной езды в тоннелях необходимо обеспечить просвет над головой велосипедиста не менее 0,75 м или 2,45 от уровня дорожного покрытия.

На основании всего вышеизложенного предлагается пять вариантов размещения велосипедных маршрутов на территории Старо-Татарской слободы.

1. Кольцевой маршрут по левой набережной озера Нижний Кабан вдоль ул. Ш. Марджани.

Протяженность маршрута 1,0 км. Маршрут начинается на левой набережной озера Нижний Кабан за театром Г. Камала и парковкой и пролегает по правой стороне набережной, после примыкания с ул. Кунче устраивается разворот. Далее маршрут проходит по левой стороне набережной (если смотреть со стороны театра Г. Камала). Конец маршрута совпадает с его началом.

2. Кольцевой маршрут по левой набережной озера Нижний Кабан – ул. Сафьян – ул. К. Насыри – ул. Татарстан.

Протяженность маршрута 3,0 км. Маршрут начинается на левой набережной озера Нижний Кабан за театром Г. Камала и парковкой. Проходит по правой стороне набережной, после примыкания с ул. Сафьян устраивается поворот направо, где устраивается плавный съезд на проезжую часть и далее маршрут проходит по правой стороне ул. Сафьян, затем продолжается по левой стороне улицы К. Насыри (если смотреть со стороны ул. Татарстан) и поворачивает на ул. Татарстан.

3. Кольцевой маршрут вокруг озера Нижний Кабан.

Протяженность маршрута 8,0 км. Маршрут начинается на левой набережной озера Нижний Кабан за театром Г. Камала и парковкой. Проходит по правой стороне набережной до пересечения с ул. Эсперанто, затем поворачивает на ул. Эсперанто и далее по правому берегу озера Нижний Кабан и ул. М. Салимжанова.

Маршрут предлагается на перспективу развития велосипедной сети города Казани.

4. Кольцевой маршрут по проезжей части ул. Ш. Марджани – ул. Сафьян – ул. К. Насыри – ул. Татарстан.

Протяженность маршрута 3,0 км. Маршрут начинается на правой полосе проезжей части ул. Ш. Марджани от здания «Сбербанка». На пересечении с ул. Сафьян маршрут поворачивает направо, далее он пролегает по левой стороне улицы К. Насыри (если смотреть со стороны ул. Татарстан) и поворачивает на ул. Татарстан. Заканчивается маршрут у здания «Сбербанка».

5. Кольцевой маршрут по ул. К. Насыри.

Протяженность маршрута 1,3 км. Маршрут начинается на правой полосе проезжей части ул. К. Насыри (если смотреть со стороны ул. Татарстан), далее на пересечении с ул. Сафьян маршрут поворачивает налево и пролегает по левой стороне улицы К. Насыри (если смотреть со стороны ул. Татарстан).

Для любого из предложенных маршрутов ширина полосы велосипедной дорожки составляет 1,5 м, минимальный радиус поворота в плане – 15,0 м.

В таблице приведены описания мероприятий по размещению велосипедных маршрутов в Старо-Татарской слободе.

Таблица

Описание мероприятий по размещению велосипедных маршрутов в Старо-Татарской слободе

Участок	Рекомендации
1	2
Кольцевой маршрут по левой набережной озера Нижний Кабан вдоль улицы Ш. Марджани	1. Проложить велодорожки по правой и левой сторонам тротуара набережной; - нанести по краям велодорожки разметку; 2. Сделать разворот велодорожки после дома № 28 по ул. Ш. Марджани; Нанести по краям велодорожки разметку; Ширина полосы движения – 1,5 м. Наименьший радиус кривых в плане – 15,0 м.
Кольцевой маршрут по левой набережной озера Нижний Кабан – ул. Сафьян – ул. К. Насыри – ул. Татарстан	1. нанести по краям велодорожки разметку; 2. на примыкании ул. Куенче ул. и ул. Ш. Марджани: - сделать покрытие на газоне на примыкании ул. Куенче и ул. Ш. Марджани; - демонтировать ограждение на газоне; - для обозначения места пересечения проезжей части велосипедистами нанести разметку; - понизить бортовой камень для удобства движения велосипедов и колясок; 3. на примыкании ул. Куенче и ул. Сафьян: - понизить бортовой камень для удобства движения велосипедов и колясок; - для обозначения места пересечения проезжей части велосипедистами нанести разметку.
Кольцевой маршрут вокруг озера Нижний Кабан	- проложить велодорожку по тротуару набережной вдоль ул. Ш. Марджани, по ул. Эсперанто, по правому берегу озера Нижний Кабан и ул. М. Салимжанова; - нанести по краям велодорожки разметку.
Кольцевой маршрут по проезжей части ул. Ш. Марджани – ул. Сафьян – ул. К. Насыри – ул. Татарстан	1. Проложить велополосу - по правой стороне ул. Ш. Марджани (при одностороннем движении по улице), ул. Сафьян; - нанести разметку на проезжую часть при пересечени ул. З. Султана, ул. Ф. Карима. 2. По левой стороне ул. К. Насыри - нанести разметку велополосы. Ширина велополосы – 1,5 м.
Кольцевой маршрут по ул. К. Насыри	1. Нанести разметку велополосы у тротуаров; 2. На примыкании с ул. Сафьян устроить поворот велополосы. Ширина велополосы – 1,5 м. Наименьший радиус кривых в плане – 15,0 м.

Для организации велосипедного движения в районе Старо-Татарской слободы, кроме мероприятий перечисленных в таблице, потребуется организовать прокат велосипедов у театра Г. Камала, около парковки автомобилей.

На пересечении улиц Татарстан и Салимжанова у фонтанов уже имеется прокат велосипедов компании «Veli'K», но дополнительная парковка с выездом на левую набережную озера Нижний Кабан привлечет любителей езды на велосипеде именно к Старо-Татарской Слободе. Дополнительным преимуществом для предложенного велопроката является наличие уже существующего туалета, скамеек и возможность переезда улицы Ш. Марджани по направлению к улице К. Насыри в местах примыкания с улицами З. Султана, Ф. Карима, Сафьян. Для удобного съезда на улицу Куенче потребуется организовать переезд/пешеходный переход, путем устройства покрытия/брусчатки на газоне и понижения высоты бортового камня или устройства плавного съезда.

Для того чтобы посещение исторических и культурных мест сделать наиболее комфортными необходимо организовать места парковок велосипедов. На территории Старо-Татарской слободы предлагается расположить несколько велосипедных парковок:

- у мечети Аль-Марджани;
- у Апанаевской мечети;
- перед «Татарской Усадьбой» или на ее подворье.

Велосипедные парковки должны удерживать велосипед в двух точках (рама + колесо или колесо + колесо), не иметь острых краев и граней (выполненные из труб). Наилучшей формой будут парковки форм: «перевернутая U» (рис.), «А», «Н» и «М» и художественные [1, 2].

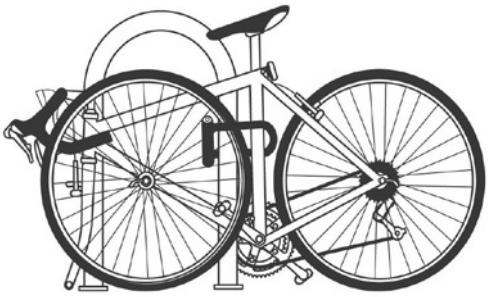


Рис. Крепление велосипеда в двух точках

Художественные парковки, так же должны обеспечивать двухточечное крепление и не иметь острых кромок.

Недопустимые парковки – это конструкции, которые не обеспечивают двухточечное крепление для велосипедов или имеют конструкции с острыми краями. Из-за чего велосипеды могут упасть и сломаться или упасть на тротуар.

По результатам натурного обследования ситуации и анализа основных характеристик транспортного потока на улично-дорожной сети Старо-татарской слободы предложено пять схем возможного расположения велосипедных полос, которые могут быть применены либо все сразу, либо только отдельные из них. Также представлены места парковок для велосипедов на рассматриваемой территории.

Список библиографических ссылок

1. Ventura County Parking & loading Design Guidelnes. URL: http://www.ventura.org/rma/planning/pdf/zoning/Parking_Design_Guidelines_12-28.pdf. (дата обращения: 9.01.2014).
2. Federal Highway Administration University Course on Bicycle and Pedestrian Transportation. URL: http://www.fhwa.dot.gov/publications/research/safety/pedbike/05085/toc.cfm#toc. (дата обращения: 9.01.2014).

3. Отчет о НИР по теме: «Характеристика существующего состояния, анализ предпосылок развития сети велодорожек и предложения по развитию велодорожной сети в г. Москве». – М.: ООО «ЦНИИП Велотранспорта», 2012. – 90 с.
4. Типовые материалы для проектирования 503-0-47.86. Поперечные профили автомобильных дорог, проходящим по населенным пунктам Альбом 1. Пояснительная записка. Чертежи, схемы и планы решений. Госстрой БССР, 1986. – 85 с.
5. London Cycling Design Standards consultation draft. June 2014. URL: https:// consultations.tfl.gov.uk/cycling/draft-london-cycling-design-standards/user_uploads/ch3 -cycle-lanes-and-tracks.pdf. (дата обращения: 9.10.2014).
6. Cycle Trail Design Guide. Prepared for Ministry of Business, Innovation & Employment. URL: http://www.nzcycletrail.com/sites/default/files/uploads/NZCT-Cycle-Trail-Design-Guide-v3-Aug-2012.pdf. (дата обращения: 29.09.2014).
7. Policy, Planning and Design for Walking and Cycling: Consultation Draft. Apr 04. URL: http://www.injuryobservatory.net/wp-content/uploads/2012/09/Road-Strategy-2004-Policy -Planning-and-Design.pdf. (дата обращения: 11.09.2014).
8. London Cycle Network. Design manual. URL: http://www.londoncyclenetworkorg.uk/ uploaded_files/LCN_Design_Manual.pdf. (дата обращения: 11.09.2014).

Loginova O.A. – candidate of technical sciences, associate professor
E-mail: loginova@kgasu.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

The development of bicycle routes in the area of Old-Tatar settlement of the city of Kazan

Resume

The article presents the main provision of the designing cycle routes in the area of the Old Tatar settlement of the city of Kazan.

To date road network of the most modern Russian cities of Kazan, in particular, was designed with the movement of motor transport. Bicycle transport in the design of cross-section of the street and road network was not considered.

The contemporary growth of road transport has led to the fact that almost the entire territory of the city is almost occupied by the vehicle. Over the past five years, gradually increased the interest to bicycle transportation, which is more maneuverable, lightweight and compact in the parking lot, and often faster, than car. To carry out the movement of cyclists in urban conditions, it is necessary first of all to ensure the safety of the cyclist.

Based on the foregoing, there are five options for the placement of bike routes on the territory of the Old-Tatar settlement.

The results of field surveys of the situation and analysis of the main characteristics of the traffic flow on the road network of the Old Tatar settlement proposed five schemes possible locations of bike lanes, which can be applied either all at once or only some of them.

Keywords: bicycle transport, city street, parking for bike.

Reference list

1. Ventura County Parking & loading Design Guidelnes. URL: http://www.ventura.org/rma /planning/pdf/zoning/Parking_Design_Guidelines_12-28.pdf. (reference date: 9.01.2014).
2. Federal Highway Administration University Course on Bicycle and Pedestrian Transportation. URL: http://www.fhwa.dot.gov/publications/research/safety/pedbike/ 05085/toc.cfm#toc. (reference date: 9.01.2014).
3. The report on research work. «The characteristic of the existing state, the analysis of prerequisites of development of a network of cycle paths and the offer on development of a cycle road network in Moscow». – M.: OOO «CNIIP Velotransporta», 2012. – 90 p.

4. Standard materials for design 503-0-47.86. Cross profiles of highways, passing across settlements the Album 1. Explanatory note. Drawings, schemes and plans of decisions. State Committee for Construction of BSSR, 1986. – 85 p.
5. London Cycling Design Standards consultation draft. June 2014. URL: https:// consultations.tfl.gov.uk/cycling/draft-london-cycling-design-standards/user_uploads/ch3 -cycle-lanes-and-tracks.pdf. (reference date: 10.09.2014).
6. Cycle Trail Design Guide. Prepared for Ministry of Business, Innovation & Employment. URL: http://www.nzcycletrail.com/sites/default/files/uploads/NZCT-Cycle-Trail-Design-Guide-v3-Aug -2012.pdf. (reference date: 29.09.2014).
7. Policy, Planning and Design for Walking and Cycling: Consultation Draft. Apr 04. URL: http://www.injuryobservatory.net/wp-content/uploads/2012/09/Road-Strategy-2004-Policy -Planning-and-Design.pdf. (reference date: 09.11.2014).
8. London Cycle Network. Design manual. URL: http://www.londoncyclenetwork.org.uk/ uploaded_files/LCN_Design_Manual.pdf. (reference date: 09.11.2014).

УДК 539.3
Каюмов Р.А. – доктор физико-математических наук, профессор
E-mail: kayumov@rambler.ru
Гатиятуллин А.Э. – студент
E-mail: zcfyxj1@mail.ru
Шабанов А.М. – студент
E-mail: alishabanov@yandex.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

Расчет долговечности балки при ползучести с учетом упрочнения

Аннотация

Изучается поведение балки, изготовленной из вязко-упругого материала и находящейся под действием постоянной нагрузки при постоянной температуре. Показывается, что с течением времени диаграмма напряжений перестает иметь линейный характер. Изучается процесс изменения напряжений. Рассматриваются случаи теорий течения и упрочнения и установившейся ползучести. Оценивается долговечность балки при разных нагрузках и различных температурах.

Ключевые слова: долговечность, упрочнение, ползучесть, напряжение.

Рассмотрим для простоты шарнирно опертую по концам балку прямоугольного сечения, нагруженную сосредоточенной силой посередине (рис. 1). Используем следующие основные соотношения и законы.

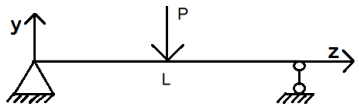


Рис. 1. Балка прямоугольного сечения, нагруженная сосредоточенной силой посередине

Упругая часть деформации $\varepsilon^{\mathrm{el}}(\mathrm{y},\mathrm{z})$ связана с напряжениями законом Гука (E – модуль упругости, ε – полная деформация, ε^{c} – деформация ползучести):

$$\mathrm{y} = E\mathrm{e}^{el} = E(\mathrm{e} - \mathrm{e}^{c}). \quad (1)$$

Связь напряжений σ(y,z) и деформаций ползучести ε^{c}(y,z) принимается в виде закона течения (t-время, K, m-механические характеристики):

$$\frac{d\varepsilon^{c}}{dt} = \dot{\varepsilon}^{c} = \left(\frac{\mathrm{y}}{K}\right)^{m}. \quad (2)$$

Из (1), (2) скорость деформации ползучести выражается через ε^{c}(y,z), полную деформацию и механические характеристики K, E, m в виде:

$$\dot{\mathrm{e}}^{c} = (\,\mathrm{e} - \mathrm{e}^{c})\,{}^{m}E^{m}/K^{m}. \quad (3)$$

Полная деформация волокон по высоте балки при изгибе распределяется согласно гипотезе Бернулли:

$$\varepsilon\,(y,z) = -\chi(z)\cdot y. \quad (4)$$

Для замыкания системы добавляется уравнение равновесия в виде связи напряжений в сечении с известным изгибающим моментом M(z):

$$M(z) = b\cdot\int_{-h/2}^{h/2}\mathrm{y}(y,z)\cdot y\,dy \quad (5)$$

Здесь h – высота, b – ширина сечения. Для двухопорной балки, загруженной посередине силой F, изгибающий момент определяется из соотношения (L – длина балки):

$$M(z) = P\cdot z/2,\ (z \le L/2). \quad (6)$$

Максимальный момент равен $\mathrm{P}\cdot\mathrm{L}/2$.

Отметим, что задача является статистически неопределенной ввиду наличия ползучести.

Метод решения системы уравнений:

Деформация ползучести в начальный момент времени t=0 известна $ч_0 = \frac{3LP}{bEh^3}$. $e^c{}_0 = 0$.

Тогда $y_0 = -E \cdot ч_0 \cdot y$.

Далее вычисляем значения σ через каждые Δt часа при разных силовых нагрузках и температурах. В соответствии с конечно-разностной схемой представления производственных по времени в момент $t_1 = \Delta t$: $e^c{}_1 = e^c{}_0 + (\frac{y_0}{K})^m \cdot \Delta t$

Тогда $\varepsilon_1^{el} = e - e^c = -ч_1 \cdot y - (\frac{M*y/J}{K})^m \cdot \Delta t$.

Составим уравнение равновесия:

$$\sum Mx = 0, \frac{P}{2} \cdot \frac{L}{2} - b \cdot \int_{-\frac{h}{2}}^{\frac{h}{2}} E(-ч_1 \cdot y - \left(\frac{M*\frac{y}{J}}{K}\right)^m \cdot \Delta t)\, dy = 0.$$

Отсюда находим кривизну χ_1 , а затем напряжение σ_1 по формуле (1) . Таким же образом находим χ_i и σ_i на каждом последующем шаге по времени $t_i = \Delta t \cdot i$.

Аналогично вычисляются кривизна и напряжение на каждом шаге при использовании теории упрочнения. В этом случае имеем следующую систему уравнений.

Рассмотрим закон ползучести с учетом упрочнения в виде (где H – параметр упрочнения):

$$\dot{\varepsilon}^c = (\frac{\sigma}{K})^m \cdot \frac{1}{1 + \varepsilon^c \cdot H}$$

Тогда в момент времени $t_i = \Delta t$: $\varepsilon_i^c = \varepsilon^c{}_{i-1} + (\frac{\sigma_{i-1}}{K})^m \cdot \frac{1}{1+\varepsilon^c i-1 \cdot H} \cdot \Delta t$.

$$e^{el} = e - e^c = -ч_i \cdot y - (\frac{\sigma_{i-1}}{K})^m \cdot \Delta t \cdot \frac{1}{1+\varepsilon_{i-1}^c * H}.$$

Составим уравнение равновесия: $\sum Mx = 0$,

$$\frac{P}{2} \cdot \frac{L}{2} - b \cdot \int_{-\frac{h}{2}}^{\frac{h}{2}} E(-ч_i \cdot y - \left(\frac{\sigma_{i-1}}{K}\right)^m \cdot \frac{1}{1+\varepsilon_{i-1}^c \cdot H} \cdot \Delta t)\, dy = 0.$$

Отсюда находим кривизну χ_i , а затем напряжение σ_i , по формуле (1):

Разница результатов при учете законов ползучести с учетом и без учета упрочнения видна из последующих графиков на рис. 5-7.

Далее приведем график иллюстрирующий изменение напряжения с течением времени.

Из графиков видно, что с течением времени максимальное напряжение падает.

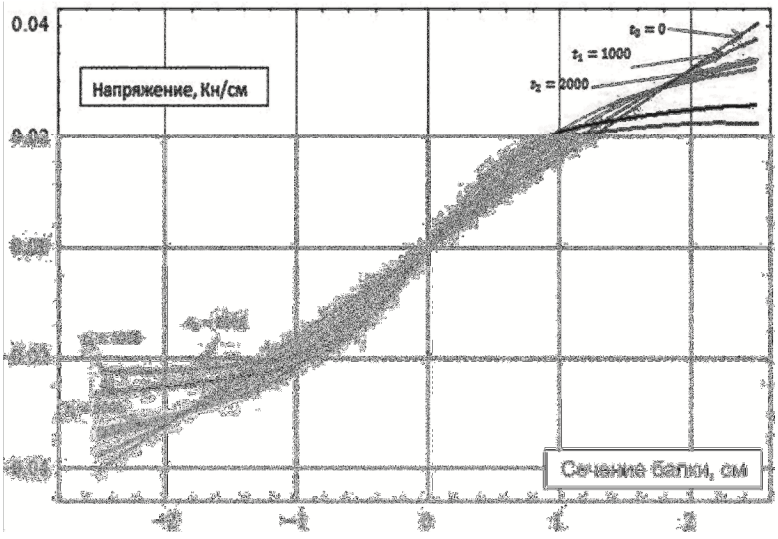


Рис. 2. Графики распределения напряжения по сечению балки в различный момент времени

Решим задачу определения долговечности t*:

Построим графики зависимости долговечности балки от силы Р.

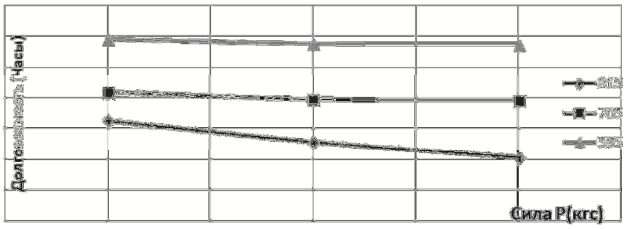


Рис. 3. График зависимости долговечности от прикладываемой силы

Аппроксимируем зависимость t* от напряжения σ линейным соотношением на интервале от 0 до 3000 Кн/см и от 0 до 4 часов. Для конкретных расчетов используем данные для t*, приведенные в [1].

Тогда для малоуглеродистой стали при температуре 815 ^{0}C:

$$t^* = \frac{300-\text{y}}{75}.$$

Аналогично получаем:

Для t=705^{0}C: $t^* = \frac{770-\text{y}}{170}$.

Для t=595^{0}C: $t^* = \frac{2000-\text{y}}{400}$.

Для отыскания времени разрушения нашей балки и используем закон (принцип) линейного суммирования повреждений, который имеет вид [3]:

$$\int_0^{\tau} \frac{dt}{t^*} = 1.$$

Если на интервале времени $\Delta \text{t}_i = \text{t}_\text{i} - \text{t}_{\text{i}-1}$, напряжение σ_i остается постоянным, то из последнего условия следует:

$$\sum_i \frac{\Delta t_i}{t_i^*} = 1.$$

Условие разрушения балки имеет вид:

$$\frac{\Delta t_1}{t_1^*} + \frac{\Delta t_2}{t_2^*} + \frac{\Delta t_3}{t_3^*} + \cdots + \frac{\Delta t_n}{t_n^*} \geq 1.$$

От сюда вытекает, что существует срок эксплуатации элемента, после которого он разрушается.

Допустим, что материал балки имеет следующие характеристики: E=2000 kH/см^2 , длину 100 см, высоту сечения 5 см, ширину сечения 10 см, K=240KH/ см^2, m=5, под действием сил P=100 KH, 200 KH, 300 KH.

График показывает, что при малых нагрузках имеет место, незначительное увеличение долговечности балки.

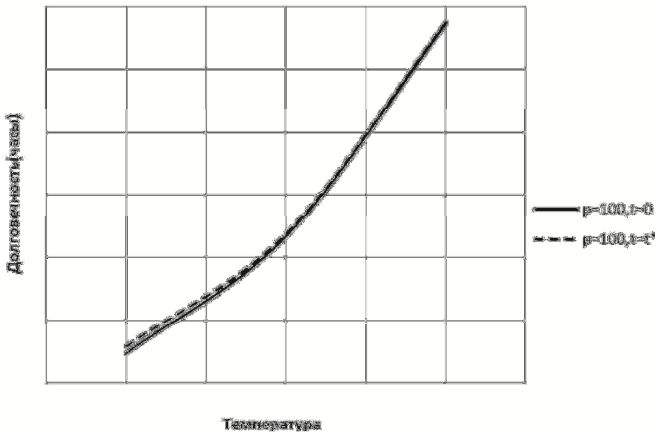


Рис. 4. График зависимости долговечности от температуры, без учета ползучести (сплошная) и с учетом ползучести (штриховая) при P=100 Кгс, K=240 KH/см^2, m=5, E=2000 kH/см^2

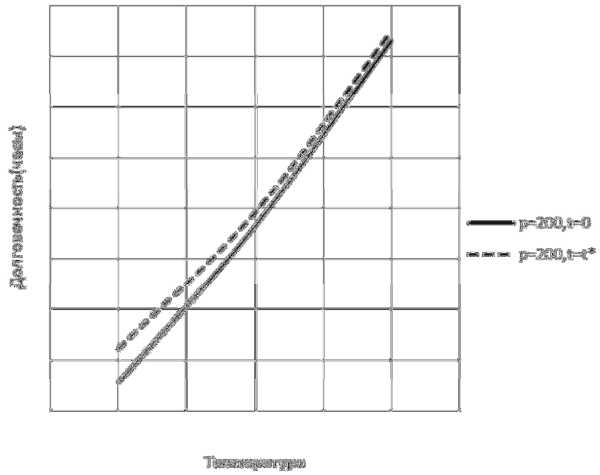


Рис. 5. График зависимости долговечности от температуры, без учета ползучести (сплошная) и с учетом ползучести (штриховая) при Р=200 Кгс

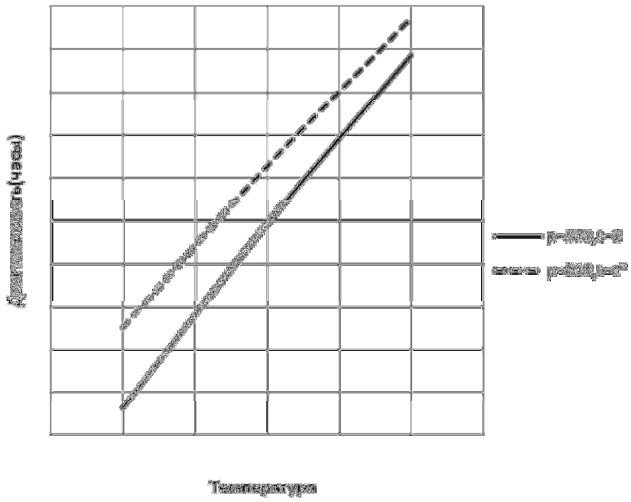


Рис. 6. Зависимость долговечности от температуры, без учета ползучести (сплошная) и с учетом ползучести (штриховая). При р=300 Кгс

Графики 4-6 иллюстрируют увеличение долговечности балки при учете ползучести.

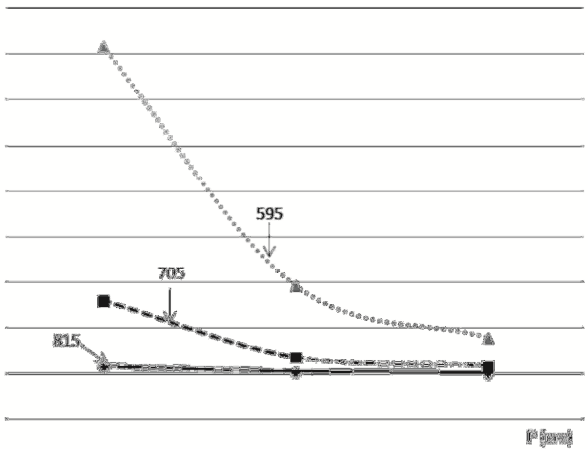


Рис. 7. Зависимость относительной долговечности $t^*(T°)/\mathrm{t}\,(20°)$ балки от приложенного усилия

Таким образом, как показывают графики, в статически неопределимых конструкциях ползучесть может сильно влиять на долговечность, а именно, необходимость в учете ползучести становится актуальной в случае наличия условий, в частности, достаточного времени для проявления эффекта ползучести.

Список библиографических ссылок

1. Беляев Н.М. Сопротивление материалов. 1976. – М.: «Наука». – 608 с.
2. Каюмов Р.А. Конспект лекций по сопротивлению материалов, 2010. – Казань: КГАСУ. – 170 с.
3. Терегулов И.Г. Сопротивление материалов и основы теории упругости и пластичности, 1984. – М.: «Высшая школа». – 472 с.
4. Рудицин М.Н., Артемов П.Я., Любошин М.И. Справочное пособие по сопротивлению материалов. – Минск, 1970.
5. Самуль В.И. Основы теории упругости и пластичности. – М., 1970.
6. Татур Г.К. Общий курс сопротивления материалов. – Минск, 1974.
7. Малинин Н.Н. Прикладная теория пластичности и ползучести. – М., 1975.
8. Безухов Н.И. Основы теории упругости, пластичности и ползучести. – М., 1961.

Kayumov R.A. – doctor of physical-mathematical sciences, professor
E-mail: kayumov@rambler.ru
Gatiyatullin A.E. – student
E-mail: zcfyxj1@mail.ru
Shabanov A.M. – student
E-mail: alishabanov@yandex.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Durability prediction for the beam in the time of plastic flow due to strengthening

Resume

In this work we researched the dependence of stress distribution throughout the height of beam section made of viscoelastic matter and exposed to constant load. It is shown, that as time passes stress diagram stops to have linear character. The process of tension change has also been researched. Both steady-state creep and presence of strengthening cases are taken in the consideration. Time to fracture defined by the terms of linear law of damage summation. We analyzed hinge-supported at the both ends beam with rectangular section which was loaded up with local force in the middle. Elastic part of the deformation is connected with Hook's law for the force. The connection of force and deformation is accepted like the flow law. Total deformation of the fiber according to the height of the beam under bending is dividing by hypothesis Bernoulli.

For the short circuit of the system equation of equilibrium in the view the connection of forces in the cross-section of the beam moment. The matter of the balk has such characteristics as E=2000 kH/cm^2, length = 100 cm, cross-sectional height = 5 cm, cross-sectional width = 10 cm, K=240KH/ cm^2, m=5, under the action of forces P=100 KH, 200 KH, 300 KH.

Keywords: stress, deformation, plastic flow, deflection, beam, strengthening, long-term strength.

Reference list

1. Belyaev N.M. Structural resistance, 1976. – M.: «Science». – 608 p.
2. Kaumov R.A. Summary of the discourse of the structural resistance, 2010. – Kazan: KSUAE. – 170 p.
3. Teregulov I.G. Structural resistance and principles of the theory of elasticity and resilience, 1984. – M.: «High School». – 472 p.
4. Ruditsyn M.N., Artemov P.Y., Lyuboshin N.I. handbook for structural resistance. – Minsk, 1970.
5. Samul V.I., Fundamentals of the theory of elasticity and plasticity. – M., 1970.
6. Tatur G.K., General course of structural resistance. – Minsk, 1974.
7. Malinin N.N., Applied theory of plasticity and plastic flow. – M., 1975.
8. Bezukhov N.I., Fundamentals of the theory of elasticity, plasticity and plastic flow. – M., 1961.

УДК 658.5: 624.014
Лукашенко В.И. – кандидат технических наук, доцент
E-mail: vil_06_4444@mail.ru
Гатиятуллин А.Э. – студент
E-mail: zcfyxj1@mail.ru
Шабанов А.М. – студент
E-mail: alishabanov@yandex.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

Влияние изменений массовой модели вертикальной изгибаемой системы на динамический отклик при действии гармонических нагрузок

Аннотация

Целью работы является исследование механизма влияния размещения масс и жесткостей, выбора их характеристик в допустимых пределах на горизонтальные перемещения в узлах системы, на изменение собственных частот и форм для противодействия резонансным явлениям.

При проектировании вертикальных изгибаемых систем исследования динамического отклика становится актуальной задачей. Для строительных конструкций характерны высокие коэффициенты демпфирования и поэтому для обеспечения прочности и жесткости при резонансных явлениях актуально исследование установившихся колебаний от действия нагрузок в диапазоне низших собственных частот. Изменение массы или жесткости и характер их распределения существенно влияет на формы колебаний и их частоты.

Ключевые слова: динамический отклик, жесткость, прочность, колебания, частоты, резонанс.

За исходную модель было принято двадцати четырех этажное здание высотой 79,2 м. Периметр здания 12х12 м. Здание состоит из трех блоков, каждый из которых имеет колонны со своей площадью сечения. Толщина колонн первого блока (нижнего) принята 0,6х0,6 м, толщина колонн второго блока (среднего) взята 0,5х0,5 м, толщина колонн третьего блока (верхнего) 0,4х0,4 м. Плиты выбраны монолитные плотностью 2,5 т/м и модулем упругости $E=3*10^6$ т/м^2. Коэффициент демпфирования принят 0,2.

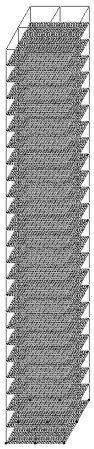


Рис. 1. Исходная схема

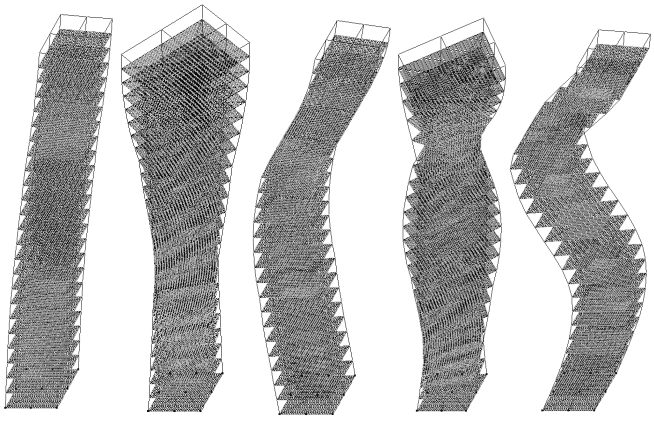


Рис. 2. Формы колебаний

Находясь под разными видами нагрузок и воздействий, система имеет разные формы колебаний, в нашей работе мы рассмотрим 5 форм.

Расчеты частот колебаний данной системы производятся в программных комплексах СУМРАК и LIRA. Результаты расчетов занесены в таблицы.

Таблица 1

Изменение собственных частот колебаний модели с изменением параметров (массы) трех этажей

	Этажи				Исходные данные
	9 10 11	12 13 14	15 16 17	18 19 20	
№ формы	Частота, Гц				
1	0,10343	0,10289	0,10227	0,10154	0,10154
2	0,14986	0,14948	0,14908	0,14865	0,14865
3	0,29631	0,29781	0,30159	0,30252	0,30252
4	0,41836	0,41962	0,42212	0,42216	0,42216
5	0,52814	0,52995	0,52055	0,52744	0,52744

Таблица 2

Процентное отклонение частот с учетом изменения масс трех этажей

	Этажи			
	9 10 11	12 13 14	15 16 17	18 19 20
№ формы	Отклонение в процентах от (массы) исходной модели (%)			
1	1,8	1,32	0,72	0,1
2	0,8	0,55	0,28	0,15
3	2	1,58	0,31	0,3
4	0,9	0,61	0,01	0,42
5	0,1	0,47	1,32	0,53

По полученным результатам можно сделать вывод, что изменение массы этажей влияют на частотные характеристики системы. Чем ниже находятся этажи с увеличенной массой, тем больше различие в частотах.

Таблица 3

Изменение собственных частот колебаний модели с изменением параметров (жесткости) трех этажей

	Этажи				Исходные данные
	9 10 11	12 13 14	15 16 17	18 19 20	
№ формы	Частота, Гц				
1	0,10384	0,10326	0,10265	0,10205	0,10154
2	0,15334	0,15205	0,15075	0,14961	0,14865
3	0,30319	0,30396	0,30809	0,30929	0,30252
4	0,42273	0,42667	0,43517	0,43596	0,42216
5	0,53869	0,5428	0,52957	0,53624	0,52744

Таблица 4

Процентное отклонение частот с учетом изменения жесткостей трех этажей

	Этажи			
	9 10 11	12 13 14	15 16 17	18 19 20
№ формы	Отклонение в процентах от (массы) исходной модели (%)			
1	2,22	1,67	1,08	0,51
2	3,05	2,23	1,39	0,64
3	0,22	0,47	1,81	2,19
4	0,13	1,06	2,99	3,16
5	2,09	2,83	0,4	1,64

По полученным результатам можно сделать вывод, что изменение жесткости этажей влияют на частотные характеристики системы. Чем ниже находятся этажи с увеличенной жесткостью, тем больше различие в частотах.

Таблица 5

Сравнение изменений собственных частот колебаний модели с изменением параметров (массы и жесткости) трех этажей

	9 10 11 этажи		12 13 14 этажи		15 16 17 этажи	
№ формы	Частота, Гц					
1	0,1034	0,1038	0,1029	0,1033	0,1023	0,1027
2	0,1499	0,1533	0,1495	0,1521	0,1491	0,1508
3	0,2963	0,3032	0,2978	0,304	0,3016	0,3081
4	0,4184	0,4227	0,4196	0,4267	0,4221	0,4352
5	0,5281	0,5387	0,53	0,5428	0,5206	0,5296

Вывод: Данная работа позволила наглядно подтвердить, что с помощью подбора масс и жесткостей для конкретных этажей здания, можно напрямую влиять на показатели частот и форм собственных колебаний всей конструкции, и тем самым предотвращать эффект резонанса.

Список библиографических ссылок

1. Лукашенко В.И., Абдюшев А.А., Доронин М.М., Нуриева Д.М., Сладков А.В. Экспертиза, расчет, анализ пространственных конструкций: Монография. – Казань: КГАСУ, 2006. – 320 с.
2. Лукашенко В.И., Абитов Р.Н., Вильданов И.Э. Использование вычислительного комплекса АРС ЭРА ПК-2000 в решении задач строительной механики: Учебное пособие. – Казань: КГАСУ, 2011. – 73 с.
3. КЛАФ Р. ПЕНЗИЕН Дж., 1979, Динамика сооружений. – 320 с.
4. Динамический расчет специальных инженерных сооружений и конструкций. Справочник проектировщика. – М.: Стройиздат, 1986. – 264 с.
5. Динамический расчет зданий и сооружений. Справочник проектировщика / под ред. Б.Г. Коренева, И.М. Рабиновича. – М.: Стройиздат, 1984.
6. Киселев В.А. Строительная механика: Спец курс. Динамика и устойчивость сооружений: учебник для вузов. 3-е изд. – М.: Стройиздат, 1980. – 616 с.
7. Смирнов А.Ф., Александр А.В., Лащеников Б.Я., Шапошников Н.Н. Строительная механика. Динамика и устойчивость сооружений: учебник для вузов. – М.: Стройиздат, 1984. – 416 с.
8. Справочник по динамике сооружений / под ред. Б.Г. Коренева и И.М. Рабиновича. – М.: Стройиздат, 1972. – 500 с.

Lukashenko V.I. – candidate of technical sciences, associate professor
E-mail: vil_06_4444@mail.ru
Gatiyatullin A.E. – student
E-mail: zcfyxj1@mail.ru
Shabanov A.M. – student
E-mail: alishabanov@yandex.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

The impact of changes of the mass model of the flexible horizontal system on the dynamic response during the action of the harmonic load

Resume

The aim of the work is to research the effect of arrangement of mass and stiffness and the choice of their characteristics within reasonable bounds of horizontal mobility in the subsystem on the change of their own frequency and shape to counteract the resonance phenomena.

During the initial design of rectilinear bow systems preparation, study of the dynamic response becomes relevant objective no less than the statistic endurance. High damping coefficients are typical for the building constructions. Therefore to ensure the endurance and stiffness with the resonance phenomena the research of steady oscillation from load actions in the range of lowest fundamental frequency will be the most current. The variation of mass or stiffness and their assignment pattern influence essentially on the oscillation mode and their frequency.

Keywords: dynamic response, stiffness, endurance, oscillation, frequency, resonance.

Reference list

1. Lukashenko V.I., Abdyushev A.A., Doronin M.M., Nuriyeva D.M., Sladkov A.V. Examination, calculation, analysis of spatial structures: Monograph. – Kazan: KSUAE, 2006. – 320 p.
2. Lukashenko V.I., Abitov R.N., Vildanov I.E. The use of computational complex ARS ERA PC-2000 in the decision of problems of structural mechanics: Textbook. – Kazan: KSUAE, 2011. – 73 p.
3. R. CLOUGH J. Penzien. 1979. Dynamics of structures. – 320 p.
4. Dynamic analysis of special engineering structures and constructions. Guide for projectors. – M.: Stroyizdat, 1986. – 264 p.
5. Dynamic analysis of buildings and structures. Guide for projectors / under the ed. B.G. Korenev, I.M. Rabinowitz. – M.: Stroyizdat, 1984.
6. Kiselev V.A. Structural Mechanics: Specialized course. Dynamics and sustaineability of structures: College textbook. 3rd ed. – M.: Stroyizdat, 1980. – 616 p.
7. Smirnov A.F., Alexander A.V., Laschenikov B.J., Shaposhnikov N.N. Structural Mechanics. Dynamics and sustainability of structures: College textbook. – M.: Stroyizdat, 1984. – 416 p.
8. Guide to the dynamics of structures / under the ed. B.G. Korenev and I.M. Rabinowitz. – M.: Stroyizdat, 1972. – 500 p.

Туйсина Е.Б. – студент
E-mail: katerina.tuysina@yandex.ru
Каюмов Р.А. – доктор физико-математических наук, профессор
E-mail: kayumov@rambler.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

Расчет двутавровой балки с трещиной, находящейся под действием неравномерной циклической нагрузки

Аннотация

Повышение эксплуатационной надежности строительных конструкций при снижении их материалоемкости является важнейшим направлением ресурсосберегающих технологий.

Сложность прогнозирования поведения конструкций в конкретных зданиях при циклической нагрузке определяется многими факторами: геометрическими характеристиками сечения, схемой циклического нагружения, величиной амплитуды, природой материала и др. Все они оказывают влияние на закономерности зарождения и распространение усталостных трещин

Рассмотрена шарнирно опертая двутавровая балка. На уровне центра тяжести сечения имеется малый технологический продольный разрез, который можно рассматривать как продольную трещину. Считается, что балка разрушается в момент достижения трещиной ее критической величины. Изучается зависимость долговечности конструкции от амплитуды нагрузки, от начальной длины трещины. Исследуется возможность замены неравномерной циклической нагрузки, действующей на двутавровую балку, эквивалентной равномерной циклической нагрузкой.

Ключевые слова: циклическая нагрузка, трещина, долговечность, ресурс конструкции.

Рассмотрим шарнирно опертую двутавровую балку, в середине сечения которой имеется малый технологический разрез (рис. 1). При данной постановке задачи, последний можно рассматривать как малую продольную трещину, длина которой будет увеличиваться под действием циклических нагрузок.

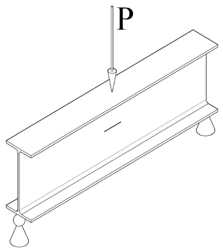


Рис. 1. Двутавровая балка с технологическим продольным разрезом разрезом на уровне центра тяжести поперечного сечения, нагруженная вертикальной сосредоточенной силой P

На балку действует вертикальная сосредоточенная сила P, значение которой изменяются по закону, представленному на рис. 2.

Поскольку в середине поперечного сечения нормальные напряжения равны нулю, развитие трещины будет обуславливаться действием касательных напряжений. Найдем максимальное значение касательных напряжений в области расположения трещины:

$$\tau_{max} = \frac{P_0 \cdot S_x^{полусеч.}}{d \cdot J_x} \cdot \qquad (1)$$

Поскольку трещина находится в середине поперечного сечения, то в (1) d будет равно толщине стенки двутавра, Sx – статическому моменту полусечения, $P_0=P_{max}/2$ – половине максимального значения нагрузки.

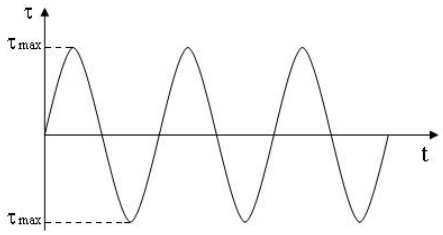


Рис. 2. Изменение касательных напряжений в середине сечения рассматриваемой балки с течением времени

Размах напряжений будет равен $\Delta\tau = 2\tau_{max}$. Скорость подрастания трещины тем больше, чем больше размах напряжения (рис. 2) и чем больше начальная длина трещины. Этот закон подрастания трещины аналитически можно записать в виде (2):

$$\dot{b} = K \cdot (\Delta\tau \cdot \sqrt{b})^m, \tag{2}$$

где b – длина трещины в данный момент времени, $\dot{b} = \frac{db}{dt}$ – скорость подрастания трещины, K, m – механические характеристики материала балки.

Решением дифференциального уравнения (2) будет выражение:

$$\frac{b^{1-\frac{m}{2}}}{1-\frac{m}{2}} = K \cdot (\Delta\tau)^m \cdot t + C. \tag{3}$$

Константу C находим из условия, что в начальный момент трещина имеет длину $b_{нач}$, тогда:

$$C = \frac{b_{нач}^{1-\frac{m}{2}}}{1-\frac{m}{2}}.$$

Из (3) получаем зависимость длины трещины от времени:

$$b^{тек} = \left[C \cdot \left(1-\frac{m}{2}\right) + K \cdot (\Delta\tau)^m \cdot t \cdot \left(1-\frac{m}{2}\right) \right]^{\frac{1}{1-\frac{m}{2}}}. \tag{4}$$

Согласно критерию Гриффитса длина трещины, при которой начинается разрушение конструкции, определяется соотношением:

$$\tau = \tau_{max} = \sqrt{\frac{G \cdot a}{b}}, \tag{5}$$

где G – модуль сдвига, a и b – константы материала.

Тогда в момент разрушения длина трещины будет равна:

$$b = b^* = (\tau_{max})^{-2} \cdot G \cdot a. \tag{6}$$

Подставим критическую длину трещины b^* в (4) вместо $b^{тек}$:

$$b^* = \left[b_{нач}^{1-\frac{m}{2}} + K \cdot (\Delta\tau)^m \cdot t^* \cdot \left(1-\frac{m}{2}\right) \right]^{\frac{1}{1-\frac{m}{2}}}. \tag{7}$$

Отсюда получаем уравнение для отыскания времени разрушения t^* (ресурса двутавровой балки):

$$t^* = \frac{(b^*)^{1-\frac{m}{2}} - b_{нач}^{1-\frac{m}{2}}}{K \cdot (\Delta\tau)^m \left(1-\frac{m}{2}\right)}. \tag{8}$$

Допустим, что материал балки имеет следующие характеристики:

$$K = 1{,}6 \cdot 10^{-6} \frac{см}{цикл} \cdot \left(\frac{см^{\frac{3}{2}}}{кН} \right)^m , \; m = 2{,}7 , \; a = 0{,}1686 \frac{кН}{см} , \; G = 8{,}7 \cdot 10^3 \, кН/см^2 .$$

Геометрические характеристики поперечного сечения:

S_x=708 см^3, J_x=27696 см^4, d=0,9 см.

Рассмотрим зависимости t^* от амплитуды нагрузки и начальной длины трещины.

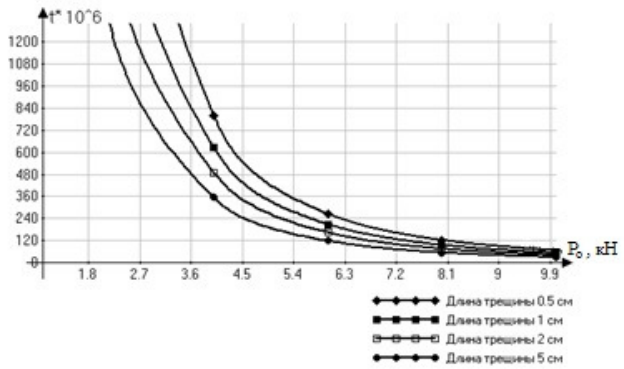


Рис. 3. Зависимость ресурса конструкции от амплитуды нагрузки

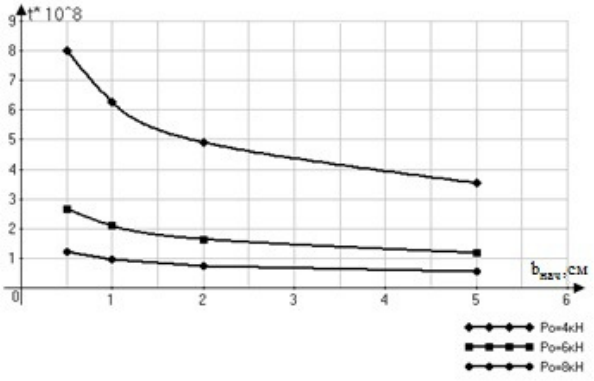


Рис. 4. Зависимость ресурса конструкции от начальной длины продольного разреза (трещины)

Как видно из рис. 4, при большой начальной длине продольного разреза (трещины) ресурс балки почти линейно зависит от этой длины.

Рассмотрим неравномерную циклическую нагрузку, изображенную на рис. 5. Пусть в одном периоде имеется n максимумов по нагрузке (на рис. 5, например, n=4)

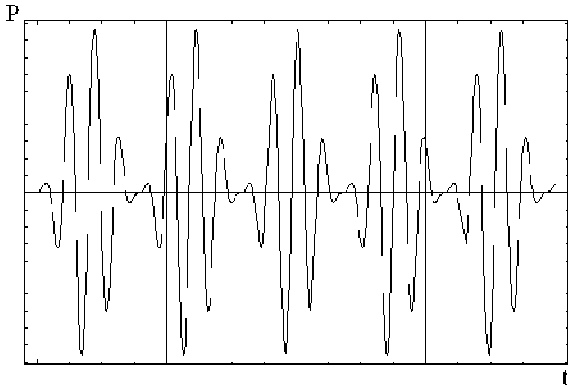


Рис. 5. Неравномерная циклическая нагрузка

Рассмотрим возможность замены амплитуд нагрузок, входящих в один период (большой цикл), их среднеарифметическим значением (9):

$$P_0 = \frac{\sum_{i=1}^{n} P_i}{n}. \quad (9)$$

Ввиду большого числа больших циклов, будем считать, что разрушение образца происходит по истечении целого числа циклов. По линейной теории накопления повреждений, введем удельный параметр повреждений Ω ($0 \le \Omega \le 1$), накопленных балкой при циклическом нагружении. Т. к. разрушение происходит через целое число циклов, то все максимальные τ_i будут действовать на образец одинаковое количество времени.

Найдем повреждения от каждого τ_i:

$$\frac{\Delta\Omega_i}{\Omega} = \frac{\Delta t_i}{t_i^*}, \quad (10)$$

здесь Δt_i −время действия нагрузки с амплитудой τ_i.

За время Δt_i балка накапливает $\Delta\Omega_i$ повреждений при действии напряжения τ_i. Время до полного разрушения t_i^* будет соответствовать значению $\Omega=1$.

Тогда из (10) находим:

$$\Delta\Omega_i = \frac{\Delta t_i}{t_i^*}; \ \Omega = \sum_{i=1}^{n} \Delta\Omega_i = \sum_{i=1}^{n} \frac{\Delta t_i}{t_i^*}. \quad (11)$$

Учитывая, что $\Delta t_i = \Delta t$ для всех i получим условие разрушения:

$$\Omega = \Delta t \cdot \sum_{i=1}^{n} \frac{1}{t_i^*} = 1. \quad (12)$$

Из (12) находим Δt:

$$\Delta t = 1 / \sum_{i=1}^{n} \frac{1}{t_i^*}. \quad (13)$$

Тогда время разрушения конструкции будет вычисляться следующим образом:

$$t^* = \Delta t \cdot n. \quad (14)$$

Таким образом, нахождение t^* сводится к решению n задач с равномерной циклической нагрузкой.

Анализируя выражения (13), можно увидеть, что влияние малых амплитуд P_i, которые значительно меньше P_0 , на время разрушения конструкции, входящих в цикл нагружения с амплитудой много меньше среднего значения, будет незначительно, т.к. t^* для них будет велико. Поэтому в дальнейшем будем рассматривать отношение максимальной амплитуды к среднему значению P_{max}/P_0.

Рассмотрим численные эксперименты.

Примем, что характеристики материала балки и ее поперечного сечения те же, что и выше. Рассмотрим влияние увеличения максимальной амплитуды цикла P_{max} неравномерной нагрузки на долговечность балки и зависимость долговечности балки от количества волн в одном большом периоде нагружения конструкции. Результаты эксперимента приведены на рис. 6 и рис. 7, соответственно.

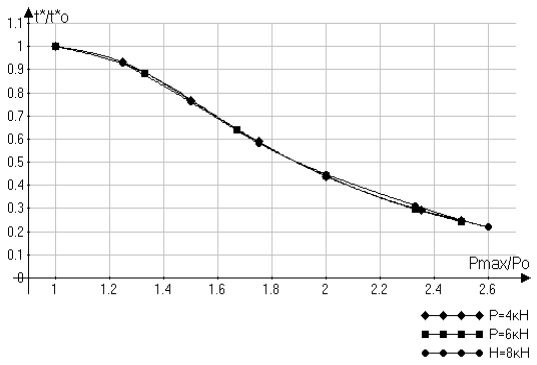


Рис. 6. Зависимость относительного ресурса балки при неравномерной циклической нагрузке при различных средних значениях амплитуды

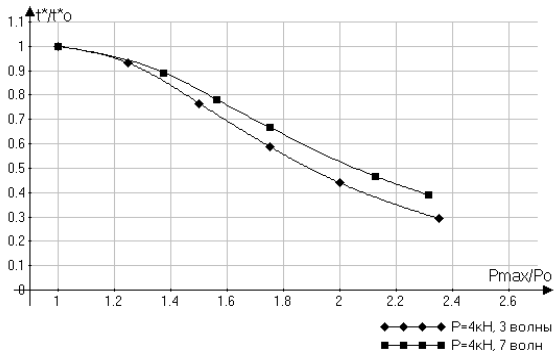


Рис. 7. Зависимость относительного ресурса балки при неравномерной циклической нагрузке при различном количестве волн в одном цикле нагружения

Из графиков видно, во-первых, что, величина нагрузки почти не влияет на относительную величину долговечности t^*/t_o, а влияет величина P_{max}/P_o. Во-вторых, на t^*/t_o существенно влияет количество волн n в периоде. Чем больше их количество, тем выше долговечность конструкции.

Список библиографических ссылок

1. Болотин В.В. Ресурс машин и конструкций. – М.: Машиностроение, 1990. – 448 с.
2. Болотин В.В. Прогнозирование ресурса машин и конструкций. – М.: Машиностроение. – 312 с.
3. Броек Д. Основы механики разрушения. – М.: Высш. Школа, 1980. – 368 с.
4. Черепанов Г.П. Механика хрупкого разрушения. – М.: Наука, 1980. – 640 с.
5. Каюмов Р.А., Тазюков Б.Ф. Расчет цилиндрической оболочки на циклическую прочность // Вестник Казанского технологического университета, 2012, № 9. – С. 162-164.
6. Качанов Л.М. Основы механики разрушения. – М.: Наука, 1974. – 310 с.
7. Писаренко Г.С., Лебедев А.А. Деформирование и прочность материалов при сложном напряженном состоянии. – Киев: Наукова думка, 1976. – 415 с.
8. Райс Дж. Математические методы в механике разрушения. В кн. Математические основы теории разрушения. Разрушение, т. 2. – М.: Мир, 1975. – С. 205-335.
9. Сиратори М., Миеси Т., Мацусита Х. Вычислительная механика разрушения. – М.: Мир, 1968. – 334 с.

Tuysina E.B. – student
E-mail: katerina.tuysina@yandex.ru
Kaymov R.A. – doctor of physical and mathematical sciences, professor
E-mail: kayumov@rambler.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Calculation of the I-beam under the action of irregular cyclic loading

Resume

Increasing the operational reliability of the structures while reducing their consumption of materials is the most important area of resource-saving technologies. Depending on the kind of processes occurring in the building, its construction can be influenced by cyclic loading.

The complexity of predicting the behavior of structures in concrete buildings under cyclic loading is determined by many factors: the geometric characteristics sectional diagram of cyclic loading, the magnitude of the amplitude, material nature, and others. They all have an impact on patterns of initiation and propagation of fatigue cracks.

Pivotally supported I-beam is considered. In the center of its cross section a small technological has incision which may be considered as a longitudinal crack. It is believed that the I-beam is destroyed upon reaching its critical crack size. The dependence of durability design of load amplitude, the initial crack size is studied. The possibility to replace the irregular cyclic load by the equivalent uniform cyclic loading are considered.

The following results are obtained: the value of the load has little effect on the relative magnitude of durability, but it affects the value of the ratio of maximum amplitude to the average of all waves and the number of waves in the period.

Keywords: cyclic loading, crack, durability, resource structure.

Reference list

1. Bolotin V.V. Resource machines and structures. – M.: Mashinostroyenie, 1990. – 448 p.
2. Bolotin V.V. Forecasting resource machines and structures. – M.: Mashinostroyenie. – 312 p.
3. Broek D. fundamentals of fracture mechanics. – M.: Vyshaya Shkola, 1980. – 368 p.
4. Cherepanov G.P. Mechanics of brittle fracture. – M.: Nauka, 1980. – 640 p.
5. Kayumov R.A., Tutukov B.F. Calculation of the cylindrical shell on the cyclic strength // Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta, 2012, № 9. – P. 162-164.
6. Kachanov L.M. fundamentals of fracture mechanics. – M.: Nauka, 1974. – 310 p.
7. Pisarenko G.S., Lebedev A.A. Deformation and strength of materials under complex stress state. – Kiev: Naukova Dumka, 1976. – 415 p.
8. Rice J. Mathematical methods in fracture mechanics. In book Matematic fundamentals of the theory of failure is TM: Mir, 1975. – P. 205-335.
9. Siratori M., Miyoshi T., Matsushita H. Computational fracture mechanics. – M.: Mir, 1968. – 334 p.

УДК 332.832.2
Гареев И.Ф. – кандидат экономических наук, доцент
E-mail: igareev@mail.ru
Хабибулина А.Г. – кандидат экономических наук, старший преподаватель
E-mail: albgomer@mail.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

Основные тенденции в жилищном строительстве Российской Федерации

Аннотация

Жилищное строительство является отраслью с наиболее мультипликативным эффектом. От динамики её развития зависит состояние многих секторов народного хозяйства. По результатам проведенного исследования, основанного на ежегодном мониторинге и анализе факторов деловой активности, определено, что ключевое место играют инструменты регулирования спроса и предложения. Нами установлено, что в настоящее время происходит смещение акцентов на поддержку строительства фонда арендного жилья. Вместе с этим, недостаточным является строительство социального жилья. Также, для становления оптимальной структуры рынка жилой недвижимости, должно осуществляться развитие некоммерческих жилищных организаций и сельских территорий.

Ключевые слова: жилищное строительство, социальное жилье, арендное жилье, сельские территории, доступное жилье.

Введение

Ключевым индикатором, отражающим уровень и динамику развития рынка жилой недвижимости, является ввод в действие общей площади жилищ. С момента перехода на рыночные отношения масштабы жилищного строительства заметно сократились. Если в 2008 году (в год начала финансового кризиса) объемы строительства жилья составили 64,1 млн. м^2, после кризисных явлений, в 2010 году, когда были предприняты существенные государственные усилия, демонстрируется очередное снижение – 58,4 млн. м^2, и только по итогам 2013 года они достигли исторического максимума – 70,5 млн. м^2 (107,2 % к показателям 2012 года). В результате, в 2013 году введено в эксплуатацию 929,4 тыс. квартир, что составило 112,4 % к соответствующему периоду предыдущего года (табл.). Современный уровень жилищного строительства по количеству введенного жилья составляет около 97 % от наибольшего ввода, достигнутого в 1987 году (72,8 млн. м^2).

Одним из направлений развития жилищной политики стало смещение акцентов в сторону строительства жилья экономического класса. Разработанные мероприятия были призваны повысить доступность жилья для большей части населения. Решение вопроса по увеличению объемов строительства жилья эконом-класса потребовало формирования эффективных организационно-правовых механизмов, которые сохраняли бы инвестиционный интерес как застройщиков социальную доступность и для граждан.

Основная часть

По данным Федеральной службы государственной статистики Российской Федерации в 2013 году стандартам экономического класса соответствовало только 2,2 тыс. жилых домов, построенных застройщиками-юридическими лицами, общей площадью 4223,0 тыс. м^2. Наибольшие объемы строительства жилья экономического класса осуществлялись в Тюменской области (419,9 тыс. м^2), Республике Татарстан (349,0 тыс. м^2), Ставропольском крае (282,4 тыс. м^2), Кемеровской области (267,6 тыс. м^2), Самарской и Ульяновской областях (по 267,3 тыс. м^2).

Таблица

Ввод в действие жилых домов в Российской Федерации*

Годы	Введено в действие жилых домов, млн. м^2 общей площади			Удельный вес в общем вводе, %	
	за счет всех источников финансирования	в том числе		жилых домов населения	жилых домов жилищно-строительных кооперативов
		населением за счет собственных и заемных средств	жилищно-строительными кооперативами		
1990	61,7	6,0	2,9	9,7	4,7
1995	41,0	9,0	1,7	22,0	4,2
2005	43,6	17,5	0,6	40,2	1,4
2010	58,4	25,5	0,3	43,7	0,6
2011	62,3	26,8	0,4	43,0	0,6
2012	65,7	28,4	0,4	43,2	0,6
2013	70,5	30,7	0,5	43,5	0,7

*На основании данных Федеральной службы государственной статистики Российской Федерации (www.gks.ru)

Несмотря на малые масштабы строительства жилья эконом-класса, появление такого сегмента повлияло на размер средний строящихся квартир. В частности, в 2013 году средний размер введенных в России квартир составил 75,8 м^2 общей площади, что на 3,3 % меньше, чем в предыдущем году. Отметим, что площадь квартиры, наряду с нормативно установленной ценой, являются ключевыми признаками жилья эконом-класса. Так, в соответствии с методическими рекомендациями, утвержденными приказом Министерства регионального развития Российской Федерации от 27.02.2010 года № 79, для отнесения жилья к группе эконом-класса необходимо чтобы максимальный уровень ценовой доступности составлял не более 30 тыс. руб. за 1 м^2 общей площади жилья. Данное правило было установлено на период до 1 января 2011 года. В дальнейшем – ориентация на среднюю рыночную стоимость 1 квадратного метра общей площади жилого помещения в соответствующем субъекте Российской Федерации, устанавливаемом также нормативно. Что касается площади – то для однокомнатной квартиры это 28-45 м^2, для двухкомнатной – 44-60 м^2, для трехкомнатной – 56-80 м^2 и т.д.

Для дальнейшего развития установленных парам функционирующее в настоящее время Министерство строительства Российской Федерации приказом № 223/пр от 05.05.2014 года определило, что общая площадь жилого помещения эконом-класса должна составлять не более 100 кв. м. Хотя ранее, в статусе проекта, в данном документе были установлены технически условия, которые расширяли ранее утвержденный список квартирами-студиями, с пределом площадей в 18-40 м^2.

Таким образом, среднестатистический размер построенной в Российской Федерации квартиры не превышает установленных рамок. Вместе с этим, в статистическом наблюдении формата квартир-студий нет, а их присутствие, по нашему убеждению, наиболее точно и полноценно позволит отразить динамику строительства жилья эконом-класса.

В 1990 году доля жилья, построенного ЖСК составила 4,7 %, по итогам 2013 года доля кооперативного строительства снизилась до 0,7 %. Результаты в абсолютном выражении также невысоки.

Отметим, что рассмотрение ЖСК в качестве жилья эконом-класса, отражает исключительно нашу авторскую позицию. Использование института ЖСК в статистическом наблюдении имеет давнюю историю – со времён их появления в советской экономике. Тогда кооперативы были дорогой альтернативой бесплатному жилью. В настоящее время, особенно с момента вступления закона о долевом участии, ЖСК стали инструментом для обхода ограничений на первичном рынке жилья. Вместе, ранее проведенные исследования показывают, что заложенные законодателями в основу

кооперативного движения сущностные положения позволяют использовать данный институт для значительного продвижения в вопросе повышения доступности жилья.

В конце 1980-х и начале 1990-х годов решение жилищной проблемы путем вступления в ЖСК было наиболее дорогим вариантом. Гражданам приходилось либо своим денежным взносом, либо трудовым участием на строящемся объекте приобретать право на заселение в квартиру.

В период от начала 1990-х до 2005 года отмечается увеличение количества типов жилищных кооперативов, но экономический смысл их функционирования совершенно не отражал цели их формирования.

С 2005 года с введением в действие Жилищного кодекса Российской Федерации появился раздел о ЖСК. Предназначением ЖСК видели аккумулирование финансовых средств для строительства доступного жилья, без участия застройщиков. Более того, заложенный смысл и по настоящее время не реализовали. В частности:

1. Нет застройщиков, готовых предлагать жильё гражданам по цене близкой к стоимости строительства;

2. Отсутствуют некоммерческие жилищные организации (поставщики социального жилья), готовые организовывать ЖСК для нуждающихся граждан [1];

3. Не создан организационно-методический центр, который координировал бы вопросы создания и функционирования ЖСК, устанавливал бы группы граждан в зависимости от степени нуждаемости и благосостояния.

Несмотря на указанные противоречия, наличие жилья, построенного ЖСК за 2013 год (469,3 тыс. $м^2$), приводит к вопросу о сущности такого жилья [2].

В современной практике механизм ЖСК используется для обхода ограничений федерального закона об участии в долевом строительстве. К настоящему времени среди депутатов Государственной Думы Российской Федерации стали звучать предложения о внесении изменений в жилищное законодательство. В частности, предлагается, что деятельность ЖСК может осуществляться только в качестве застройщика.

На основе проведенного нами анализа емкости целевой аудитории предполагается, что в Республике Татарстан в жилищные кооперативы (не дожидаясь государственной поддержки) будут готовы вступить не менее 10 % населения, состоящего на учете по улучшению жилищных условий. Преимущественно, это та категория населения, которая в настоящее время является участником федеральных и региональных жилищных программ, но которую не устраивает отсутствие перспективы решения жилищного вопроса в приемлемые сроки. При этом вступление в ЖСК позволит четко очертить сроки ожидания улучшения жилищных условий [3].

Наибольших успехов в раскрытии потенциала жилищно-строительных кооперативов достигли в Самарской области. В частности, региональным оператором ОАО «АИЖК», т.е. структурой, призванной развивать традиционное ипотечное кредитование, созданы условия для масштабного запуска кооперативного движения в области. Другими словами, запущен механизм, способный составить значительную конкуренцию инструментам решения жилищной проблемы. В частности, Самарским областным Фондом жилья и ипотеки (СОФЖИ) создано бюро содействия развитию некоммерческих форм жилищного строительства. Основной его функцией является полное сопровождение деятельности ЖСК – от первичного консультирования граждан до эксплуатации объекта жилой недвижимости. В результате запуска ЖСК для членов кооператива стоимость жилья вплотную приблизиться к строительной стоимости. Это обеспечивается за счет отсутствия коммерческого интереса застройщика, бесплатного предоставления земельных участков, содействия в обеспечении земельных участков инженерной инфраструктурой, применения типовых проектов повторного использования, а также программ рассрочки за приобретаемое жилье. Первыми пайщиками жилищно-строительного кооператива стали сотрудники Тольяттинского государственного университета.

Таким образом, для запуска кооперативного движения необходима политическая воля руководителей исполнительных комитетом муниципальных образований, которая позволит отщипнуть у банков и девелоперов часть их доходов.

Важным направлением в развитии жилищного строительства является комплексное освоение территорий. Только подобный подход позволяет системно и с наибольшей эффективностью подойти к решению жилищного вопроса. Вместе с этим, количество свободных земельных участков в городской черте, на которых возможным было бы возведение новых жилых комплексов, постоянно сокращается.

В итоге некоторые застройщики перешли к строительству многоквартирного малоэтажного и индивидуального жилья в пригородах крупных городов. К примеру, в Республике Татарстан для увеличения объемов строительства жилья, осуществляется застройка близлежащих районов столицы республики, г. Казань – Пестречинского, Лаишевского, Высокогорского и Зеленодольского муниципальных образований. Более того, часть территорий сельских районов была передана в состав Казани.

Подтверждением привлекательности освоения сельских территорий являются показатели строительства жилья. Так, в масштабах Российской Федерации 2013 году темпы жилищного строительства в сельской местности опережали темпы ввода жилых домов в городах и поселках городского типа. Для сельских жителей введено на 11,5 % больше площади жилья к уровню 2012 году, для городских жителей - больше на 5,9 % (в 2012 году – больше на 1,4 % для сельских и на 7,0 % – для городских).

Привлекательность строительства в пригородных районах для застройщика объясняется тем, что это обеспечивает приемлемый уровень рентабельности. С точки зрения затрат, близость к городу снижает транспортные и логистические издержки, сохраняется близость к трудовым ресурсам. С позиции экономических выгод, привязка к городу определяет высокие ценовые уровни и необходимую ликвидность продаж.

Вместе с этим, для повышения доступности индивидуального жилья, важную роль играет стоимость земельного участка. Естественно, чем дальше удаленность от крупного населенного пункта, тем ниже стоимость.

Возможность приобретения недорогих земель сельскохозяйственного назначения с дальнейшим переводом в земли поселений открыло дорогу в бизнес новоиспеченным девелоперам. Как правило, они занимаются лишь ограждением отведенных земельных участков и обеспечением их инженерными коммуникациями (водо-, электро- и газоснабжение), а такие существенные вопросы как благоустройство и укладка дорожного покрытия, а также строительство инфраструктурных объектов, бременем ложатся на будущих собственников. Практика реализации подобных проектов демонстрирует еще одну специфическую особенность: не полностью исполнивший обязанности застройщика некогда девелопер превращается с управляющую компанию, и формирует для себя доходную статью в виде поступающих от жителей платежей за жилищно-коммунальное обслуживание поселка.

В целом, подобная практика наблюдается в ряде коттеджных поселков вблизи г. Казань, и, по нашему мнению, не соответствует современным и перспективным требованиям комфортного проживания в загородном жилье. Основная схема развития подобных поселков эконом-класса выглядит просто – застройщик приобретает земельные участки сельскохозяйственного назначения, в некоторых случаях с привлечением кредитных ресурсов. Начинается прокладка инженерных коммуникаций, в том числе временных, и в продажу предлагаются участки без подряда. На примере пригорода Казани стоимость одной сотки составляет 40-80 тыс. руб. Подобные цены существенно ниже тех поселков, в которых вопрос с социальными объектами и дорогами решен. В частности, наличие детского сада или школы, благоустройство территории предопределяют цены на уровне от 180 тыс. руб. за сотку.

Таким образом, невысокая стоимость земельных участков существенно увеличивает привлекательность строительства загородного образа жизни. Строительство жилья осуществляется, прежде всего, исходя из финансовых возможностей и, часто, в довольно растянутых временных рамках.

Резюмируя данный этап исследований можно выделить одно – у населения наблюдается высокий интерес к проживанию в индивидуальном доме, но массовый спрос пребывает в недорогом сегменте. Для пригорода Казани это 3,5 млн. руб. за дом площадью не более 120-130 м^2 с земельным участком не более 10 соток.

Важной особенностью современного освоения сельских территорий является нерешенность вопросов экономической активности граждан. Другими словами, остается открытым вопрос с видами предпринимательской деятельности, которые обеспечивали бы занятость населения и, собственно, интерес к проживанию в данной местности.

Таким образом, на сегодняшний день назрела необходимость разработки нового формата застройки и развития сельских территорий [4]. Учитывая круг описанных проблем, мы предлагаем для их решения использовать инновационный формат девелопмента сельских территорий – сельские молодежные жилищно-производственные комплексы (СМЖПК).

В поле зрения экспертов сельские молодежные жилищно-производственные комплексы вошли последние 3-4 года. В частности, в серии своих исследований М.А. Кирилюк формулирует набор парам комфортности жилищно-коммунального и социально-бытового обслуживания сельского населения. Более того, им предлагается методика определения уровня комфортности проживания населения для конкретного сельского поселения [5].

В настоящее время законодательно рабочим инструментом развития сельских территорий является Концепция долгосрочного развития села до 2020 года, в перспективе это – программы регионального развития, инфраструктурные проекты и развитие систем страхования агропромышленного комплекса. Кроме инфраструктурных проектов предстоит решать и социальные вопросы, в частности, повышение привлекательности сельской жизни для трудоспособных категорий граждан в возрасте от 18 до 45 лет посредством образовательных проектов и программ подготовки кадров. Также необходимо отметить, что одной из важнейших проблем, требующих решения остается обеспечение жильем сельских семей [2]. Сельский молодежный жилищно-производственный комплекс является инновационным форматом девелопмента территорий. Он представлен комплексом взаимосвязанных объектов жилого, производственного, хозяйственно-бытового и социального назначения. Единая концепция комплексной застройки в сельской местности призвана увязать потребности в производственных объектах муниципалитетов и регионов в целом с социальными потребностями населения. Фокусной группой является молодежь, выбирающая жизнь и работу на селе [6]. Поэтому, в состав объектов недвижимости СМЖПК необходимо включить образовательные (школы, детские сады, дома творчества) и медицинские учреждения (амбулаторные и стационарные) [7]. А так же разработать проект жилой малоэтажной застройки высокого уровня комфортности с применением современных технологий энерго- и ресурсосбережения. В основе проектировочных решений домов для жителей СМЖПК нами предлагается заложить идею энергоэффективного дома [8].

Особую роль при разработке проекта СМЖПК необходимо отвести инвестиционному маркетингу [9]. Поскольку основным источником финансирования в связи с расходами по созданию необходимой инфраструктуры СМЖПК планируется привлечение инвестиций частных инвесторов. Учитывая высокую долю средств инвесторов при реализации данного проекта необходимо разработать комплекс мер по снижению налоговых обязательств. Добавим, что создание СМЖПК в настоящее время государством, к нашему сожалению, не определено в качестве стратегических вариантов развития жилищного строительства.

Значимым показателем, аналитика которого должна найти отражение в макроэкономических индикаторах развития жилищного строительства, должно стать арендное жильё. В настоящее время строительству фонда арендного жилья коммерческого и социального использования уделяется значительное внимание со стороны органов власти различных уровней. Среди основных действий – разработка нормативно-правовой базы и обеспечение инвестиционной привлекательности для застройщиков.

Заключение

На стадии становления квалифицированного рынка арендной жилой недвижимости первостепенную роль, по нашему мнению, должны играть некоммерческие жилищные организации [10]. Они могли бы стать теми участниками, которые существенно повысили

бы деловую активность в сегменте жилья эконом-класса. Перечень категорий, нуждающихся в приоритетной государственной поддержке, отличается от региона региону по конъюнктурным причинам. Это необходимость в квалифицированных кадрах для освоения новых территорий и запуска новых производств, омоложение штата сотрудников в важнейших социальных сферах (здравоохранение, образование, культура) и демографическая ситуация.

Список библиографических ссылок

1. Баландин Д.А. Реализация социально-экономической политики в отношении сельских территорий // Российское предпринимательство, 2012, № 15 (213). – С. 102-106.
2. Берестов А.П. Государственно-частное партнерство как одно из направлений сохранения и развития сельских территорий // Российское предпринимательство, 2012, № 3 (201). – С. 11-16.
3. Набиуллина К.Р. Институты развития инвестиционно-строительного комплекса муниципального образования // Российское предпринимательство, 2014, № 5 (251). – С. 28-38.
4. Филиппова С.П. Финансирование инновационных процессов в сельском хозяйстве Чувашской республики // Креативная экономика, 2013, № 9 (81). – С. 91-96.
5. Кирилюк М.А. Оценка уровня комфортности жилищно-коммунального и социально-бытового обустройства сельского поселения // Механизация строительства, 2010, № 12. – С. 4-6.
6. Гареев И.Ф., Мухаметова Н.Н. Предпосылки развития сельских молодежных жилищно-производственных комплексов // Российское предпринимательство, 2014, № 15 (261). – С. 78-84.
7. Фалькевич Н.А., Иванова Н. В. Проблемы инвестирования строительства объектов недвижимости и устойчивого развития сельских территорий // Недвижимость: экономика, управление, 2012, № 1. – С. 77-79.
8. Кирилюк М.А. Направления современного развития систем коммунального обеспечения сельских поселений // Механизация строительства, 2011, № 9. – С. 21-22.
9. Крутиков В.К., Федорова О.В., Гворыс В. Развитие сельского туризма: преодоление инерции торможения (анализ отечественного и зарубежного опыта) // Российское предпринимательство, 2013, № 23 (245). – С. 96-103.
10. Кульков А.А. Показатели развития жилищного строительства в Российской Федерации // Российское предпринимательство, 2013, № 23 (245). – С. 169-175.

Gareev I.F. – candidate of economical sciences, associate professor
E-mail: igareev@mail.ru
Habibulina A.G. – candidate of economical sciences, senior lecturer
E-mail: albgomer@mail.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

The main trends in Russian Federation housing

Resume

Quite full institutional infrastructure is formed for determination of the priorities for the development of the housing system in the Russian Federation. Development institutions design the mechanisms for the implementation and execution of public policies on the real estate market. Russian researchers carried out an inventory of existing development institutions, also it is identified their organizational capacity.

Housing construction is the sector with the most multiplicative effect. Condition of many sectors of the economy depends on its development dynamics. According to the results of the research, based on annual monitoring and analysis of the business activity factors, it is determined that a key role belongs to regulatory tools of supply and demand. We have found that at the present time the focus is shifted to the support of rental housing. At the same time, it is not enough social housing. Also, formation of an optimal structure of the real estate market is need development of non-profit housing organizations and rural territories.

Keywords: housing, social housing, rental housing, rural areas, affordable housing.

References list

1. Balandin D.A. The implementation of social and economic policy in relation to rural areas // Rossiyskoe predprenimatelstvo, 2012, № 15 (213). – P. 102-106.
2. Berestov A.P. Public-private partnership as one of the areas of conservation and development of rural areas // Rossiyskoe predprenimatelstvo, 2012, № 3 (201). – P. 11-16.
3. Nabiullina C.R. Institutions of the investment and construction of the complex municipal formation // Rossiyskoe predprenimatelstvo, 2014, № 5 (251). – P. 28-38.
4. Filippova S.P. Financing of innovation processes in the agriculture of the Chuvash Republic // Kreativnaya ekonomika, 2013, № 9 (81). – P. 91-96.
5. Ciriluk M.A. Assessing the level of comfort of housing and communal welfare arrangement rural settlement // Mekhanizatsiya stroitelstva, 2010, № 12. – P. 4-6.
6. Gareev I.F., Mukhametova N.N. Preconditions for the development of rural youth housing and industrial complexes // Rossiyskoe predprenimatelstvo, 2014, № 15 (261). – P. 78-84.
7. Falkevitch N.A., Ivanova N.V. Problems of investment real estate construction and sustainable development of rural areas // Nedvizhimost: ekonomika, upravleniye, 2012, № 1. – P. 77-79.
8. Ciriluk M.A. Areas of modern systems development communal provision of rural settlements // Mekhanizatsiya stroitelstva, 2011, № 9. – P. 21-22.
9. Crutikov V.K., Fedorova O.V., Gvorys V. Rural Tourism Development: Overcoming inertia braking (analysis of domestic and foreign experience) // Rossiyskoe predprenimatelstvo, 2013, № 23 (245). – P. 96-103.
10. Kulkov A.A. Indicators of housing development in the Russian Federation // Rossiyskoe predprenimatelstvo, 2013, № 23 (245). – P. 169-175.

УДК 33:316.422
Загидуллина Г.М – доктор экономических наук, профессор
E-mail: gulsina@kgasu.ru
Соболев Е.А. – аспирант
E-mail: sobolev.evgeni@mail.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1

Технологические уклады, их роль и значение в развитии инновационной экономики России

Аннотация

В статье рассмотрена история появления и становления теории длинных волн, проанализирована экономическая категория «технологический уклад». Рассмотрена структура технологического уклада, его этапы. Проанализированы 5 индустриальных и 1 постиндустриальный технологический цикл. Обоснована необходимость перехода к шестому технологическому укладу и предложены рекомендации по его осуществлению.

Ключевые слова: инновации, технологический уклад, экономический кризис**,** кондратьевские циклы, инфратраектории, ядро технологического уклада, многоукладность производства.

Ученые-экономисты, исследующие мировые социально-экономические процессы и их динамику, зачастую имеют различные, а подчас и диаметрально противоположные точки зрения на развитие экономики и ее этапов. При этом большинство из них не уделяют должного внимания вопросам цикличности развития экономики. Большое число приверженцев во всем мире нашла концепция чередования технологических укладов. Начало теории цикличности экономического процесса лежит в трудах Николая Дмитриевича Кондратьева. В основе его теории лежит гипотеза о том что, научно-техническая революция развивается волнообразным путем за счет смены технологических укладов по циклам продолжительностью 50-70 лет. В настоящее время выделяется пять технологических укладов (волн):

Первая волна (1785-1835) – это технологический уклад, фундаментом для которого стали новые уникальные технологии в мануфактурном производстве и применение энергии воды.

Вторая волна (1830-1890) сформировала активное совершенствование железнодорожного и водного транспорта на базе паровых машин, широкое распространение паровых двигателей в промышленную деятельность.

Третья волна (1880-1940) вызвана применением в промышленной деятельности электрической энергии; происходит подъем тяжёлого машиностроения и электротехнической промышленности на базе применения стального проката, новейших изобретений в химической области. Кроме того, расширяется область применения радиосвязи, телеграфа, рост автомобильной промышленности. А также наблюдается появление изрядно крупных фирм, картелей, синдикатов и трестов, проявляется главенств монополий на рынках, начинает закладываться организация банковского и финансового капитала.

Четвёртая волна (1930-1990) характеризуется последующим подъемом энергетики с применением нефти и нефтепродуктов, газа, средств связи, новых синтетических материалов. Во время четвертого цикла активно развивается крупномасштабный выпуск автомобилей, тракторов, самолётов, разных видов вооружения, товаров народного потребления, широко распространяется внедрение компьютеров и программных продуктов. Начинается применение атомной энергии, как в военных, так и в мирных целях, конвейерные технологии становятся преобладающей формой массового производства. Образуются транснациональные и межнациональные компании, которые инвестируют капитал в рынки различных стран.

Пятый цикл (1985-2035) базируется на успехах в области микроэлектроники, информатики, биотехнологии, генной инженерии, применении новых форм энергии, материалов, освоения космического пространства, спутниковой связи и т.п. Наблюдается переход от отдельных фирм к целостной сети достаточно крупных и мелких фирм, соединяющихся электронной сетью на основе интернета.

Каждый такой цикл заканчивается системным кризисом, за которым происходит переход производительных сил на более высокую и качественную ступень развития.

В своей работе Н.Д. Кондратьев писал о наличии «повышательной» и «понижательной» волны, уделяя внимание тому, что в начале каждого цикла перед стремительным ростом науки и техники проявляются глубокие перемены в условиях экономической жизни общества. Данные изменения проявляются в таких явлениях, как коренное модернизирование техники, вовлеченность новых стран в мировые экономические коммуникации, изменение процесса добычи золота, денежного обращения. При этом он отмечал, что научно-технические инновации играют при этом важную роль [1].

Й. Шумпеттер стал последователем теории длинных волн. В своих трудах он пишет о том, что именно инновации способствуют возникновению длинных волн деловой активности. В его трактовке инновации выступают, как «признак технологической революции и ее итогов». Он отметил, что при внедрении инноваций в экономику создается так называемый «вихрь созидательного разрушения», который сокрушает равновесие сложившейся экономической системы, он приводит к устранению устаревших технологий и организационных структур, приводит к созданию новых сильных отраслей. Результатом этого «вихря» является исключительный рост экономики и благополучия населения. Й. Шумпеттер представляет инновации как своеобразный катализатор экономического роста [2].

С течением времени в научных кругах происходит распространение и признание теории длинных вол и циклов, разработанной ранее Д. Кондратьевым и Й. Шумпетером. После того как была обнаружена и проанализирована цикличность в развитии научно-технических и экономических процессов, появляется новая экономическая категория, которой в последствии дают название «технологический уклад».

Технологический уклад – это совокупность объединенных производств, обладающих единым техническим уровнем. Производства, которые входят в один технологический уклад, развиваются параллельно, то есть изменения в одном элементе уклада приводит к изменению в другом. Это понятие в научную терминологию ввели российские экономисты-академики РАН – Д. Львов и С. Глазьев.

Идеи С. Глазьева и Д. Львова, получили дальнейшее распространение в работах А. Клайнкнехта, С. Кузнеца, Г. Менша, Ю. Яковца и других ученых, участвоваших в развитии различных направлений теории длинных волн и чередования технологических укладов. По мнению данной группы ученых, под технологическим укладом следует понимать совокупностью технологий и производств единого уровня, объединяющихся в единую целостную систему его производств, связанных потоками качественных ресурсов, которые поддерживаются квалифицированной рабочей силой, общим научно-техническим.

По своей сути технологический уклад имеет довольно сложную внутреннею структуру. Его ядро создают отрасли, в которых применение определенного вида энергии является ключевым. На сегодняшний день известно пять индустриальных и один постиндустриальный технологический уклад. В настоящее время пятый технологический уклад находится в стадии активного роста. Признаками перехода одного уклада к другому являются рост и снижение цен на энергоносители, мировой финансовый кризис. Появление и расширение масштабов шестого технологического уклада станет ориентиром глобального развития на ближайшие два или три десятилетия.

Технологический уклад – это замкнутый производственный цикл, включающий в себя получение первичных ресурсов, а также все этапы обработки этих ресурсов и выпуск готового продукта. Например, в пределах третьего технологического уклада появилась мысль о создании автомобиля, которая, в последующем получила практическую реализацию. В самом начале зарождения нового технологического цикла он использует сложившуюся ранее инфраструктуру и энергоносители, далее, постепенно

уклад развивается, происходит его насыщение и создание новейшего вида инфраструктуры, который позволяет одолеть ограничения прежнего уклада, общество переходит на новые формы энергоносителей, которые задают базу для расширения следующего технологического уклада. Примером может служить, паровая машина Дж. Уатта, которая сыграла огромное значение в переходе к машинному производству, а также поспособствовала созданию новейшей инфраструктуры и энергоносителей [3].

Постепенно различные потребности человечества насыщаются уже существующими товарами, эффективность производства достигает своего предела; что способствует появлению новейших факторов – разработки, технологии, которые зарождаются в рамках существующего технологического уклада. После этого технологии и разработки начинают ускоренно развиваться, что способствует переходу экономической системы общества в новый более прогрессивный и качественный технологический уклад (рис. 1).

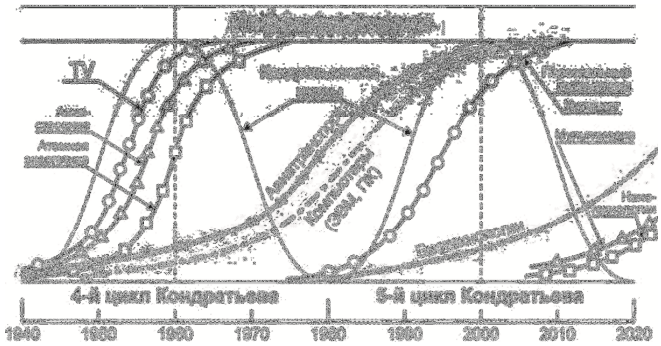


Рис. 1. Схема развития технологических укладов [4]

М. Хироока в своих трудах писал про отдельные инновации, дающие импульс к созданию новых инфраструктур, которые впоследствии получили название инфратраектории (например, компьютеры, авиастроение, биотехнологии и др.) Также эти инновации носят название магистральные или стволовые. Данные инновации приобретают широкое распространение, создают новые рынки, далее их возможности приводят к образованию новой инфраструктуры в экономике.

Одним из самых ярких примеров инфратраекторий является изобретение компьютера в конце 1940-х и начале 1950-х гг., что совпало с начальным этапом повышательной фазы четвертого цикла кондратьевских волн. В дальнейшем были внедрены ЭВМ, которые использовались в рамках разработки крупных научно-технических идей, в проектировании крупных объектов, управлении достаточно сложными динамическими системами, в военном деле. В это же время происходил процесс создания новой инфраструктуры и сетей. Так был отмечен подъем пятого кондратьевского цикла (1980 г.), в этот период персональные компьютеры начали широко внедряться и повсеместно использоваться. Распространение компьютеров продолжается и сейчас, происходит компьютеризация всех сфер жизнедеятельности общества. Ярким примером служит интернет, который основывается на всемирной компьютерной сети. Можно прийти к выводу, что и в будущем компьютеризация будет и дальше активно расширяться и создавать выгодные условия для массового распространения инновационных средств мультимедиа, которые уже и сейчас, безусловно, имеют активную траекторию внедрения в различных сферах жизни общества. Таким образом, изобретение и распространение компьютера стало основной стволовой инновацией в четвертом цикле теории Кондратьева. Благодаря изобретению компьютера появились такие понятие как, цифровой мир, программный продукт, микроэлектроника, Интернет, мультимедиа и т.д., которые постоянно совершенствуются [5].

Очертания новейшего технологического уклада формируется достаточно длительное время и включает в себя два качественно разных этапа. На первом этапе появляется его ключевой фактор и ядро уклада, в это время сохраняется преобладание

предшествующего технологического цикла, который пока удерживает создание производств нового уклада. В последующем, когда экономический потенциала этого процесса заканчивается, наступает второй этап, началом которого является замещение предшествующего технологического уклада новым. Новый уклад проявляется в виде новой волны экономического состояния [6].

Как отмечает С. Глазьев в своих трудах, при изменении технологического уклада наблюдаются радикальные преобразования в социальных и институциональных системах, что, в свою очередь, приводит к широкомасштабному применению технологий нового уклада. Далее наступает этап резкого распространения нового технологического цикла, и этот уклад становится базой экономического роста, а также занимает лидирующее положение в экономической системе.

В настоящее время многие ученые, исследующие экономические циклы, придают огромную роль проблеме становления нового технологического уклада. Очертания данного уклада начинают формироваться в развитых странах мира, в таких как, США, Японии и КНР, он ориентирован на развитие и использовании наукоёмких, то есть «высоких технологий». В США раскладка по долям того или иного технологического уклада выглядит следующим образом: четвёртый уклад составляет 20 %, пятый – 60 %, и около 5 % относится к шестому укладу [4]. Одними из первых стран, вступивших на ступень к шестому технологическому укладу, стали Соединенные Штаты. Главными предпосылками для этого послужили прочная и устойчивая политическая система, результативный механизм экономического роста и научно-технического прогресса. США уделяет вопросам поощрения научно-технического прогресса ключевую роль, основой экономического роста по законодательству являются фундаментальные результаты в области научных знаний. В США финансирование научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ осуществляется в большей степени за счет собственных средств американских предприятий и фирм. Стоит отметить, что доля средств государственного бюджета не составляет и третьей части.

Первый постиндустриальный технологический уклад начал зарождаться примерно 15-20 лет назад. В настоящее время происходит распространение шестого технологического уклада, в то время как доминирование пятого постепенно ослабевает, так как он уже достигает границ своего роста [7].

Человечество откроет перед собой огромные возможности, когда осуществит переход к шестому технологическому укладу. Результаты и их синергия по основным технологическим направлениям, таким как, био- и нанотехнологии, генная инженерия, мембранные и квантовые технологии, микромеханика, фотоника, термоядерная энергетика, дают мощный импульс, например, к созданию квантового компьютера или искусственного интеллекта. Также появлчется возможность выхода на совершенно иной уровень в системах управления государством, экономикой и обществом.

К сожалению, Российская Федерация на пути к шестому технологическому укладу сталкивается с множеством трудностей и преград. Основными проблемами, которые тормозят процесс перехода к новому укладу являются технологичная многоукладность производства, невысокие темпы инновационного цикла, технико-ресурсную ситуация, усугубление международной конкуренции на основных направлениях деятельности [8]. Нормативно-правовая база, которая регулирует научную сферу, далеко не идеальна и обладает множеством недоработок, что является большой преградой в развитии науки. В 2005 году структура федерального бюджета претерпела изменения, а именно был исключен раздел «Фундаментальные исследования и содействие научно-техническому прогрессу». На сегодняшний день фундаментальные разработки отнесены в раздел «Общегосударственные вопросы», а прикладные исследования – в раздел «Национальная экономика», что приводит к потери взаимосвязи между фундаментальными и прикладными разработками на этапе проектирования финансовых планов. Исходя из этого, можно сделать вывод о неэффективной деятельности научно-исследовательского сектора. Также стоит отметить, что Министерство образования и науки совместно с Российской академией наук только готовят предложения в отношении бюджета на фундаментальные исследования, а инвестиции на прикладные разработки формируются

Министерством экономического развития РФ (программная часть), непрограммная — Министерством финансов РФ. Это естественным образом приводит к разрушению принципа единой технологической цепочки.

Большинство ученых главной проблемой развития экономики России считают многоукладность производства. В нашем государстве в одном ряду с новейшими модернизированными производствами продолжают работать предприятия с устаревшими технологиями. В таблице представлен анализ используемых передовых производственных технологий за 2013 год в России по видам экономической деятельности [9].

Таблица

Структура передовых технологий в 2013 году в России

Виды экономической деятельности	Уклад	Число технологий	Удельный вес, %
Добыча полезных ископаемых	3	9050	3,17
Обрабатывающие производства	4	121103	42,42
Производство и распределение электроэнергии, газа и воды	3	15959	5,59
Деятельность в области электросвязи	5	3826	1,34
Деятельность, связанная с использованием вычислительной техники и информационных технологий	6	2229	0,78
Научные исследования и разработки	5	28765	10,08
Деятельность в области архитектуры, инженерно-техническое проектирование в промышленности и строительстве (в части деятельности конструкторских и проектных организаций)	5	7294	2,56
Технические испытания, исследования и сертификация (в части деятельности испытательных лабораторий и станций)	5	341	0,12
Высокотехнологичные виды экономической деятельности	4	22571	7,91
Среднетехнологичные виды экономической деятельности	3	39501	13,84
Наукоемкие виды экономической деятельности	3	34820	12,20
Всего		**285459**	100 %

Данные таблицы позволяют сделать следующий вывод: лишь 0,78 % технологий относятся к шестому укладу, 14,09 % к пятому укладу, четвертый уклад составляет 50,33 %, третий уклад – 34,80 %. На рис. 2 продемонстрирована структура технологических укладов в настоящее время в России [4].

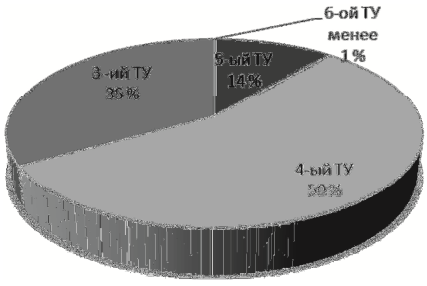


Рис. 2. Структура технологических укладов (ТУ) в России

Данная статистика позволяет сделать следующий вывод: в России преобладает четвертый уклад в сочетании с третьим, в то время как пятый еще не достиг пика своего развития. К сожалению, шестой технологический уклад в России практически не создан. Ввиду сложившейся ситуации, перед российским правительством и отечественной наукой стоит сложная задача – привести страну через 10-15 лет к числу государств с шестым технологическим укладом. То есть, фактически Российская Федерация должна интенсивно, максимально ускоренно через целый этап развития – через пятый технологический уклад.

Однако, при существующих видах и методах организации, управления и инвестирования научных работ данный скачок произвести не удастся. Этот прорыв получится произвести только путем коренных преобразований в данных сферах, которые будут способны стабилизировать ситуацию. Преобразования станут возможными лишь в том случае, если наука отделится и станет самостоятельной независимой отраслью экономики. Лидирующие экономически развитые страны мира уже пришли к подобной практике, что позволяет им иметь мощную научную базу и активную инновационную политику. В России же активная инновационная политика на данный момент слабо развита, а лишь является стратегической целью.

Выходом из сложившейся ситуации должна послужить реализация целого комплекса мер:

1) Разработку и внедрение инновационной продукции необходимо ввести обязательной для всех предприятий и в первую очередь для крупных корпораций. С целью данного мероприятия рекомендуется вернуться к практике отчислений 2 % от прибыли в Российский фонд технологического развития.

2) С целью обеспечения решений важных инновационных задач государство должно стимулировать научные учреждения, ответственные за разработку инноваций. Одним из ключевых катализаторов в реализации инновационной политики должен выступать государственный сектор науки, так как именно в руках государства находится около 70 % научно-технических возможностей страны. Следовательно, государственный сектор науки и есть главный основной источник российских инноваций, только он может выступать в качестве поручителя интересов государства.

3) При Президенте Российской Федерации необходимо создать центр управления по научной деятельности и технологиям, главной задачей которого должно стать управление научно-технической политикой. Управление следует наделить следующей компетенцией: образование основных методов и форм научно-технической политики; планированию программы фундаментальных и фундаментально ориентированных прикладных НИР и НИОКР, нацеленных на решение вопросов модернизации российской экономики, вопросов подготовки специализированных кадров; регулированию и контролю реализации программ по распределению финансовых средств; выдача рекомендаций по приобретению современных технологий и оборудования за границей.

4) Одним из важных элементов новой инновационной политики России должны стать центры исследований и технологических разработок, которые созданы на базе Российской академии наук и государственных научных центров (ГНЦ). Также в данные центры будут привлекаться ведущие университеты страны, которые могут обеспечить научно-методическую и образовательную деятельность. ГНЦ выполняет важную роль для успеха исследований и технологических разработок. Государственные научные центры являются одними из важнейших составляющих государственного сектора науки, та как они созданы с целью сохранения развитых научных школ мирового масштаба, развития научного потенциала страны в области фундаментальных и прикладных исследований и подготовки высококвалифицированных специализированных научных кадров.

5) Проблема обучения, подготовки и переподготовки специализированных научных кадров, способных управлять инновационно-научной экономикой, является одной из первостепенных. Без должной качественной подготовки кадров бесполезно говорить об инновационном развитии. В последнее время наблюдается тенденция к сокращению вузами выпуска студентов по специальности «инженер», в связи с этим должна быть восстановлена сложившаяся в советские годы методика работы технических вузов по инженерному образованию.

В своей теории Н.Д. Кондратьев писал о то, что зачастую переход от одного технологического уклада к другому сопровождается финансовым кризисом. Этому факту имеются подтверждения: российская экономика нашего государства претерпела предшествующие кризисы 1998 и 2008 гг., разумно предположить, что и следующий системный кризис пятого уклада может настичь Россию и стать большой преградой на

пути к шестому укладу. Риск этого кризиса велик и имеет важное значение, так как под угрозой стоит ключевая задача сокращения отставания России в социально-экономическом развитии от лидирующих стран мира.

С учётом данных факторов переход России в шестой технологический уклад не цель, а вопрос выживания на международной арене, развития экономики, гарантия безопасности позиции страны, достижения высокого уровня благополучия населения. Прохождение всех стоящих на пути инновационного развития трудностей открывает перед Россией горизонты безграничных возможностей. Россия обладает достаточным потенциалом, нам остается только эффективно и разумно его использовать.

Таким образом, проблема перехода к шестому технологическому циклу является важной и актуальной для России, так как лишь в этом случае появляется возможность осуществления инновационного скачка, а также будут реализованы перспективы развития инновационной экономики.

Список библиографических ссылок

1. Кондратьев Н.Д. Большие циклы конъюнктуры и теория предвидения: избранные труды. – М.: Экономика, 2002. – 767 с.
2. Шумпетер Й. Теория экономического развития. Капитализм, социализм и демократия. – М: Эксмо, 2008. – С. 564-570.
3. Зарецкий А.Д. Промышленные технологии и инновации // Международный журнал экспериментального образования, 2012, № 2. – С. 121-124.
4. Каблов Е.Н. Шестой технологический уклад // Наука и жизнь, 2010, № 4. – С. 8-15.
5. Глазьев С.Ю. Стратегия опережающего развития российской экономики в условиях глобальных технологических сдвигов. – М.: НИР, 2007. – С. 14-19.
6. Климова В.В. Взаимосвязь инновационной экономики и постиндустриальных технологических укладов // IV международная научно-практическая конференция студентов и аспирантов «Россия в период трансформации: базовые концепты модернизации». – Ярославль: МУБиНТ, 2010. – С. 77-79.
7. Климова В.В. Оценка воздействия технологических укладов на становление российской экономики // Экономический журнал, 2010, № 3. – С. 8-12.
8. Левин А.И., Судов Е.В. Концепция и технологии компьютерного сопровождения процессов жизненного цикла продукции // Информационные технологии в наукоемком машиностроении. Компьютерное обеспечение индустриального бизнеса / Под ред. А.Г. Братухина. – Киев: Техника, 2009. – С. 612-625.
9. Официальный сайт Федеральной службы государственной статистики РФ. URL: http//www.gks.ru/ (дата обращения: 14.09.2014).
10. Глазьев С.Ю. Теория долгосрочного технико-экономического развития – М.: Владар, 1993. – С. 310-311.
11. Загидуллина Г.М., Клещева О.А. Развитие инновационной инфраструктуры инвестиционно-строительного комплекса // Известия КГАСУ, 2011, № 2 (16). – С. 271-277.
12. Сиразетдинов Р.М. Моделирование инновационного развития инвестиционно-строительного комплекса (на примере Республики Татарстан) // Известия КГАСУ, 2011, № 3 (17). – С. 219-228.

Zagidullina G.M. – doctor of economical sciences, professor
E-mail: gulsina@kgasu.ru
Sobolev E.A. – post-graduate student
E-mail: sobolev.evgeni@mail.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaia st., 1

Technological structures, their importance and role in the development of innovative economy in Russia

Resume

Relevance of the topic of the study is the need to move the economy of the Russian Federation on the innovative path of development. Since the task set covers many aspects of our lives, to assess the success of its implementation requires custom integrated indicator. Today, the role of such a measure is increasingly claiming such a thing as a «technological system», which was introduced to science Russian economists D.S. Lvov and S.Y. Glaz'ev. The article describes the history of the emergence and establishment of long-wave theory, analyzed the new economic category «technological way». The structure of the technological order, its stages is reviewed. 5 lists the industrial and post-industrial technological cycle 1 are analyzed. The necessity of the transition to the sixth technological structure and provide recommendations on the transition.

Keywords: innovation, technological structure, the economic crisis, Kondratiev's cycles, infratrajectories, the core technological structure and a mixed production.

Reference list

1. Kondratev N.D. Big cycles environment and the theory prediction: selected works. – M., Ekonomika, 2002. – 767 p.
2. Schumpeter Y. Theory of economic development. Capitalism, Socialism and Democracy. – M.: Penguin Books, 2008. – P. 564-570.
3. Zaretsky A.D. Industrial technology and innovation // Mezhdunarodnyj zhurnal eksperimentalnogo obrazovaniya, 2012, № 2. – P. 121-124.
4. Kablov E.N. Sixth technological structure // Nauka i zhizn, 2010, № 4. – P. 8-15.
5. Glazev S.Y. Strategy of rapid development of the Russian economy in the face of global technological shifts. – M.: NIR, 2007. – P. 14-19.
6. Klimova V.V. The relationship of the innovation economy and post-technological structures // IV mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferenciya studentov i aspirantov «Rossiya v period transformacii: bazovye koncepty modernizacii». – Iaroslavl: MUBiNT, 2010. – P. 77-79.
7. Klimova V.V. Assessing the impact of technological structures on the formation of the Russian economy // Ekonomicheskij zhurnal, 2010, № 3 (19). – P. 8-12.
8. Levin A.I., Ships E.V. The concept and technology of computer support the processes of product // Information technology in the high technology engineering. Computer Software Industrial Business / Ed. A.G. Bratukhina. – Kiev: Technology, 2009. – P. 612-625.
9. Official site of the Federal service of state statistics of the Russian Federation. URL: http //www.gks.ru/ (reference date: 14.09.2014).
10. Glazev S.Y. The theory of the long-term feasibility. – M.: VLADAR, 1993. – P. 310-311.
11. Zagidullina G.M., Kleshheva O.A. Development of innovation infrastructure investment and construction complex // News of the KSUAE, 2011, № 2 (16). – P. 271-277.
12. Sirazetdinov R.M. The modeling of innovation development in investment and construction complex (by the example Republic of Tatarstan) // News of the KSUAE, № 3 (17), 2011. – P. 219-228.

УДК 332.87
Иванова Р.М. – кандидат экономических наук, ассистент
E-mail: rufina-nml@yandex.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

Прогнозирование инвестиционного спроса на основе экономико-математического моделирования

Аннотация

Предложены и рассчитаны параметры сопряженности развития инновационных процессов с активизацией инвестиционной строительной деятельности. Разработана экономико-статистическая модель определения степени влияния инвестиционно-строительной деятельности на уровень инновационного развития региона.

Проведены экспериментальные расчеты по оценке уровня инновационной активности инвестиционно-строительного комплекса Республики Татарстан на основе определения показателей эффективности использования производственных ресурсов. Предложена и апробирована экономико-статистическая модель прогнозирования инвестиционного спроса с использованием импульсной функции Дирака.

Ключевые слова: инновационное развитие, прогнозирование инновационного спроса, потребность в инвестициях, моделирование, прогнозирование.

Одним из важнейших направлений стратегического развития страны является переход к инновационной экономике развития, основанной на использовании интеллектуальных ресурсов и высоких технологий. Россия слабо интегрирована в мировую инновационную систему.

Следует отметить ряд факторов, препятствующих динамичному инновационному развитию российской экономики, такие как, интеллектуальная, технологическая зависимость ряда отраслей от Запада, высокий уровень инфляции, низкий уровень частно-государственного партнерства, произвол монополий и др.

Следует отметить, что восприимчивость экономики к инновациям остается очень низкой. В частности, доля российских предприятий, в которых внедряются технологические инновации, составляет 9,4 %. Для сравнения, в Чехии эта доля составляет 41 %, Эстонии – 47%, Бельгии – 58 %, в Германии – 73 %.

Существенного ускорения инновационного развития экономики сложно добиться в условиях недостаточных финансовых вложений в образование и науку.

Расходы государства на науку и инновации по разным оценкам составляют в среднем 1,8-2 % от ВВП. Для сравнения в США совокупные расходы на инновации превышают 10 %.

Следует заметить, что инвестиционно-строительный комплекс относится к одному из важнейших сегментов экономики и во многом определяет решение стратегических задач развития всей экономики России.

В настоящее время перед строителями стоят принципиально новые, сложные и выскоотехзнологичные задачи – энергетическая эффективность и ресурсо-сбережение, освоение подземного пространства мегаполисов, использование нанотенхнологий в производстве инновационных строительных материалов, проектирование и «интеллектуальных» зданий, экологическая безопасность и охрана окружающей среды, комплексная техническая и конструктивная безопасность зданий и сооружений в условиях чрезвычайных ситуаций и ряд других серьезных задач.

Мировой опыт показывает, что конкурентные преимущества на мировом рынке имеют те, кто имеет совершенную инфраструктуру реализации инноваций.

Использование инвестиций в основной капитал является ключевым показателем развития экономики региона.

Необходимо констатировать факт, что в последние годы в Республике Татарстан наблюдается рост инвестиций в основной капитал, а также рост объемов строительно-монтажных работ. Сейчас обращает на себя внимание реструктуризация инвестиций в пользу роста вложений в строительно-монтажные работы. В частности, доля СМР в инвестициях составляет в среднем 60 %.

Инновационная деятельность в строительстве, обеспечивая создание и использование новых строительных материалов, изделий, конструкций, новых технологий в проектировании и строительстве, более совершенных и эффективных средств производства, совершенствование системы управления способствует развитию экономики в целом.

Осуществление последовательного перевода экономики страны на инновационный тип развития неизбежно потребует принципиальной перестройки материально-технической основы всей научно-образовательной и производственной инфраструктуры.

В этих условиях важное научно-прикладное значение имеет прогнозирование инвестиционного спроса.

Экономико-статистическая модель, разработанная автором, позволяет определить потребность в инвестициях в рамках среднесрочного и долгосрочного прогнозирования.

На основе использования ассиметричной импульсной функции Дирака проведены расчеты по определению прогнозных объемов инвестиционных потоков.

Объем потребности в инвестициях рассмотрен на любой момент времени x с помощью функции:

$$\phi(x) = \int_a^x f(t)dt\,, \qquad (1)$$

где за a – принимается любой начальный фиксированный момент времени;
x – переменная величина.

Функцию $f(t)$ можно представить импульсной функцией:

$$f(t) = \sum_{k=0}^{n} p_k \cdot f_k(t) \cdot \delta_+(t - kT), t > 0$$

или

$$f(t) = \sum_{k=1}^{n} Y_k \cdot \delta_+(t - kT),\ t > 0.$$

Здесь каждое слагаемое выражается через ассимметричную импульсную функцию Дирака $\delta_+(x)$, определяемую соотношениями:

$$\int_{a+0}^{b} f(\xi) \cdot \delta_+(\xi - x)d\xi = f(x)\begin{Bmatrix} x < a \text{ или } x \geq b \\ a \leq x < b \end{Bmatrix}(a < b).$$

Уравнение $y = \phi(x)$ определяет график освоения инвестиций.

Очевидно, что рассматриваемый интеграл меняется с изменением верхнего предела, т.е. является функцией верхнего предела x.

Динамика привлеченных инвестиций может быть представлена в следующем виде:

$$sgn(a) \cdot \phi_o(a), \qquad (2)$$

где $sgn(a) = \begin{cases} 1, a > 0 \\ 0, a = 0 \\ -1, a < 0 \end{cases}$.

Значение итоговой функции представляет сумму двух функций:

$$sgn\,(a) \cdot \phi_o(a) + \phi(x).$$

Предлагаемая функция позволяет провести расчеты по определению потребности в инвестициях нарастающим итогом на среднесрочную и долгосрочную перспективу.

Прогнозируемый объем инвестиций определяется, вычисляя значение (1) непосредственно на основе аппарата интегралов Стильтьеса или с любой степенью точности по формуле Симпсона:

$$\int_a^x f(t)dt \approx \frac{x-a}{6n}[(y_o + y_{2n}) + 2(y_2 + y_4 + \cdots + y_{2n-2}) + 4(y_1 + y_3 + \cdots + y_{2n-1})].$$

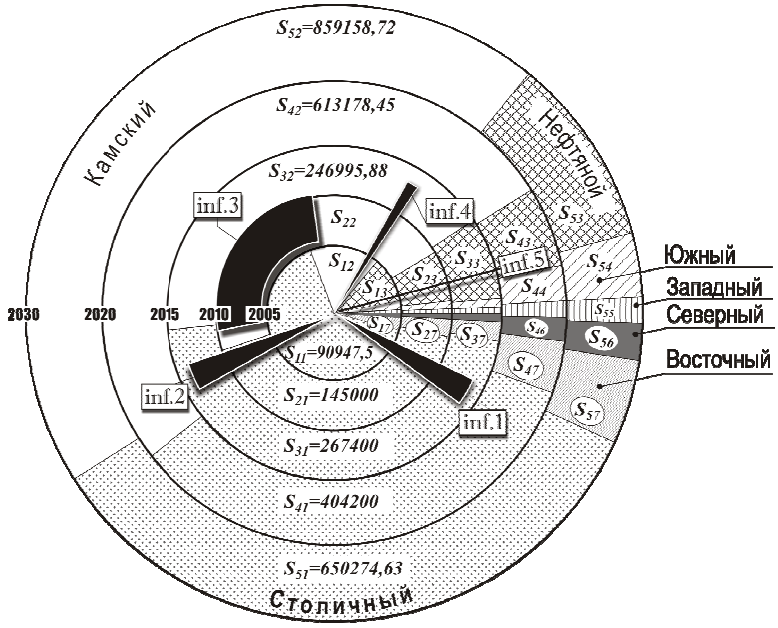
В этой модели, как и в формуле (1) каждое слагаемое выражается через ассиметричную импульсную функцию Дирака.

Расчеты, проведенные по формуле (1) позволяют определить верхнюю и нижнюю точки границы в процессе обоснования потребности в инвестициях:

$\sup\left(sgn(a)\cdot\phi(a)+\phi(x)\right)$ – точная верхняя граница (супремум);

$\inf\left(sgn(a)\cdot\phi_o(a)+\phi(x)\right)$ – нижняя граница (инфинум).

Результаты прогнозирования представлены на рис.



Inf. 1 – инвестиции по объектам Универсиады;
Inf. 2 – инвестиции на развитие жилищного строительства;
Inf. 3 – инвестиции на строительство комплекса нефтеперерабатывающих заводов в г. Нижнекамск.

Рис. Графическая схема определения потребности в инвестициях по Республике Татарстан

В целом, предлагаемые автором методические подходы позволяют прогнозировать инвестиционный спрос и определить потребность в инвестициях в рамках среднесрочного и долгосрочного прогнозирования.

Мировой опыт показывает, что в условиях экономики, основанной на знаниях, нет альтернативы инновационному пути развития. Широкое распространение новых продуктов, технологических процессов является основным фактором увеличения объемов инвестиций, производства, занятости, внешнеторгового оборота. В этой области можно обнаружить значительные резервы роста производительности труда, улучшения качества продукции, экономии материальных затрат, совершенствования организации производства и повышения эго эффективности.

Список библиографических ссылок

1. Загидуллина Г.М., Замалиев Э.Ф. Особенности программы социальной ипотеки Республики Татарстан // Известия КГАСУ, 2010, № 2 (14). – С. 333-338.
2. Загидуллина Г.М., Клещева О.А. Развитие инновационной инфраструктуры инвестиционно-строительного комплекса // Известия КГАСУ, 2011, № 2 (16). – С. 41-56.

3. Загидуллина Г.М., Зарипова А.В. Инновационный аспект инвестиционно-строительного кластера Республики Татарстан // Известия КГАСУ, 2012, № 1 (19). – С. 159-163.
4. Зайнуллина Д.Р. Оценка эффективности инновационных проектов // Известия КГАСУ, 2012, № 4 (22). – С. 444-451.
5. Иванова Р.М., Вахитова Г.А., Разаков А.А. Предпосылки инновационной стратегии развития предприятий регионального инвестиционного строительного комплекса // Российское предпринимательство. – М.: 2010, № 1 (2). – С. 158-162.
6. Иванова Р.М, Никитин Д.С. Проблемы формирования и перспективы развития рынка доступного жилья в Республике Татарстан. Проблемы современной экономики. Евразийский международный научно-аналитический журнал, 2008, № 3 (27). – С. 563-565.
7. Сиразетдинов Р.М. Моделирование инновационного развития инвестиционно-строительного комплекса (на примере Республики Татарстан) // Известия КГАСУ, 2011, № 3 (17). – С. 219-228.
8. Сиразетдинов Р.М. Модель управления платежеспособным спросом населения на региональном рынке жилья // Известия КГАСУ, 2012, № 4 (22). – С. 465-469.

Ivanova R.M. – candidate of economic sciences, assistant
E-mail: rufina-nml@yandex.ru
Kazan State University of Architecture and Civil Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Prediction investment demand based on economic and mathematical modeling

Resume

Proposed and calculated parameters conjugacy development of innovative processes with the intensification of investment and construction activities. Developed economic-statistical model to determine the impact of investment and construction activities on the level of innovative development of the region.

Experimental estimations of the level of innovation activity of investment-construction complex of the Republic of Tatarstan on the basis of definition of indicators of efficiency of utilization of production resources. Proposed and tested economic and statistical predictive model of investment demand using pulse functions Dirac.

Currently, the special urgency is got innovative development of investment and construction complex. Innovations in construction are very important for the economy as a whole, because without the successful functioning of the investment-construction complex is essential for development of other branches of material production. Recent years in the Republic of Tatarstan are characterized by increased investment and a recovery in investment and construction complex. During this period it is necessary to develop such a strategy for the development of investment-construction complex, which would have allowed the transition to a new qualitative level of development. These conditions satisfy the strategy of innovative development of investment and construction complex. The research focused on the forecasting of investment demand on the basis of economic-mathematical models.

Keywords: innovative development, innovative forecasting demand, the need for investment, modeling, and forecasting.

Reference list

1. Zagidullina G.M., Zamaliev EF Features of the program of social mortgage Tatarstan // News of the KSUAE, 2010, № 2 (14). – C. 333-338.
2. Zagidullina G.M., Kleshcheva O.A. Development of innovation infrastructure investment and construction complex // News of the KSUAE, 2011, № 2 (16). – P. 41-56.

3. Zagidullina G.M., Zaripova A.V. The innovative aspect of investment and construction cluster Tatarstan // News of the KSUAE, 2012, № 1 (19). – P. 159-163.
4. Zainullina D.R. Evaluating the effectiveness of innovative projects // News of the KSUAE 2012, № 4 (22). – P. 444-451.
5. Ivanova R.M., Nikitin D.S. Problems of formation and development prospects of the affordable housing market in the Republic of Tatarstan. Problems of the modern economy. Eurasian international academic and analytical journal, 2008, № 3 (27). – P. 563-565.
6. Ivanova RM, Vakhitova G.A, Razakov A.A. Background innovative enterprise development strategy of regional investment building complex // Russian Entrepreneurship. – M.: 2010, № 1 (2). – P. 158-162.
7. Sirazetdinov R.M. Simulation of innovative development of investment and construction of the complex (the example of Republic of Tatarstan) // News of the KSUAE, 2011, № 3 (17). – P. 219-228.
8. Sirazetdinov R.M. Management model effective demand of the population at the regional housing market // News of the KSUAE, 2012, № 4 (22). – P. 465-469.

УДК 532.5:621.9.044
Князева И.А. – аспирант
Золотоносов Я.Д. – доктор технических наук, профессор
E-mail: zolotonosov@mail.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420127, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

Экономическая эффективность модернизации теплообменного оборудования за счет замены гладкостенных теплообменных элементов на пружинно-витые каналы

Аннотация
В данной статье рассматривается вопрос экономической эффективности модернизации теплообменного оборудования за счет замены гладкостенных теплообменных элементов на пружинно-витые каналы. Приведены методы оценки экономической эффективности, сделан расчет экономического эффекта и периода окупаемости для теплообменного аппарата нагрева воды.
Ключевые слова: модернизация, пружинно-витой канал, гладкостенный теплообменный элемент, технико-экономические показатели, капитальные вложения, эксплуатационные затраты.

Сегодня ведение большинства технологических процессов в нефтеперерабатывающей, химической, пищевой и других отраслях промышленности невозможно без применения теплообменных аппаратов различных типов, многие из которых были введены в эксплуатацию 30-40 лет назад. Интенсивность проведения мероприятий по обновлению основных фондов ограничена финансовыми возможностями предприятий всех видов собственности.

Основным типом теплообменного оборудования, применяемого в технологических процессах, являются кожухотрубчатые теплообменники. Так как полная замена устаревшего оборудования требует значительных финансовых вложений, то становится актуальным вопрос модернизации имеющегося оборудования. В случае кожухотрубчатых теплообменников возможна модернизация существующего на предприятии парка теплообменного оборудования за счет замены гладкостенных теплообменных элементов на теплообмене элементы в виде пружинно-витых каналов.

Осуществление полной или частичной модернизации промышленного оборудования позволит эффективно, с небольшими затратами:

- повысить производительность оборудования;
- сократить количество обслуживающего персонала;
- получать полную статистику по работе оборудования (время работы и простоя, количество произведенной продукции и др.) [1].

Модернизация может включать в себя:

- замену отдельных узлов на более производительные, надежные и современные;
- дооснащение производственных линий дополнительным оборудованием, которое позволит автоматизировать процесс, сократить ручной труд и вмешательство человеческого фактора на производственный процесс;
- полную или частичную автоматизацию производственного процесса. Это позволит согласовать работу имеющегося оборудования в линии, иметь централизованное управление и контроль. Модернизация обладает такими преимуществами перед прочими формами воспроизводства основных фондов, как небольшой срок проведения, требует относительно небольших инвестиционных вложений.

В соответствии с общепринятой практикой инвестиционная деятельность осуществляется в проектной форме. Инвестиционный проект представляет собой план создания или модернизации производства с целью получения экономической выгоды.

Экономическое обоснование инвестиционного проекта включает в себя экономическую и финансовую оценку, характеризующие возможность сохранения и прироста капитала, а также получения прибыли участниками проекта.

В основе оценки эффективности инвестиционных проектов лежат следующие принципы:

– рассмотрение проекта на протяжении всего жизненного цикла;

– сопоставимость условий сравнения различных проектов;

– учет предстоящих затрат и поступлений, связанных только с разработкой и реализацией проекта;

– проведение сравнения «с проектом» и «без проекта» в течение расчетного периода;

– многоэтапность оценки [2-4].

В данном случае в качестве альтернативных вариантов рассматриваются варианты кожухотрубчатых теплообменных аппаратов с гладкостенными теплообменными элементами и пружинно-витыми каналами.

Критерием для выбора того или иного варианта являются приведенные затраты. При чем в расчетах будут учитываться только те затраты, которые являются переменными, то есть различными для двух альтернативных вариантов.

Для оценки вариантов используют затраты, являющиеся суммой эксплуатационных затрат и капитальных вложений.

Тогда критерий выбора и экономической эффективности будет иметь следующий вид:

$$З = (К + И) = \min, \quad (1)$$

где К – капитальные вложения;

И – эксплуатационные затраты.

В свою очередь для упрощения расчетов и выбора одного из альтернативных вариантов во внимание принимается только переменная часть эксплуатационных расходов, так как постоянная составляющая будет для обоих вариантов равной.

Формула для расчета переменной части годовых эксплуатационных расходов $И_{пер}$ выглядит следующим образом:

$$И_{пер} = И_{топ} + И_э + И_в + И_р, \quad (2)$$

где $И_{топ}$ – затраты на сырье, топливо;

$И_э$ – затраты на электроэнергию;

$И_в$ – затраты на вспомогательные материалы;

$И_р$ – затраты на содержание и эксплуатацию оборудования [3-5].

Так как стоит задача оценки эффективности модернизации теплообменного оборудования, то к капитальным затратам будут относиться только затраты на приобретение гладкостенных теплообменных элементов и теплообменных элементов в виде пружинно-витых каналов.

Таким образом, получается:

1) затраты на топливо:

$$И_{топ} = Ц_т \cdot В_т \cdot \tau, \quad (3)$$

где Ц – цена тонны условного топлива(природный газ);

В – расход топлива;

τ – время работы теплообменного аппарата, час.

2) затраты на электроэнергию:

$$И_э = (N_1 + N_2) \cdot Ц_э \cdot \tau, \quad (4)$$

где N_1 – мощность насоса для прокачки холодной воды, кВт;

N_2 – мощность насоса для прокачки горячей воды, кВт;

$Ц_э$ – стоимость 1 кВт·ч электроэнергии, необходимой для работы насосов, $\frac{руб}{кВт \cdot ч}$;

3) затраты на вспомогательные материалы (воду):

$$И_в = В_в \cdot Ц_в \cdot \tau, \quad (5)$$

где Ц – цена тонны вспомогательного материала (природный газ), руб./т;

В – расход вспомогательного материала, т.

4) затраты на содержание и эксплуатацию оборудования:

$$И_р = А + З_{рем} + З_{в.мат.}, \quad (6)$$

где А – амортизация оборудования;

$З_{рем}$ – затраты на ремонт оборудования, руб.;

$З_{в.мат.}$ – издержки на вспомогательные материалы (смазочные и обтирочные материалы), руб.

Исходными данными для расчета является:

– в вертикальном трубчатом теплообменном аппарате подогревается вода, массовым расходом 20 кг/с;

– температура воды изменяется от 30 ^{0}С до 80 ^{0}С за счет теплоты конденсации сухого насыщенного водяного пара давлением 143 кПа;

– нагреваемая вода протекает внутри нержавеющих трубок диаметром 23/25 мм;

– ориентировочная высота трубок 3,35 м;

– за счет модернизации происходит увеличение площади поверхности теплопередачи в 1,3 раза [7, 8];

– тепловая нагрузка Q=27 675 ГДж/год;

– число теплообменных элементов – 143 штуки;

– стоимость одного пружинно-витого канала составляет 1600 руб.;

– стоимость одной гладкостенной трубы составляет 910 руб.;

– расход топлива составляет 1293,23 тыс.м^3;

– расход электроэнергии 155,72 тыс. кВт· час;

– расход воды составляет 15711,44 тыс.м^3.

Таблица

Показатели технико-экономической оценки вариантов исполнения теплообменных элементов, тыс. руб.

	Гладкостенная труба	Пружинно-витой канал
Затраты на топливо	4 946,27	4 496,609
Затраты на электроэнергию	1 245,76	1 132,509
Затраты на воду	96,468	87,698
Затраты на содержание и эксплуатацию оборудования	106,568	104,569
Капитальные затраты	139,169	228,8
Всего затрат	6 534,235	6 049,786

Исходя из приведенных результатов расчетов видно, что предпочтительным является вариант теплообменного оборудования с теплообменными элементами в виде пружинно-витых каналов. Годовой экономический эффект от модернизации теплообменного аппарата будет рассчитываться по следующей формуле:

$$Э = (З_1 - З_2), \quad (7)$$

где $З_1$ – затраты на передачу тепла с использовании гладкостенных труб, руб.;

$З_2$ – затраты на передачу тепла с использованием пружинно-витых каналов, руб. [4, 6].

Таким образом, экономический эффект от модернизации теплообменного аппарата будет равен:

$$Э = 6534{,}235 - 6049{,}786 = 484{,}45 \text{ тыс. руб.} \quad (8)$$

Как видно из расчетов, экономический эффект от модернизации теплообменного оборудования является положительным. Для оценки эффективности капитальных вложений необходимо оценить их период окупаемости, рассчитываемый по следующей формуле:

$$Т_{ок} = \frac{К}{Э}. \quad (9)$$

Период окупаемости равен:

$$Т_{ок} = 228\,800{,}00/484\,450{,}00 = 0{,}47 \text{ года}$$

Стоит заметить, что методы определения размера экономии по каждому конкретному мероприятию строго индивидуализированы и определяются характером этих мероприятий.

Из практики установлено, что экономически обосновано проводить модернизацию теплообменного оборудования при сроке окупаемости капительных вложений за 2-4 года, повышении производительности оборудования не меньше чем на 20-30 % и планируемом

продлении срока эксплуатации данного оборудования не менее 5 лет. Модернизацию производят также для устранения морального износа оборудования.

Срок окупаемости капитальных вложений на приобретение пружинно-витых каналов составляет менее одного года, следовательно, проект целесообразен для внедрения на производство. Проведение модернизации при капитальном ремонте потребует дополнительных капитальных вложений примерно в 90 тыс. руб. по сравнению с гладкостенными.

Из приведенных расчетов видно, что модернизация теплообменного оборудования с заменой гладкостенных теплообменных элементов на пружинно-витые каналы имеет положительный экономический эффект за счет снижения затрат на топливо. Модернизация теплообменного оборудования наиболее выгодный вариант технического перевооружения производства за счет относительно невысоких капитальных вложений, сроков проведения модернизации и срока окупаемости капитальных вложений.

Список библиографических ссылок

1. Козьмина З.Ю., Бродов Ю.М., Домников А.Ю., Плотников П.Н., Домникова Л.В. Оценка экономической эффективности модернизации энергетического оборудования // Электронный журнал «Исследовано в России», 6, 1369-1376, 2003. URL: http://zhurnal.ape.relarn.ru/articles/2003/113.pdf (дата обращения: 10.10.2014).
2. Есипов В., Маховикова Г., Бузова И., Терехова В. Экономическая оценка инвестиций. Под ред. В.Е. Есипова. – СПб.: Вектор, 2006. – 288 с.
3. Нагорная Н.В. Экономика энергетики: Дальневосточный государственный технический университет. – Владивосток: Изд-во ДВГТУ, 2007. – 157 с.
4. Дронова Н.В., Путилова Н.Н. Бизнес-планирование и планирование хозяйственной деятельности энергетических предприятий: Изд-во НГТУ, 2009. – 51 с.
5. Лимонов А.И. Организация производства (энергетика). Учебное издание. – Минск: БНТУ, 2012. – 37 с.
6. Степочкина Е.А. Экономическая оценка инвестиций. – М.: Директ-Медиа, 2014. – 369 с.
7. Багоутдинова А.Г., Золотоносов Я.Д., Мустакимова С.А. Энергоэффективтвные теплообменные аппараты на базе теплообменных элементов в виде пружинно-витых каналов // Известия КГАСУ, 2012, № 3 (21). – С. 86-95.
8. Золотоносов А.Я., Золотоносов Я.Д., Князева И.А, Багоутдинова А.Г. Змеевиковый теплообменник: пат. 133596 на пол. мод. Рос. Федерация. № 2013113048/06; заявл. 22.03.2013; опубл. 20.10.2013.

Knyazeva I.A. – post-graduate student
Zolotonosov Ya.D. – doctor of technical sciences, professor
E-mail: zolotonosov@mail.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

The economic effect of the modernization of shell and tube heat exchanger based on the smooth-walled heat exchanger elements

Resume

In the article the calculation of economic benefit from the modernization of shell and tube heat exchanger due to the replacement of smooth heat transfer elements in the spring-coiled channels is considered.

Relevance of articles there is no doubt as heat exchangers are widely used in domestic production need to be replaced with new, more efficient ones. Since the complete replacement of obsolete equipment requires significant financial investment, it becomes a topical issue of modernization of existing equipment. Shell and tube heat exchangers in the case of possible

modernization of the existing fleet in the company of heat transfer equipment by replacing the smooth-walled heat exchanger elements to heat transfer elements in the form of spring-twisted channels.

Feature of the approach of the authors is not only a review of the methods to assess the economic effect, but also the calculation of indicators to measure the effectiveness of capital investments for the specific case.

Keywords: modernization, spring-twisted channel smooth-exchange element, economic benefits, the payback period.

Reference list

1. Kozmina Z.Ju., Brodov Ju.M., Domnikov A.Yu., Plotnikov P.N., Domnikova L.V. Estimation of economic efficiency power equipment modernization // Electronic Journal «Issledovano v Rossie», 6, 1369-1376, 2003. URL: http://zhurnal.ape.relarn.ru/articles/ 2003/113. pdf (reference date 10.10.2014).
2. Esipov V., Makhovikova G., Buzova I., Terekhova V. Economic Evaluation of Investment; Ed. V.E. Esipova. – SPb.: Vector, 2006. – 288 p.
3. Nagornaya N.V. Energy Economics: Eastern State Technical University. – Vladivostok: Izd FESTU, 2007. – 157 p.
4. Dronova U.V., Putilova N.N. Business planning and planning of economic operations of energy companies: Manual: Publisher NSTU, 2009. – 51 p.
5. Limonov A.I. Organization of production (energy). – Minsk: Belarusian National Technical University, 2012. – 37 p.
6. Stepochkina E.A. Economic evaluation of investment. – M.: Direct Media, 2014. – 369 p.
7. Bagoutdinova A.G., Zolotonosov Ya.D, Mustakimova S.A. Energy-efficient heat exchangers based on the heat transfer elements in the form of a spring-twisted channels // News ofthe KSUAE, 2012, № 3 (21). – P. 86-95.
8. Zolotonosov A.Ya., Zolotonosov Ya.D., Knyazeva I.A., Bagoutdinova A.G. Coiled heat exchanger: patent 133596 Russian Federation. № 2013113048/06; It is declared 22.03.2013; it is published 20.10.2013.

УДК 33:316.422
Низамова И.Р. – аспирант, ассистент
E-mail: idelya.nizamova@gmail.com
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

Экономико-математическое моделирование инновационного развития Российской Федерации методом главных компонент

Аннотация
В связи с тем, что развитие экономики страны напрямую зависит от инновационного развития, определение факторов, оказывающих непосредственное воздействие на инновационную активность государства, представляет особую научную и практическую значимость. В статье проведен анализ с использованием метода главных компонент и сделаны выводы о том, какие факторы влияют на инновационные процессы по двум группам отраслей, относящихся преимущественно к четвертому и пятому технологическим укладам.
Ключевые слова: инновационная активность, инновационная экономика, технологические уклады, метод главных компонент, факторный анализ.

Переход российской экономики с экспортно-сырьевой модели развития на инновационную является приоритетной задачей для страны. В системе технологических укладов Россия находится только на четвертом укладе, в то время как развитые и некоторые развивающиеся страны приближаются к переходу на шестой. При активном инновационном развитии страны в ближайшей перспективе Россия сможет уменьшить отставание от других стран.

Ключевым фактором, отражающим результаты инновационной деятельности государства, является его инновационная активность[1]. В среднем по Европейскому Союзу в 2013 г. данный показатель составил 55,4 %, а по России – 16,6 %. Для повышения уровня данного показателя необходимо выявить факторы, которые оказывают наибольшее воздействие на данный показатель в России.

Труды таких ученых как М. Портера, Й. Шумпетера, Э. Пенроуза, Б. Вернерфелта, К. Арроу, Дж. Тироли, А.С. Ильдеменова и др. делают акценты на разные факторы. Важную роль при инновационном развитии играют характеристики рынков и организаций [1]. Й. Шумпетер в своих трудах отмечает, что рыночные условия являются основным фактором, определяющим инновационную активность [2]. Э. Пенроуз, Б. Вернерфелт и др. полагают, что финансовые ресурсы, находящиеся в обороте компании, являются определяющим фактором: чем больше ресурсов в обороте, тем выше инновационная активность [3, 4].

Согласно трудам П. Агион, Дж. Тироли и др. у монополистов очень низкий стимул к инновационной деятельности, потому что она будет потреблять имеющуюся стабильную прибыль, которую приносят старые технологии [5, 6]. Следовательно, чем выше уровень конкуренции на рынке, тем больше инновационная активность компаний [5, 7, 8].

Выявление факторов, оказывающих воздействие на инновационную деятельность России, с использованием математических аппаратов представляет особый научный интерес. Для их определения в данной статье построим экономико-математическую модель с использованием метода главных компонент (МГК).

МГК осуществляет преобразование исходной матрицы переменных в произведение матрицы нагрузок и матрицы счетов. Направления каждой главной компоненты в исходной системе координат определяются нагрузками, значения которых показывают

[1] Инновационная активность – это удельный вес организаций, осуществлявших технологические, организационные, маркетинговые инновации, в общем числе организаций (определение, приводящееся Федеральной службой государственной статистики Российской Федерации).

влияние конкретных показателей на главную компоненту. Координаты экономических периодов в пространстве главных компонент представлены счетами [9, 10, 11].

Для проведения исследования МГК нами были отобраны две группы показателей, значения по которым взяты за 1997-2013 гг. Первая группа включает в себя показатели, непосредственно связанные с инновационной деятельностью: удельный вес организаций, осуществлявших технологические (организационные / маркетинговые) инновации, в общем числе организаций; удельный вес инновационных товаров, работ, услуг в общем объеме отгруженных товаров, выполненных работ, услуг; затраты на технологические инновации; затраты на технологические инновации по источникам финансирования и другие. Вторая группа включает макроэкономические показатели: валовой внутренний продукт, индекс потребительских цен на товары и услуги, ставку рефинансирования, цену за баррель нефти и курс доллара. Полный перечень исследованных факторов представлен в табл. 1.

Таблица 1

Перечень факторов, включенных в модель инновационного развития РФ

№	Факторы
1	Удельный вес организаций, осуществлявших технологические инновации, в общем числе организаций, проценты
2	Удельный вес инновационных товаров, работ, услуг в общем объеме отгруженных товаров, выполненных работ, услуг, проценты
3	Затраты на технологические инновации, млн. руб.
4	Удельный вес затрат на технологические инновации в общем объеме отгруженных товаров, выполненных работ, услуг, проценты
5	Удельный вес малых предприятий, осуществлявших технологические инновации, в общем числе малых предприятий, проценты
6	Удельный вес инновационных товаров, работ, услуг в общем объеме отгруженных товаров, выполненных работ, услуг малых предприятий, проценты
7	Затраты на технологические инновации малых предприятий, млн. руб.
8	Удельный вес затрат на технологические инновации в общем объеме отгруженных товаров, выполненных работ, услуг малых предприятий, проценты
9	Удельный вес организаций, осуществлявших организационные инновации, в общем числе организаций, проценты
10	Удельный вес организаций, осуществлявших маркетинговые инновации, в общем числе организаций, проценты
11	Затраты на технологические, организационные, маркетинговые инновации, млн. руб.
12	Удельный вес затрат на технологические, организационные, маркетинговые инновации в общем объеме отгруженных товаров, выполненных работ, услуг, проценты
13	Удельный вес организаций, имевших научно-исследовательские, проектно-конструкторские подразделения, в общем числе организаций, осуществлявших технологические инновации, проценты
14	Удельный вес организаций, приобретавших новые технологии, в общем числе организаций, осуществлявших технологические инновации, проценты
15	Удельный вес организаций, передававших новые технологии, в общем числе организаций, осуществлявших технологические инновации, проценты
16	Удельный вес собственных средств организаций в источниках финансирования, проценты
17	Удельный вес бюджетных средств в источниках финансирования, проценты
18	Удельный вес внебюджетных фондов в источниках финансирования, проценты
19	Удельный вес иностранных инвестиций в источниках финансирования, проценты
20	Индекс потребительских цен на товары и услуги, проценты
21	Ставка рефинансирования, проценты
22	Валовой внутренний продукт, млрд. руб.
23	Цена за нефть Urals (мировые), долл. / барр.
24	Курс доллара (среднегодовой), руб. за долл. США

Данные по показателям инновационной деятельности России выделяются для двух групп отраслей:

- Связи и деятельности, связанной с использованием вычислительной техники и информационных технологий. Данная группа отображает информацию об отраслях, чьи технологии преимущественно относятся к пятому технологическому укладу;

- Добывающих, обрабатывающих производств, производства и распределения электроэнергии, газа и воды. Данная группа показывает положение отраслей, которые тяготеют к четвертому технологическому укладу.

Анализ данных будет произведен отдельно для каждой из категорий, что поможет сделать выводы о том, одни и те же ли факторы определяют инновационное развитие России по отраслям четвертого и пятого технологических укладов.

В первую очередь проведем исследование для группы отраслей «Связь, деятельность, связанная с использованием вычислительной техники и технологий», то есть имеющих отношение к пятому технологическому укладу. Расчеты проведены с использованием программы The Unscrumbler фирмы CAMO.

Для определения количества главных компонент, достаточных для проведения исследования, необходимо проанализировать остаточную дисперсию при прибавлении каждой из главных компонент. Для построения модели будут использованы шесть главных компонент, так как они объясняют 90 % дисперсии. Поочередно проанализируем каждую из первых шести главных компонент. Полученные результаты обобщены и приведены в табл. 2.

Наиболее существенные нагрузки для первой компоненты составили валовой внутренний продукт (-0,36), цена за нефть Urals (-0,35) и ставка рефинансирования (0,27). Таким образом, первая главная компонента представляет собой уровень развития экономики в целом.

Стоит отметить, что между показателями валового внутреннего продукта и цен за баррель нефти марки Urals наблюдается положительная корреляция. Это объясняется тем, что на долю топливно-энергетического комплекса приходится около четверти производства валового внутреннего продукта России. В то же время, ставка рефинансирования отрицательно коррелируется с показателями валового внутреннего продукта и цен на нефть. Экономическое объяснение данного факта заключается в том, что при снижении ставки рефинансирования снижаются и ставки по депозитам, что, в свою очередь, приводит к тому, что хозяйствующие субъекты предпочитают хранить денежные средства в домашней валюте, а предложение доллара снижается. Следовательно, курс доллара растет.

Согласно матрице счетов в целом первая главная компонента, представляющая развитие экономики России, положительно изменялась в течение рассматриваемого периода. Кроме того, в 2011 г. произошел существенный скачок. Однако причиной значительного улучшения состояния экономики России стал рост цен на нефть на 40 % и хорошие результаты в сельскохозяйственной деятельности страны[2]. Вклад развития инновационного сектора в данное улучшение был минимальным.

Для второй главной компоненты наибольшая нагрузка падает на показатели удельного веса организаций, осуществлявших технологические (0,35) и организационные (0,36) инновации, в общем числе организаций. Итак, данная компонента представляет собой фактор уровня инновационной активности организаций.

Наблюдается отрицательная корреляция между показателями приобретения и передачи новых технологий. Таким образом, обмен новыми технологиями не является двусторонним. В развитых странах данное соотношение носит обратный характер.

Согласно матрице счетов вторая главная компонента, представляющая фактор уровня инновационной активности организаций, имела положительную динамику в период с 1997-2004 гг. Однако с 2004-2012 гг. наблюдался спад. В 2013 г. произошел незначительный рост. Значит, связь между положительным развитием экономики в целом

[2] РИА Новости. Экономические итоги 2011 года – аналитический обзор 2012. – М. URL: http://ria.ru/research_comments/20120210/561905218.html (дата обращения: 12.12.2013).

(первая главная компонента) и развитием уровня инновационной активности организаций (вторая главная компонента) является слабой. Следовательно, развитие экономики России носит преимущественно неинновационный характер.

Таблица 2

Экономическая интерпретация главных компонент

Компонента	Показатели, формирующие ГК, и значения их нагрузок	Процент объясненной дисперсии для ГК, %	Экономическая интерпретация	Анализ матрицы счетов
ГК1	Валовой внутренний продукт (-0,36) Цена за нефть Urals (-0,35) Ставка рефинансирования (0,27)	35,34	Уровень развития экономики в целом	Преимущественно положительная динамика. Существенный скачок в 2011 г.
ГК2	Удельный вес организаций, осуществлявших технологические инновации, в общем числе организаций (0,35) Удельный вес организаций, осуществлявших организационные инновации, в общем числе организаций (0,36)	27,18	Уровень инновационной активности организаций	1997-2004 гг. – положительная динамика развития; 2004-2012 гг. отрицательная динамика развития; 2013 г. незначительный рост
ГК3	Уровень затрат на технологические инновации (-0,51)	12,60	Уровень затрат на технологические инновации	Волнообразный характер развития с ярко-выраженными всплесками в 1997, 2008-2010 гг.
ГК4	Индекс потребительских цен (0,55) Курс доллара к рублю (-0,58)	6,01	Влияние внешней экономики	1997-1999 гг. – отрицательная динамика; 2000-2013 гг. – устойчивое положение, изменения не существенны
ГК5	Удельный вес средств федерального бюджета, бюджетов субъектов Федерации и местных бюджетов в общей сумме источников финансирования технологических инноваций (0,61)	5,37	Государственная поддержка в реализации инновационных проектов	Волнообразный характер развития
ГК6	Финансирование из Внебюджетных фондов в общей сумме источников финансирования технологических инноваций (0,63)	4,20	Государственная поддержка в реализации инновационных проектов	Волнообразный характер развития

Наиболее существенную нагрузку для третьей главной компоненты составил уровень затрат на технологические инновации (-0,51). Развитие компоненты в течение рассматриваемого периода носило волнообразный характер, с особенно ярковыраженными всплесками в 1997 и 2008-2010 гг., то есть в периоды кризисных явлений. Таким образом, затраты на технологические инновации во время кризисов увеличивались для наращивания конкурентоспособности продуктов и услуг.

Наибольшие нагрузки для четвертой главной компоненты составили индекс потребительских цен (0,55) и курс доллара к рублю (-0,58). Обозначим четвертую компоненту как влияние внешней экономики. Матрица счетов показывает, что в период 2000-2013 гг. данная компонента была устойчива и изменения не были существенными, однако в 1997-1999 гг. наблюдались резкие перепады. Данный факт объясняется тем, что в течение данного периода внедрялась денежная реформа России, одним из основных последствий которой стала деноминация российского рубля.

Пятая главная компонента представляет собой государственную поддержку в реализации инновационных проектов, так как наибольшая нагрузка падает на показатель удельного веса средств федерального бюджета, бюджетов субъектов Федерации и местных бюджетов в общей сумме источников финансирования технологических инноваций (0,61).

Шестая главная компонента также определяет другую форму государственной поддержки: финансирование из Внебюджетных фондов в общей сумме источников финансирования технологических инноваций (0,63).

Таким образом, на инновационную деятельность в сфере связи и деятельности, связанной с использованием вычислительной техники и информационных технологий, т.е. в отраслях, тяготеющих к пятому технологическому укладу, наиболее существенное влияние оказывают следующие факторы: уровень развития экономики в целом, уровень инновационной активности, уровень затрат на технологические инновации, влияние внешней экономики, бюджетные и внебюджетные формы государственной поддержки.

Проанализируем данные для добывающих, обрабатывающих производств и распределения электроэнергии, газа и воды аналогичным образом. Как было отмечено ранее, данные отрасли относятся преимущественно к четвертому технологическому укладу.

Согласно анализу остаточной дисперсии, в данном случае также достаточно проанализировать шесть главных компонент, так как они объясняют 88,89 % дисперсии.

Проанализируем первые шесть главных компонент. Результаты анализа МГК представлены в табл. 3.

На первую главную компоненту существенное влияние оказывают следующие факторы: валовой внутренний продукт (-0,28), цена на нефть (-0,27) и ставка рефинансирования (0,26). Те же факторы оказывали влияние на первую главную компоненту в случае анализа группы отраслей связи, деятельности, связанной с использованием вычислительной техники и информационных технологий. Таким образом, первая главная компонента представляет собой уровень развития экономики в целом. Корреляция между перечисленными показателями такая же, как и в случае с анализом отраслей пятого технологического уклада: показатели валового внутреннего продукта цен на нефть имеют положительную корреляцию, в то время как два данных показателя отрицательно коррелируются с показателем ставки рефинансирования. Согласно матрице счетов наблюдалось развитие экономики России в целом. В 2011 году произошел существенный скачок, причины которого были объяснены ранее.

Проанализируем вторую главную компоненту. Наибольшее влияние на нее оказывают показатели совокупного уровня инновационной активности (0,36) и удельного веса собственных средств организаций в затратах на технологические инновации (0,34). Также как и в случае группы отраслей связи, деятельности, связанной с использованием вычислительной техники и информационных технологий, вторая главная компонента представляет собой фактор уровня инновационной активности организаций. Согласно матрице счетов вторая главная компонента имела положительную динамику в период с 1997-2003 гг., однако с 2003 по 2013 гг. наблюдался спад. Следовательно, тенденции развития инноваций четвертого и пятого технологического укладов являются аналогичными.

Таблица 3

Экономическая интерпретация главных компонент

Компонента	Показатели, формирующие ГК, и значения их нагрузок	Процент объясненной дисперсии для ГК, %	Экономическая интерпретация	Анализ матрицы счетов
ГК1	Валовой внутренний продукт (-0,28) Цена за нефть Urals (-0,27) Ставка рефинансирования (0,26)	45,25	Уровень развития экономики в целом	Преимущественно положительная динамика. Существенный скачок в 2011 г.
ГК2	Совокупный уровень инновационной активности (0,36) Удельный вес собственных средств организаций в затратах на технологические инновации (0,34)	14,95	Уровень инновационной активности организаций	1997-2003 гг. – положительная динамика; 2003-2013 гг. – отрицательная динамика
ГК3	Удельный вес затрат на технологические инновации в общем объеме отгруженных товаров, выполненных работ, услуг малых предприятий (0,45)	10,70	Уровень инновационной активности малых предприятий	Устойчивое положение. Наибольшие значения в 2007-2008 гг.
ГК4	Удельный вес организаций, передавших новые технологии (-0,42)	7,31	Передача технологий	Волнообразный характер развития
ГК5	Удельный вес организаций, осуществлявших маркетинговые инновации, в общем числе организаций (0,72)	5,71	Осуществление маркетинговых инноваций	Волнообразный характер развития
ГК6	Индекс потребительских цен (-0,46) Курс доллара к рублю (0,37)	4,97	Влияние внешней экономики	Волнообразный характер развития

Удельный вес затрат на технологические инновации в общем объеме отгруженных товаров, выполненных работ, услуг малых предприятий (0,45) – фактор, оказывающий наибольшее влияние на третью компоненту. Таким образом, данная компонента представляет уровень инновационной активности малых предприятий. Согласно матрице счетов наибольшие значения данная компонента имела в 2007-2008 гг., то есть в период глобального финансового кризиса. Причина данного факта может заключаться в том, что малые предприятия вынуждены были наращивать свою конкурентную способность в момент, когда покупательская способность населения была понижена. Одним из способов повышения конкурентоспособности является применение технологических инноваций.

По четвертой главной компоненте наибольшая нагрузка представлена показателем удельного веса организаций, передавших новые технологии (-0,42).

На пятую главную компоненту влияет показатель удельного веса организаций, осуществлявших маркетинговые инновации, в общем числе организаций (0,72). Стоит отметить, что данный фактор в случае группы отраслей связи и деятельности, связанной с использованием вычислительной техники и информационных технологий, не был выявлен среди факторов, оказывающих наибольше влияние на первые шесть главных компонент. Итак, пятая главная компонента представляет собой осуществление маркетинговых инноваций.

Шестая главная компонента для группы добывающих, обрабатывающих производств, производства и распределения электроэнергии, газа и воды, соответствует четвертой главной компоненте для группы отраслей связи и деятельности, связанной с использованием вычислительной техники и информационных технологий. Факторами, оказывающими наибольшее влияние на компоненту, являются индекс потребительских цен на товары и услуги (-0,46) и курс доллара (0,37). Шестая главная компонента представляет собой влияние внешней экономики.

Исходя из полученных результатов можно сделать вывод о том, что на инновационную деятельность по добывающим, обрабатывающим производствам, производству и распределению электроэнергии, газа и воды, наиболее существенное влияние оказывают следующие факторы: уровень развития экономики в целом, уровень инновационной активности, в том числе отдельно уровень инновационной активности малых предприятий, передача новых технологий, осуществление маркетинговых инноваций и влияние внешней экономики.

Таким образом, в статье были построены экономико-математические модели МГК отдельно для двух групп отраслей:

- связи и деятельности, связанной с использованием вычислительной техники и информационных технологий, представляющих преимущественно пятый технологический уклад;
- добывающих, обрабатывающих производств, производства и распределения электроэнергии, газа и воды, относящихся к технологиям четвертого технологического уклада.

Было выявлено, что на инновационную деятельность по обеим группам отраслей в целом оказывают влияние одинаковые факторы: уровень развития экономики в целом, уровень инновационной активности организаций, влияние внешней экономики. Для сферы связи, деятельности, связанной с использование вычислительной техники и информационных технологий, также существенную роль играет поддержка государства. Это объясняется тем, что проекты из данной группы отраслей, будучи связанными с технологиями нового для России пятого технологического уклада, являются наиболее рисковыми и точное прогнозирование будущего экономического результата таких проектов не представляется возможным.

На наш взгляд, полученные результаты подтверждают теоретические положения Й. Шумпетера о том, что рыночные условия являются определяющим фактором инновационного развития страны. Таким образом, решающую роль в инновационном процессе России на сегодняшний день играют решения, принимаемые государством: как внешнеполитические, так и внутренние. Особую важность представляет непосредственная государственная поддержка субъектов инновационной деятельности. При целенаправленной политике страны, включающей в себя применение инструментов прямого и косвенного воздействия на инновации, Россия может в ближайшей перспективе сократить отставание в инновационной сфере, а, следовательно, и в целом в экономике.

Список библиографических ссылок

1. Schubert T. Marketing and organizational innovations in entrepreneurial innovation processes and their relation to market structure and firm characteristics // Review of Industrial Organization, 2010, Vol. 36, № 2. – P. 189-212.
2. Schumpeter J.A. The theory of economic development: An inquiry into profits, capital, credit, interest, and the business cycle, 1912. – Cambridge: Harvard University Press, 1934.
3. Wernerfelt B. The resource-based view of the firm // Strategic Managerial Journal, 1984, № 5. – P. 171-180.
4. Penrose E.T. The theory of the growth of the firm. – Oxford: Basil Blackwell, 1959.

5. Aghion P. Bloom N., Blundell R., Griffith R., Howitt P. Competition and innovation: An inverted-u relationship // Quarterly Journal of Economics, 2005, № 120. – P. 701-728.
6. Tirole J. The theory of industrial organization. – Cambridge: The MIT Press, 1997.
7. Портер М. Конкуренция: пер. с англ. ИД «Вильямс», 2010. – 258 с.
8. Gurkov I. Innovations in Russian industries: conditions for implementation and impact on competitiveness // Journal for East European Management Studies, 2005, Vol. 10, № 3. – P. 218-246.
9. Ефимов В.М., Галактионов Ю.К., Шушпанова Н.Ф. Анализ и прогноз временных рядов методом главных компонент. – Новосибирск: Наука. Сиб. отделение, 1988. – 70 с.
10. Загидуллина Г.М., Клещева О.А. Развитие инновационной инфраструктуры инвестиционно-строительного комплекса // Известия КГАСУ, 2011, № 2 (16). – С. 271-277.
11. Сиразетдинов Р.М. Моделирование инновационного развития инвестиционно-строительного комплекса (на примере Республики Татарстан) // Известия КГАСУ, 2011, № 3 (17). – С. 219-228.

Nizamova I.R. – post-graduate student, assistant
E-mail: idelya.nizamova@gmail.com
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Modeling innovative development of Russia: an application of principal component analysis

Resume

Since economic development of Russia is dependent upon innovative development, it is essential to define drivers for innovation activity. The aim of this research is to identify factors which induce innovations. Principal component analysis has been applied for two groups of Russian industries. The first group includes connection and IT industries, which tend to present fifth technological paradigm; the second one involves extractive and processing industries, which are inclined to form fourth technological paradigm. To understand the difference of the factors that influence these two technological paradigms, it is essential to analyze two groups of industries separately.

According to the results, innovation activity of both groups is mainly influenced by the same factors, including general state of the economy, corporate innovation activity and foreign economy. However connection and IT industries are also affected by direct government support. This can be easily explained: since projects of the fifth technological paradigm can hardly be accurately estimated in Russia, they tend to be extremely risky.

Thus, almost all the factors that have impact on innovation activity of Russia are connected to the internal and external state policy decisions. When all the economic decisions taken by the Government are verified with the possible effects on innovation activity, Russia can reach significant innovation activity growth.

Keywords: innovation activity, innovative economy, technological paradigms, principal component analysis, factor analysis.

Reference list

1. Schubert T. Marketing and organizational innovations in entrepreneurial innovation processes and their relation to market structure and firm characteristics // Review of Industrial Organization, 2010, Vol. 36, № 2. – P. 189-212.

2. Schumpeter J.A. The theory of economic development: An inquiry into profits, capital, credit, interest, and the business cycle (1912). – Cambridge: Harvard University Press, 1934.
3. Wernerfelt B. The resource-based view of the firm // Strategic Managerial Journal, 1984, № 5. – P. 171-180.
4. Penrose E.T. The theory of the growth of the firm. – Oxford: Basil Blackwell, 1959.
5. Aghion P., Bloom N., Blundell R., Griffith R., Howitt P. Competition and innovation: An inverted-u relationship // Quarterly Journal of Economics, 2005, № 120. – P. 701-728.
6. Tirole J. The theory of industrial organization. – Cambridge: The MIT Press, 1997.
7. Porter M. On competition: translation from English. ID «Williams», 2010. – 258 p.
8. Gurkov I. Innovations in Russian industries: conditions for implementation and impact on competitiveness // Journal for East European Management Studies, 2005, Vol. 10, № 3. – P. 218-246.
9. Yefimov V.M., Galactionov Y.K., Shushpanova N.F. Analysis and forecasting of time series approaching principal component analysis. – Novosibirsk: Nauka. Sib. otdeleniye, 1988. – 70 p.
10. Zagidullina G.M., Kleshcheva O.A. The development of innovation infrastructure of investment-building complex // News of the KSUAE, 2011, № 2 (16). – P. 271-277.
11. Sirazetdinov R.M. Modeling of innovative development of the investment-construction complex (on the example of Tatarstan Republic) investment construction sector // News of the KSUAE, 2011, № 3 (17). – P. 219-228.

УДК 69:658.5
Постнов К.В. – доцент
E-mail: kovpost@gmail.com
Московский государственный строительный университет
Адрес организации: 129337, Россия, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26

Применение современных информационных технологий в проектных организациях и их влияние на повышение качества проектных решений

Аннотация

В статье дается краткий анализ ключевых направлений внедрения информационных технологий в процессы управления проектными организациями и их использования в процессах управления качеством проектной продукции.

Выделяется направление, связанное с использованием специализированных систем управления проектной деятельностью в строительстве. Оно является принципиальным для создания в проектных организациях систем менеджмента качества (СМК). Анализируются возможности повышения качества проектной продукции за счет внедрения систем электронного управления документами (ЭУД), технологии «Информационное Моделирование Здания/Сооружения» (BIM), CAD/CAM-систем. Приводится обобщенная экспертная оценка возможности повышения качества проектной продукции за счет описанных в статье информационных систем и технологий по разным критериям.

Ключевые слова: проектная продукция, строительство, процессы, проектные решения, система, технология, программный комплекс, электронные документы, управление, информационное моделирование, объект, компьютерная поддержка, ERP, BIM, CAD/CAM.

В современных условиях поглощения национальных экономик глобальным экономическим пространством принципиальное повышение качества продукции отрасли строительства является определяющим условием интенсивного и независимого развития и всей строительной отрасли, и страны в целом.

Низкий уровень качества отрицательно влияет на всю экономику страны, затрудняет решение социально-экономических задач снижает экономическую эффективность капитальных вложений.

Результатом строительства считается возведённое здание (сооружение) с действующими инженерно-технологическими системами, внутренней и внешней отделкой, и полным комплектом документации, предусмотренной законом.

В свою очередь, проектные работы являются не только необходимой составной частью инвестиционно-строительного цикла, но и его основой.

Главной целью деятельности проектно-изыскательской организации (ПИО) является обеспечение организаций инвестиционно-строительного комплекса документацией на строительство, полностью удовлетворяющей требованиям не только заказчиков – юридических и физических лиц, но и органов государственной экспертизы и исполнительных органов субъектов Российской Федерации.

Разработка и изготовление проектной продукции для обеспечения ее качества должна выполняться в управляемых условиях.

Создание в проектно-изыскательских организациях систем качества на основе стандартов ИСО серии 9000 есть реальная возможность управлять процессом проектирования для гарантии качества проектных решений.

Сегодня на базе стандартов ISO 9001:2000 разработано несколько федеральных и региональных Методик, определяющих процессы управления качеством и разработки документации системы качества проектной продукции.

В этих Методиках Система управления качеством ПИО укрупненно может быть представлена в виде двухуровневой структуры, где на нижнем уровне выполняются и обеспечиваются собственно процессы разработки проектной продукции, а на верхнем уровне обеспечивается функционирование системы управления качеством, причем объектом управления системы управления качеством является качество технологических процессов, осуществляемых в процессе разработки ПСД [1].

Любая проектная организация, создающая и внедряющая систему качества на базе стандартов ИСО 9000, должна определить состав элементов и процедуры, которые будут функционировать как на уровне органов управления, так и на уровне объекта управления, которые в совокупности образуют модель управления качеством конкретной ПИО [2].

Основной производственный процесс нижнего уровня – процесс разработки ПСД.

Качество этого процесса в целом определяется уровнем:

- ресурсного обеспечения;
- нормативно-методического обеспечения;
- организационного обеспечения [1].

Кроме того, одной из важнейших проблем при создании систем менеджмента качества в ПИО является определении критериев оценки качества проектных решений.

Построение и функционирование такой информационно емкой, требующей постоянной актуализации системы управления качеством принципиально невозможно без внедрения современных информационных технологий.

Можно выделить несколько направлений внедрения информационных технологий в процессы управления проектными организациями и их использования в процессах управления качеством проектной продукции.

1. Использование специализированных систем управления проектной деятельностью в строительстве.

Попытки использования для управления проектной организацией ERP-систем – преимущественно отечественных, например, 1С, «Галактика», «Парус» и некоторых зарубежных можно считать неэффективными. Так, 1С и «Парус» нашли локальное применение в мелких и средних проектных организациях. «Галактика» нашла применение в ПИО, входящих в состав крупных, как правило, многоуровневых и разветвленных компаний, таких, как Газпром, РАО ЕЭС, и т.п. Эта система обладает гигантскими возможностями, но является очень дорогой. Поэтому среди проектных организаций она, как правило, присутствует там, где проектная организация является структурным подразделением тех же крупнейших монстров, например, в проектных организациях Лукойла. В этом случае система приобретена централизованно, и ее использование в проектной организации диктуется не столько потребностью в использовании возможностей системы, сколько необходимостью системного единства для сбора и обработки данных в рамках всей компании.

Однако при попытке использования систем типа 1С или «Парус» для непосредственного управления процессом разработки и выпуска проектной документации возникают, кроме, конечно, русификации, все те же адаптационные трудности. Разработчики этих систем хорошо проработали специфику использования своих систем в наиболее массовых сферах использования – производстве и торговле. Рынок же проектных организаций для разработки массового программного обеспечения слишком узок, подобная разработка для них нерентабельна.

Кроме того, внутренний документооборот проектной организации не охвачен никаким законодательством – общегосударственным или отраслевым. Он складывался и продолжает складываться на основе самых разнообразных влияний – от вкуса руководителя до хозяйственных обстоятельств. Поэтому очень трудно найти хотя бы пару проектных организаций, управленческий документооборот в которых был бы более или менее идентичен или хотя бы похож. Если даже удается использовать системы управления проектами или другие стандартные ERP-системы для автоматизации управленческого документооборота в конкретной проектной организации, то полученное

решение оказывается нетиражируемым, а значит, организация, которая пошла на эти значительные затраты труда и средств для адаптации такой системы, не может хотя бы частично окупить свои затраты путем продажи этого решения другим проектным организациям.

На сегодняшний день разработаны и внедрены в практику работы проектных организаций недорогие отечественные «мини ERP-системы», предназначенные для управления основным производственным процессом в проектной организации.

В качестве примера можно привести программный комплекс ПЛАН-Про.

Комплекс позволяет в автоматизированном режиме выполнять следующие работы:

- Планировать работу подразделений и отдельных сотрудников по трудозатратам;
- Формировать договора на проектно-сметные работы с полным набором документации по каждому из них и контролировать их выполнение;
- Расчитывать сметы на проектные работы;
- Формировать сопроводительные письма к договорам и отдельным видам работ;
- Вести аналитику по договорам;
- Вести картотеку работ;
- Формировать тематический план;
- Создавать и анализировать ведомость пересчета затрат на выполненные проектные работы;
- Планировать затраты на материальные ресурсы;
- Формировать календарные графики производства работ от внутренних графиков передачи заданий от одного исполнителя другому внутри подразделений до комплексных графиков выполнения договоров в течении года;
- Формировать бюджеты подразделений и организации в целом;
- Определять размер зарплаты и бонусов исполнителм. «Как платить зарплату?»;
- Timesheet. Определение фактических трудозатрат по работам.

Проектные организации, внедрившие комплексы, подобные ПЛАН-Про, имеют средства автоматизации, позволяющие эффективно управлять основной производственной деятельностью. И если по итогам внедрения комплекса разработан регламент работы в нем, то организация фактически имеет готовый, хорошо документированый процесс, который может стать одним из основных в системе менеджмента качества.

В этом отношении заслуживает внимания опыт ОАО «Проектный институт № 2», в основе системы менеджмента качества лежат два процесса: процесс управления проектными работами и процесс разработки проектной документации. Первый из них полностью базируется на использовании комплекса ПЛАН-Про, а другой содержит общие положения по работе проектных подразделений с многочисленными ссылками на нормы и правила проектирования, ГОСТы и программную документацию средств САПР. Такое построение системы менеджмента качества существенно сокращает объем необходимой документации, делает систему прозрачной и легко обозримой.

Комплексы ПЛАН-Про также внедрены в работу нескольких мастерских ОАО «Моспроект», ЗАО «Мосводоканалпроект», других проектных организаций.

2. Использование Систем электронного управления документами (ЭУД).

Основная задача ЭУД – обеспечение процесса создания, управления доступом и распространения больших объемов документов в компьютерных сетях [3]. Кроме того, эти системы обеспечивают контроль над потоками документов в организации. Часто эти документы хранятся в иерархии файловой системы или в специальных хранилищах. Типы файлов, которые, как правило, поддерживают системы ЭУД, включают образы, аудио-, видео- данные, текстовые и графические документы, электронные таблицы, документы Web.

В современных организациях, в том числе и проектных, требования по доступности документов, их эффективного распространения (передачи) и необходимость совместной работы с ними растут экспоненциально. Имеющие огромную управленческую ценность

информационные материалы разрабатываются ежедневно, размещаются в локальных и глобальных сетях, распространяются в различных профессиональных коллективах.

При использовании подобного рода систем повышение качества проектной продукции достигается за счет принятия более эффективных и своевременных проектных и управленческих решений на базе формализации, автоматизации и обработки технологических и управленческих документов.

Наиболее распространены шесть групп технологий, которые составляют рынок средств электронного управления документами (ЭУД) [3].

• *Системы ЭУД, ориентированные на бизнес-процессы.* В ПИО используются редко.

• *Корпоративные системы ЭУД.* Поддерживают управленческий документооборот во многих ПИО. Достаточно эффективны для формирования отчетности (текстовой) по отдельным договорам (ГИПы), по работе структурных подразделений (руководители отделов и служб), всей организации в целом (высший менеджмент организации).

Подобного рода системы обычно не разрабатываются «с нуля» с использованием СУБД и языков программирования высокого уровня, а строятся на платформах Lotus Domino.Doc, IBM Content Manager, Oracle Collaborate Suite и др. Основные предоставляемые функции – обработка и хранение документов, передача документов между исполнителями, контроль исполнительской дисциплины, поиск документов по атрибутам и полнотекстовый поиск, работа с взаимосвязанными документами, регламентация прав доступа к электронным документам, списание документов «в дело», интеграция с внешними системами электронной почты. Системы этого класса поддерживают управленческий документооборот в таких проектных организациях г. Москвы, как ОАО «Мрспроект-2», ОАО «Мрспроект-4», проектной компании «Аркос» и др.

• *Системы управления контентом.* Сегодня редки в ПИО, но работы по разработке систем управления именно графическим контентом ведутся достаточно активно.

• *Системы управления информацией (порталы).* Удобны для ПИО, входящих в крупные холдинги и выполняющих дорогостоящие проекты, находящиеся под жестким контролем руководства и сторонних (в т.ч. общественных организаций) строительство транспортных магистралей, продуктопроводов, специальное строительство. Подобного рода объекты требуют постоянной информационной поддержки, в т.ч. в глобальных электронных сетях.

В настоящее время практически невозможно найти предприятие, в т.ч. и проектную организацию, которая бы не имела своего корпоративного сайта. А корпоративный сайт также может быть отнесен к корпоративным порталам, необходимым для эффективной работы с заказчиком. При этом можно выделить две группы порталов. К первой относятся порталы коммерческих и некоммерческих организаций, призванные помочь специалистам в поиске необходимых документов, информирующие о событиях и новых тенденциях в области строительства и проектирования, предоставляющие on-line доступ к открытым ресурсам (новые версии стандартов), или доступ на коммерческой основе. Примерами могут служить сайт Портала проектировщиков www.project-help.ru (группа «Техэксперт»), портал саморегулируемой организации Некоммерческого партнерства «Гильдия архитекторов и инженеров» http://garhi.ru/, и др. Ко второй, самой обширной группе относятся порталы как крупных проектных «монстров», так и небольших проектных организаций, предоставляющих информацию о производственных возможностях организаций.

Подробное описание технологий, применяемых в данных системах, можно найти в публикациях Могилева А.В. и Листровой Л.В. [4].

• *Системы управления образами* преобразуют информацию с бумажных носителей в цифровой формат, как правило, это TIFF (Tagged Image File Format), после чего документ может быть использован в работе уже в электронной форме [5]. Наиболее перспективные для использования в ПИО системы. Под образом понимается структурированное описание изучаемого объекта, представленное вектором *признаков*, каждый элемент которого представляет числовое значение одного из признаков, характеризующих соответствующий объект. При этом основная задача систем

выполнить *распознавание образа* – т.е. установить, обладают ли изучаемые объекты фиксированным конечным набором *признаков*, позволяющим отнести их к определенному классу, соответствуют ли они тем или иным требованиям и т.д.

В качестве примера можно привести подобного рода функции, реализованные в Open Text IXOS Livelink. Отсканированные в PDF, TIFF электронные версии документов получают уникальный номер (штрихкод). Далее IXOS распознаает штрихкод каждого документа и сопоставляет номеру проводки в СУБД. По этому уникальному номеру к любой проводке (транзакции) в СУБД можно прикрепить этот документ. Таким образом, любые действия в СУБД всегда имеют документальное подтверждение

В некоторых проектных организациях нашла применение система eDocLib. Управление образами документов eDocLib поддерживает возможность сканирования и хранения электронных образов, а также их связывания с существующими в системе данными, включая прикрепление образов документов к их карточкам описаний. Возможности конфигурирования eDocLib позволяют организовать долгосрочное хранение любых данных с произвольной структурой, а также слабоструктурированной информации, задавая для них единые принципы обработки. Система обеспечивает классификацию электронных записей и данных, сохранность, управление доступом к ним, поиск по различным критериям.

Системы управления образами позволят давать качественную оценку тех или иных технологических решений, в т.ч. графических, принимаемых в процессе проектирования. Наиболее перспективным направлением их разработки для ПИО является анализ проектных решений при проектировании инженерных сетей (водоснабжение, водоотведение, теплоснабжение, вентиляция помещений и др.) на планах и разрезах, в аксонометрии и т.д. При этом анализ проводится параллельно со считыванием (оцифровкой) информации, если тот или иной проект был подготовлен в неэлектронном виде. Наиболее активно подобного рода системы проектирует фирма Adobe.

• *Системы управления потоками работ (workflow)* обеспечивают систематическую маршрутизацию работ любого типа в рамках структурированных и неструктурированных бизнес-процессов. Они используются в целях ускорения бизнес-процессов, увеличения эффективности и степени контролируемости процессов в организации. В проектных организациях широкого применения не нашли [6].

3. BIM – Building Information Modeling или Building Information Model – «Информационное Моделирование Здания/Сооружения» или «Информационная Модель Здания/Сооружение».

Информационная модель здания/сооружения (BIM) представляет собой трёхмерную модель здания, либо другого строительного объекта, связанную с информационной базой данных, в которой каждому «элементу модели» можно присвоить дополнительные атрибуты. Особенность такого подхода заключается в том, что строительный объект проектируется фактически как единое целое из «элементов и стандартов». Изменение какого-либо одного из его параметров или любой характеристики влечёт за собой автоматическое изменение остальных связанных с ним параметров и объектов, вплоть до спецификаций, чертежей, календарного графика и визуализаций.

Модели и объекты управления BIM – это не просто графические объекты, это совокупность «Элементов модели» (образно – «кубиков») наполненных информацией, позволяющей автоматически выполнять анализ проекта, моделировать график выполнения работ, создавать чертежи и отчёты, обеспечить рациональную эксплуатацию объектов и т. д.

Это система предоставляющая коллективу участников – инвесторам (владельцам), проектировщикам и строителям при определенных договорных отношениях неограниченные возможности для принятия наилучшего решения с учётом всех имеющихся данных. Поскольку цифровая модель здания создается с первых шагов работы, появляется возможность организовать коллективный рабочий процесс, при котором все специалисты и участники привлекаются к совместной работе с самых ранних

этапов проектного цикла, когда затраты на исследования и внесение изменений минимальны, а результаты таких изменений наиболее значимы.

Рынок программного обеспечения для BIM-моделирования достаточно обширен. Безусловным лидером на нем является фирма Autodesk. Такие продукты, как Autodesk Revit Structure (содержит специализированные функции для проектирования и расчета строительных конструкций), Autodesk Architectural Desktop (программа ориентирована на профессиональных архитекторов и специалистов в области промышленного и гражданского строительства), Autodesk Architectural Studio (инструмент концептуального проектирования и мультимедийной обработки проектных данных), нашли применение не менее чем в 70 % проектных организаций г. Москвы. Кроме того, востребованы на рынке программного обеспечения для проектировщиков и позволяют строить BIM-модели такие продукты, как ArchiCAD (программное обеспечение компании Graphisoft, система архитектурно-строительного проектирования), ArCon «Архитектура и дизайн» (программный продукт российской фирмы Еврософт для архитекторов, дизайнеров, специалистов в области недвижимости), Allplan (немецкая фирма Nemetschek – программное решение для всех фаз жизненного цикла строительного проекта: с раннего наброска от руки до проектной документации), Bocad-3D (пространственная CAD-система проектирования стальных и деревянных конструкций), и др.

Сегодня начали появляться достаточно интересные работы, подробно анализирующие возможности BIM-моделей [7, 8].

Таким образом, повышение качества проекта базируется на возможностях получения, обработки и анализа *детальной* текстовой и графической 2D и 3D информации на всех стадиях проектирования и эксплуатации объекта.

4. CAD/CAM-системы.

CAD-системы (computer-aided design) – компьютерная поддержка проектирования, предназначенная для оформления конструкторской документации и решения конструкторских задач (более привычно они именуются системами автоматизированного проектирования – САПР).

В CAD-ориентированном подходе рассматривается интерактивный анализ, который проводится с целью улучшения проектируемого изделия, и проектирование, основанное на CAD-системе [9]. Данная методика уже получила широкое распространение. Практически во всех современных CAD-системах предусмотрены дополнительные модули анализа и имитации, тесно интегрированные с системой моделирования. Эти модули позволяют решать задачи кинематического моделирования, анализа методом конечных элементов (МКЭ), генерации сетки и последующей обработки непосредственно в системе моделирования.

В проектных организациях достаточно востребованы отечественные программные продукты, поддерживающие данную методику – программный комплекс «Лира» (инструмент для численного исследования прочности и устойчивости конструкций и их автоматизированного конструирования, есть возможность расчета арматуры для железобетонных элементов с учетом всевозможных загружений и комбинаций усилий и различных воздействий), программный комплекс «Мономах» (автоматизированное проектирование железобетонных конструкций многоэтажных каркасных зданий), комплексы «КЛЕН», «ПОЛЮС», «МИНОР». Зарубежные продукты, работающие в проектных организациях – ANSYS и Design Space фирмы Ansys Corporation; Cosmos/DesignStar, Cosmos/Works фирмы Structural Research & Analysis Corporation; Design Works фирмы CADSI) и др.

CAM-системы (computer-aided manufacturing) – компьютерная поддержка изготовления, предназначенная для проектирования и обработки изделий на сложном технологическом оборудовании (например, на станках с числовым программным управлением – ЧПУ) и выдачи программ для этого оборудования [9]. CAM-системы еще называют системами технологической подготовки производства.

Достаточно хорошо на практике зарекомендовали себя системы Система CATIA (Computer Aided Three-dimensional Interactive Application) – одна из самых распространенных САПР высокого уровня. Система позволяет эффективно решать все задачи технической подготовки производства – от внешнего (концептуального) проектирования до выпуска чертежей и спецификаций. В основу системы SURFCAM компании SURFWARE Inc заложены принципы сквозной технологии, позволяющие конструктору и технологу подготовить геометрическую модель детали и произвести расчет для станков с ЧПУ. Система hyperMILL компании OPEN MIND Surfware Technologies GmbH разработана в качестве одного из многочисленных приложений для среды AutoCAD. Особенно эффективна данная система с Autodesk Mechanical Desktop. Совместное использование этих продуктов позволяет получить сквозную CAD/CAM технологию, с возможностями твердотельного параметрического и поверхностного моделирования, выпуска конструкторской документации и расчета управляющих программ для станков с ЧПУ. В настоящее время эта система предназначена для получения управляющих программ для координатной фрезерной обработки.

Таким образом, повышение качества проекта при использовании CAD/CAM-систем достигается за счет автоматизации конструкторских расчетов принципиальных характеристик зданий и сооружений (прочность, устойчивость, надежность) с возможностью построения электронных моделей отдельных, нетиповых элементов строительных конструкций для последующей их передачи в производство.

Для формирования обобщенной экспертной оценки возможности повышения качества проектной продукции за счет внедрения перечисленных информационных технологий были опрошены специалисты (ГИПы, ГАПы, ведущие инженеры) нескольких московских проектных организаций (ООО «Проектный институт № 2», ЗАО «Промстрой проект», ООО «Аврора-проект», ЗАО «Роспроект»). Оценку качества описанных информационных технологий или программных продуктов, соответствующих им, было предложено дать по пяти различным критериям. При этом на каждой оси для каждого критерия можно было выбрать один из трех уровней влияния – низкий, средний и высокий (рис.). По мнению экспертов, по критерию «Повышение качества управления основными проектными процессами» наиболее эффективны специализированные системы управления проектной деятельностью, по критерию «Повышение качества проектного решения в графической части» – технологии BIM-моделирования и CAD/CAM-системы, по критерию «Повышение качества расчетного проектного решения» – эти же технологии и системы, по критерию «Повышения качества оценки проекта заинтересованными сторонами» – системы электронного управления документами и технологии BIM-моделирования, по критерию «Возможность создания документированных процедур в СМК» – системы управления проектной деятельностью.

Заключение

Повышение качества проектной продукции в отрасли строительства сегодня невозможно без внедрения информационных систем и технологий. При этом внедрение таких систем и технологий, реально влияющих на качество проектного продукта, затрагивает не только процессы разработки и информационного моделирования собственно проекта будущего здания/сооружения, но и другие принципиальные процессы – управления проектной деятельностью, ведения электронного документооборота и др.

Оценивая уровень повышения качества проектного продукта в строительстве за счет внедрения разных информационных технологий по различным критериям, можно сделать вывод: сегодня не существует информационной системы, которая интегрировала бы в себе возможности поддержки систем управления проектной деятельностью и одновременно обладала эффективным инструментарием автоматизированного проектирования. Создание такой, безусловно востребованной у проектировщиков системы, не только повысит качество проектной продукции, но и повысит управляемость основными процессами проектных организаций.

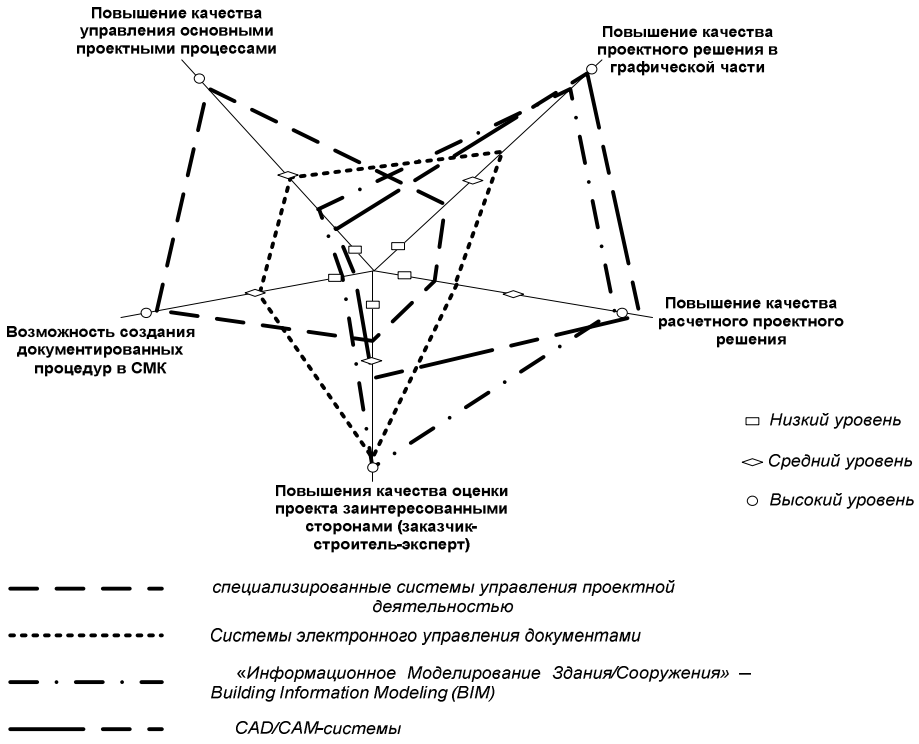


Рис. Лепестковая диаграмма оценки уровня повышения качества проектной продукции при внедрении различных информационных технологий

Список библиографических ссылок

1. Методика разработки документации системы качества проектной продукции (элемент СК 4.4.) на основе стандартов ИСО 9000. – М.: ГУП МНИИТЭП, 2002. – 25 с.
2. Бузырев В.В., Юденко М. Н. Управление качеством строительной продукции. – М.: Феникс, серия: Строительство, 2006. – 387 с.
3. Трофимов В.В. Информационные технологии в экономике и управлении. – М: Юрайт, 2011. – 426 с.
4. Могилев А.В., Листрова Л.В. Технологии поиска и хранения информации. Технологии автоматизации управления. – СПб.: БХВ-Петербург, 2012. – 412 с.
5. Системы электронного управления документами: обзор, классификация и оценка возврата от внедрения. Статья. URL: http://www.iteam.ru/publications/it/section_64/article_2712 (дата обращения: 2.09.2014).
6. Мартыненко С.А., Усикова И.В. Управление потоками работ. Функциональное моделирование и основы управления проектами. – М.: ГУАП, 2011. – 80 с.
7. Талапов В.В. Основы BIM. Введение в информационное моделирование зданий. – М.: ДМК Пресс, 2011. – 392 с.
8. Brad Hardin. BIM and Construction Management: Proven Tools, Methods, and Workflows. Foreign book, Sybex , 2011. – 364 с.
9. Ли К. Основы САПР (CAD/CAM/CAE). – СПб.: Питер, 2004. – 278 с.

Postnov K.V. – associate professor
E-mail: kovpost@gmail.com
Moscow State University of Civil Engineering
The organization address: 129337, Russia, Moscow, Yaroslavskoe sh., 26

Introduction of modern information technologies – the way of improvement of quality of design production in construction

Resume

Quality of products produced by any construction complex is defined directly by the quality of project works which are a basis of all investment and construction cycle.

Today quality guarantees of the design decisions realized in the design and survey organizations, certainly gives the introduction of quality systems on the basis of the ISO standards of a series 9000 for management of design process. Construction and operation of such data-intensive, requiring constant updating of quality management systems is fundamentally impossible without the introduction of modern information systems and technologies. The paper presents and analyzes information systems not only significantly to improve the quality of the design-budget production, but also to make the functioning of the quality management systems more efficient.

Today specialized control systems of design activity in construction, systems of the electronic control by documents (ECD), «Information Modeling of the Building/construction» or «Information Building/construction Model» system – BIM – Building Information Modeling, by CAD/CAM-systems are rather actively used. Thus project improvement of quality at introduction of each of systems is reached both due to optimization of administrative decisions, and by improvement of technology of process of design. So, for example, introduction of control systems by design activity in construction will allow the organization to automate actually well documentary process which becomes further one of the main in quality management system, and BIM application – technologies will give the chance of receiving, processing and the analysis of detailed text and graphic 2D and 3D information at all design stages and object operation.

The generalized expert assessment of possibility of improvement of quality of design production due to introduction of the considered information systems and technologies allows giving an assessment to these tools by various criteria.

Keywords: design production, design decisions, system, technology, program complex, electronic documents, management, information modeling, object, computer support, ERP, BIM, CAD/CAM.

Reference list

1. Technique of development of documentation of the quality system of design production (CK 4.4 element.) on the basis of the ISO 9000 standards. – M.: State Unitary Enterprise MNIITEP, 2002. – 25 p.
2. Buzyrev V.V., Yudenko M.N. Quality management of construction production. – M.: Phoenix, series: Construction, 2006. – 387 p.
3. Trofimov V.V. Information technologies in economy and management. – M.: Urait, 2011. – 426 p.
4. Mogilev A.V., Listrova L.V. Search technology and information storage. Control automation technology. – SPb.: BHV Petersburg, 2012. – 412 p.
5. Systems of electronic document management: a review, classification and evaluation of the implementation of the return. Article. URL: http://www.iteam.ru/publications/it/section_64/article_2712 (reference date: 2.09.2014).
6. Martynenko S.A., Usikova I.V. Streaming works period there. Functional modeling and project management fundamentals. – M.: Publishing SUAE, 2011. – 80 p.
7. Talapov V.V. Foundation in BIM. Introduction to building information modeling. – M.: DMK Press, 2011. – 392 p.
8. Brad Hardin. BIM and Construction Management: Proven Tools, Methods, and Workflows. Foreign book, Sybex, 2011. – 364 p.
9. Lee K. Fundamentals of CAD (CAD/CAM/CAE). – SPb.: Piter, 2004. – 278 p.

УДК 683.974
Барышева О.Б. – кандидат технических наук, доцент
E-mail: obbars@mail.ru
Хабибуллин Ю.Х. – кандидат технических наук, доцент
E-mail: a0an@mail.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1

Диффузионные потоки при горении природного газа в камерах сгорания энергоустановок

Аннотация

На основе классических формул молекулярно-кинетической теории газов оценены диффузионные потоки индивидуальных веществ, которые возникают вследствие изменения их концентрации при различной степени диссоциации при наличии градиента температуры или концентрации компонентов. Рассмотрены продукты сгорания, полученные при горении природного газа для условий стехиометрического горения в камерах сгорания энергоустановок. Получены данные о диффузионных потоках, возникающих в высокотемпературных областях камер сгорания энергоустановок.

Ключевые слова: коэффициент бинарной диффузии, коэффициент обобщенной диффузии, горение, энергоустановки, диффузионный поток.

Температура горения углеводородных топлив достигает нескольких тысяч градусов. Так, по данным [1] при стехиометрическом соотношении компонентов (окислителя и горючего) топлива расчетная температура горения при давлении в 1 атм. составляет для топлива природный газ + воздух примерно 1800...2300 К. При указанных температурах образующиеся продукты сгорания являются сильно диссоциироваными. В то же время, омываемые движущимися продуктами сгорания стенки камеры сгорания энергоустановки, за счет применения различных способов охлаждения имеют значительно меньшую температуру, при которой диссоциация продуктов сгорания должна практически отсутствовать. Очевидно, что в области, ограниченной температурами ядра потока и стенки конструкции диссоциация продуктов сгорания неодинакова и возникают градиенты концентраций индивидуальных веществ и соответствующие им массовые потоки. Указанные потоки оказывают существенное влияние на теплофизические свойства продуктов сгорания. Наиболее существенное влияние проявляется для коэффициента теплопроводности, поскольку при диффузионном переносе массы диссоциированных продуктов в область низких температур происходит перенос теплоты химических реакций.

Теория расчета дополнительной составляющей коэффициента теплопроводности, из-за переноса теплоты химических реакций предложена Батлером и Брокау [1]. Однако данные по диффузионным потокам индивидуальных продуктов сгорания, определяющие перенос теплоты химических реакций, не публиковались или вовсе отсутствуют.

В данной статье на примере продуктов сгорания высокоэнергетичных топлив [2]. Все расчетные исследования выполнены для условий, характерных для камер сгорания энергоустановок для модели горения при постоянном давлении.

В общем случае для неоднородного поля физико-химических параметров диффузионный поток вещества $\vec{j}_q$ (величина Ψ_q принимается равной массе молекул m_q) в газовой фазе возникает вследствие [3, 4]:

- градиента концентраций при неоднородном распределении химического состава по объему;
- градиента давления, например, во вращающемся потоке;
- действия внешних массовых сил $\vec{F}^{(m)}$;
- градиента температур (явление термодиффузии).

В соответствии результатами молекулярно-кинетической теории газов и жидкостей имеем [1]:

$$\vec{j}_q = \frac{\mu_q \rho}{\mu^2} \sum_j \mu_j \overline{D}_{qj} \vec{d}_j - D_q^{(т)} \nabla \ln T, \quad (1)$$

$$\vec{d}_j = \nabla x_j + x_j \left(1 - \frac{\mu_j}{\mu}\right) \nabla \ln p + \frac{z_j \mu}{R_0 T} \left[\vec{F}_j^{(m)} - \sum_k z_k \vec{F}_k^{(m)} \right], \quad (2)$$

где $\overline{D}_{qj}$ – коэффициент обобщенной диффузии в многокомпонентной смеси; $D_q^{(т)}$ – коэффициент термической диффузии; x_j, z_j – мольная и массовая доли веществ j в смеси; $\vec{F}_j^{(m)}$, $\vec{F}_k^{(m)}$ – внешние силы, действующие на молекулы видов j, k, отнесенные к единице массы молекул; p – давление; T – температура; ρ – плотность; μ – молекулярная масса; R_0 – универсальная газовая постоянная.

Влияние термодиффузии часто весьма мало и им обычно пренебрегают; во многих задачах можно не учитывать массовые силы $\vec{F}^{(m)}$. Более удобной для практических применений в этих случаях является формула:

$$\vec{d}_i = \sum_j \frac{R_0 T}{p D_{ij}} \left(\frac{x_j \mu_j \vec{W}_j}{\rho_j} - \frac{x_i \mu_i \vec{W}_i}{\rho_i} \right), \quad (3)$$

где D_{ij} – коэффициент бинарной диффузии; $\vec{W}$ – мольный диффузионный поток вещества.

Для рассматриваемых условий движения продуктов сгорания при отсутствии градиента давления формулу (1) можно записать так:

$$\vec{j}_q = \frac{\mu_q \rho}{\mu^2} \sum_j \mu_j \overline{D}_{qj} \nabla x_j. \quad (4)$$

Формулу (4) можно записать в виде:

$$\vec{j}_q = \tilde{D}_q \nabla T,$$

где $\tilde{D}_q$ – условный коэффициент диффузии, учитывающий переносы массы индивидуальных веществ, вследствие их неоднородного распределения из-за диссоциации.

Расчет теплофизических параметров высокотемпературных газовых смесей [5]: коэффициентов диффузии, вязкости и теплопроводности на основе достижений молекулярно-кинетической теории газов является пока основным способом получения данных. Это обусловлено сложностью, а иногда и невозможностью непосредственных экспериментальных исследований при высоких (более 1500-2000 К) температурах, а также чрезвычайным разнообразием химического состава газовых смесей, используемых в технике.

Коэффициент бинарной диффузии компонента i в смеси, состоящей из двух газов i и j равен:

$$D_{ij} = 0{,}0266 T \frac{\sqrt{T(\mu_i + \mu_j)/(2\mu_i \mu_j)}}{p \sigma_{ij}^2 \Omega_{ij}^{1,1*}}, \quad (5)$$

где p – давление в Па; D_{ij} – в м^2/с; μ_i, μ_j – молекулярные массы компонентов i, j; $\Omega_{ij}^{1,1*}$ – приведенный интеграл столкновений. Для молекул со сферическим потенциалом взаимодействия значение $\Omega_{ij}^{1,1*}$ является функцией приведенной температуры:

$$T_{ij}^* = T/(\varepsilon/k)_{ij},$$

где $\sigma_{ij}, (\varepsilon/k)_{ij}$ – параметры потенциальной функции взаимодействия молекул (атомов) сортов i и j.

Коэффициент обобщенной диффузии компонента i по отношению к компоненту j в многокомпонентной смеси с молекулярной массой $\mu_{см}$ и мольными долями веществ x_q рассчитывают по формуле:

$$\overline{D}_{ij} = \frac{\mu_{см}}{\mu_j} \left[(-1)^{i+j} K_{ji} - K_{ii} \right] \Big/ \det K, \quad (6)$$

где K_{ji}, K_{ii} – миноры определителя det K (i – номер строки, j – номер столбца определителя). Элементы F_{ij} определителя det K вычисляют, используя данные о составе смеси (мольные доли x_q и молекулярные массы μ_q) и коэффициентах бинарной диффузии D_{ij}:

$$F_{ij} = \frac{x_i}{D_{ij}} + \frac{\mu_j}{\mu_i}\sum_{k\neq i}\frac{x_k}{D_{ik}}, \quad i \neq j; \quad F_{ii} = 0 \cdot \tag{7}$$

Как упоминалось, в области потока продуктов сгорания, ограниченной температурами ядра потока (несколько тысяч Кельвинов) и стенки (около тысячи Кельвин) происходит изменение химического состава вследствие процессов диссоциации и рекомбинации [5, 6]. Распространенным предположением относительно этих процессов является допущение о локальном химическом равновесии в соответствии со значениями параметров состояния смеси – температуры и давления (или плотности).

Для условий локального химического равновесия справедливо соотношение:

$$\nabla x = \left(\partial x/\partial T\right)_p \nabla T ,$$

в связи с чем, возникает необходимость расчета частных производных мольных долей.

Для расчета равновесного химического состава в соответствии с материалами справочника [1] используется система нелинейных алгебраических уравнений:

$$\ln x_j - \sum_{i=1}^{m} a_{ij} \ln x_i + \ln K_j + (1 - \sum_{i=1}^{m} a_{ij}) \ln p = 0 , \tag{8}$$

$$\ln\left(\sum_{j=1}^{l} a_{ij} x_j + x_i \right) + \ln N - \ln b_{i\text{т}} = 0 , \tag{9}$$

$$\ln \sum_{q=1}^{l+m} x_q = 0 , \tag{10}$$

где a_{ij} – стехиометрический коэффициент реакции диссоциации молекулярного j вещества на атомы, $K_j(T)$ – константа равновесия, p – заданное давление, N – суммарное число молей продуктов сгорания, $b_{i\text{т}}$ – число атомов химического элемента i в условной формуле молекулы топлива с молекулярной массой $\mu_\text{т}$. Поскольку условная формула топлива записывается для любого выбранного значения $\mu_\text{т}$, удобно применять $\mu_\text{т} = 1$. Неизвестными величинами в системе уравнений (8)-(10) являются: мольные доли молекулярных, атомарных веществ и суммарное число молей N продуктов сгорания. Полученные при решении этой системы уравнений данные использовались для вычисления коэффициентов обобщенной диффузии.

На рис. 1 в качестве иллюстраций приведены коэффициенты $\overline{D}_{ij}$ для некоторых компонентов продуктов сгорания топлива: природный газ + воздух для разных значений коэффициента окислителя α.

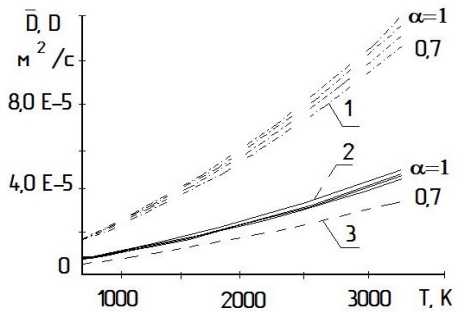


Рис. 1. Коэффициенты бинарной обобщенной диффузии:
1 – коэффициент обобщенной диффузии H_2O-H_2;
2 – коэффициент обобщенной диффузии H_2 по отношению к H_2O;
3 – коэффициент бинарной диффузии H_2O по отношению к H_2,
равный коэффициенту бинарной диффузии H_2 по отношению к H_2O

В отличие от коэффициентов бинарной диффузии коэффициенты обобщенной диффузии существенно зависят от химического состава.

Для определения частных производных параметров химического состава по температуре возможны такие подходы. Если параметры смеси в объеме, занимаемом смесью однородны (в частности, отсутствуют градиенты температуры и давления), то частные производные определяют в результате дифференцирования системы уравнений (8)-(10) и последующего решения системы линейных уравнений вида:

$$\left(\partial x_j / \partial T\right)_p / x_j - \sum_{i=1}^{m} a_{ij}\left(\partial x_i / \partial T\right)_p / x_i = -\Delta H_j / (R_0 \cdot T^2), \tag{11}$$

$$\sum_{j=1}^{l} a_{ij}\left(\partial x_j / \partial T\right)_p + \left(\partial x_i / \partial T\right)_p - b_{i\tau} / N^2 \times \left(\partial N / \partial T\right)_p = 0, \tag{12}$$

$$\sum_{q=1}^{l+m}\left(\partial x_q / \partial T\right)_p = 0, \tag{13}$$

где $\Delta H_j = \sum_i a_{ij} I_i(T) - I_j(T)$ – теплота реакции диссоциации, $I_q(T)$, $q = i, j$ – энтальпия индивидуального компонента смеси.

Указанный подход для определения частных производных был принят при расчетах [1] для вычисления равновесных теплоемкостей, термических коэффициентов и скорости звука.

Если параметры смеси неоднородны [7, 8] (в рассматриваемом случае – это наличие градиента температуры при одинаковом давлении во всех точках объема смеси), то стационарное состояние реагирующей смеси, возможно, если соблюдать баланс потоков химических элементов, как в виде индивидуальных веществ, так и в составе молекулярных индивидуальных веществ:

$$\sum_j a_{ij}\vec{W}_j + \vec{W}_i = 0, \;\; i = 1,2,3...m \cdot \tag{14}$$

Диффузионные мольные потоки $\vec{W}_q$, $q = i, j$ при отсутствии градиента давления и термодиффузии и градиенты мольных долей x_q связаны между собой формулой:

$$\nabla x_q = \sum_s \left(R_0 T / p D_{sq}\right)\left(x_q \vec{W}_s - x_s \vec{W}_q\right). \tag{15}$$

Таким образом, уравнения (11), (14) с учетом соотношения (15) образуют замкнутую систему уравнений для определения частных производных $(\partial x_q / \partial T)_p$ для модели баланса потоков химических элементов в стационарных условиях при наличии градиента температуры и локальном химическом равновесии. Такой подход для определения частных производных использован в работе [1] для определения коэффициента теплопроводности реагирующих смесей.

Диффузионные потоки в продуктах сгорания можно рассчитать по формуле (4). При выполнении расчетов использованы параметры межмолекулярного взаимодействия по данным [1]. Значения диффузионных потоков представлены в относительной форме по отношению к максимальным для данного топлива значениям. В качестве максимальных потоков выбраны значения, у которых абсолютная величина $\tilde{D}_q$ с размерностью кг/(м·сек·К) – максимальна. Соответствующие результаты для давления 1 атм. и стехиометрического соотношения компонентов приведены на рис. 2 (топливо: природный газ + воздух).

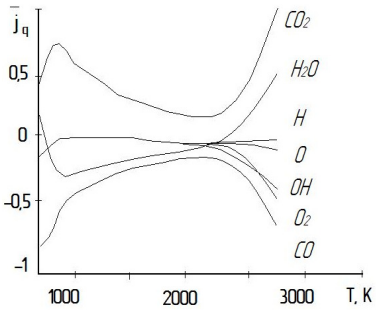


Рис. 2. Диффузионные потоки в продуктах сгорания

Относительные величины менее 10^{-6} условно имеют нулевые значения; величины со знаком минус обратны по направлению градиентам температуры. Из графиков на рисунках несложно сделать качественные выводы о взаимосвязи степени диссоциации продуктов сгорания и значениями потоков: при отсутствии диссоциации потоки отсутствуют, возрастая с увеличением степени диссоциации, т.е. при более высоких температурах.

Список библиографических ссылок

1. Алемасов В.Е., Дрегалин А.Ф., Черенков А.С. Основы теории физико-химических процессов в тепловых двигателях и энергетических установках. – М.: Химия, 2000. – 520 с.
2. Левченко П.В. Расчеты печей и сушил силикатной промышленности. – М.: Альянс, 2007. – 366 с.
3. Александров А.А., Орлов К.А., Очков В.Ф. Теплофизические свойства рабочих веществ теплоэнергетики. – М.: МЭИ, 2009. – 232 с.
4. Барсуков В.И. Физика. Строение и физические свойства вещества. – Тамбов: ТГТУ, 2008. – 80 с.
5. Кирсанов Ю.А. Циклические тепловые процессы и теория теплопроводности в регенеративных воздухоподогревателях. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2007. – 240 с.
6. Баутин С.П. Аналитическая тепловая волна. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2011. – 88 с.
7. Быков В.И. Моделирование критических явлений в химической кинетике. – М.: КомКнига, 2006. – 328 с.
8. Ковалев В.Л. Гетерогенные каталитические процессы в аэротермодинамике. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2002. – 224 с.

Barysheva O.B. – candidate of technical sciences, associate professor
E-mail: obbars@mail.ru
Khabibullin Iu.Kh. – candidate of technical sciences, associate professor
E-mail: a0an@mail.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya str., 1

Diffusion flows during combustion of natural gas in the combustion power plants

Resume

In this work was estimated diffusion of individual substances based on classic formulas of molecular-kinetic theory of gases. They arise due to the change of their concentration at different degrees of dissociation in the presence of a temperature gradient. In this text considered the combustion products of natural gas. For this were show conditions of stoichiometric combustion in the combustion chambers of power plants. Formed in these regions, the products of combustion are strongly dissociated. At the same time, washed moving products of combustion chamber walls of the combustion plant, due to application of different cooling methods have a significantly lower temperature at which the dissociation of the combustion products must be practically absent. Obviously, in the area limited by the temperature of the flow core and wall designs dissociation of combustion products varies and there are gradients of concentrations of individual substances and the corresponding mass flows. These flows have a significant impact on the thermo physical properties of combustion products. Data was obtained on the diffusion flows arising in high-temperature areas combustion power plants.

Keywords: coefficient of binary diffusion, coefficient of generalized diffusion, combustion, power plants, diffusion flow.

Reference list

1. Alemasov V.E., Dregalin A.F., Cherenkov A.S. Physical and chemical processes theory of heat engines and energy units. – M.: Chem., 2000. – 520 p.
2. Levchenko P.V. Calculations furnaces and driers silicate industry. – M.: Alliance, 2007. – 366 p.
3. Aleksandrov A.A., Orlov K.A., Ochkov V.F. Thermo physical properties of working substances of power systems. – M.: MEI, 2009. – 232 p.
4. Barsukov B.I. Physics. Structure and physical properties of substances. – Tambov: TSTU, 2008. – 80 p.
5. Kirsanov Y.A. Cyclic thermal processes and the theory of heat conduction in regenerative air heaters. – M.: FIZMATLIT, 2007. – 240 p.
6. Bautin S. P. Analytic thermal wave. – M.: FIZMATLIT, 2011. – 88 p.
7. Bykov V.I. Modeling of critical phenomena in chemical kinetics. – M.: KomKniga, 2006. – 328 p.
8. Kovalev V.L. Heterogeneous catalytic processes in aero thermodynamic. – M.: FIZMATLIT, 2002. – 224 p.

УДК 537.525
Галеев Р.С. – доктор физико-математических наук
Казанский (Приволжский) федеральный университет
Адрес организации: 420008, Россия, г. Казань, ул. Кремлевская, д. 18
Сафиуллин Р.К. – доктор физико-математических наук, профессор
E-mail: rksaf@mail.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

Исследования быстропроточных CO_2-лазеров с цилиндрической и конической разрядной трубкой

Аннотация

Работа посвящена компьютерным исследованиям быстропроточных CO_2-лазеров с цилиндрическими и коническими разрядными трубками. Многие газоразрядные CO_2-лазеры содержат цилиндрическую разрядную трубку или систему таких трубок. В результате численного моделирования процессов в лазерах с цилиндрическими трубками в работе получены пространственные распределения заряженных компонентов плазмы, скорости и температуры газа, мощности и коэффициента усиления лазера. Система дифференциальных уравнений тлеющего разряда, неравновесной газодинамики и колебательной кинетики молекул решалась методом расщепления на три подсистемы. Получено хорошее согласие расчетных характеристик лазеров с экспериментальными данными.

Ключевые слова: цилиндрическая трубка тлеющий разряд,CO_2-лазер, гармонический осциллятор.

Математическая модель колебательной кинетики в смеси CO_2-N_2-He-H_2O

В качестве объектов исследования были выбраны CO_2-лазеры, схемы которых изображены на рис. 1 и 2.

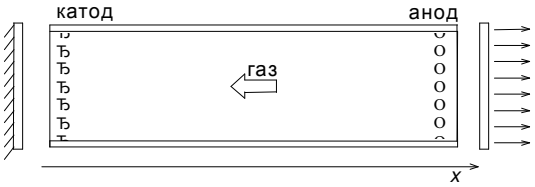


Рис. 1. Схема газоразрядного CO_2-лазера с цилиндрической разрядной трубкой

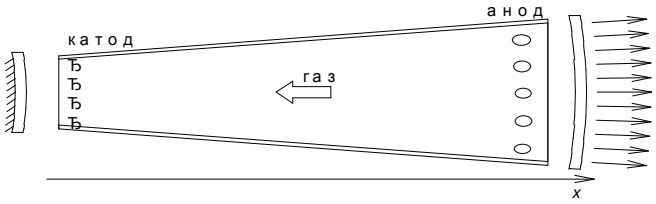


Рис. 2. Схема газоразрядного CO_2-лазера с конической разрядной трубкой

Математическая модель, использованная в работе, включает уравнения тлеющего разряда для электроотрицательной смеси газов, уравнения неравновесной газодинамики, а также уравнения колебательной кинетики молекулярных компонентов газовой смеси.

Рассматривалась смесь газов CO_2-N_2-He-H_2O, широко применяемая в газоразрядных лазерах. Математическая модель колебательной кинетики в таких смесях подробно описана в работах [1-6]. Предполагается, что неравновесно возбуждены три вида колебаний молекулы CO_2 и колебания N_2. Полагается также, что колебательные и

вращательные степени свободы остальных молекул находятся в равновесии с поступательными степенями свободы. Для описания колебательной кинетики используется модель гармонического осциллятора. При этом внутри каждой неравновесной колебательной моды устанавливается больцмановское распределение энергии со своей колебательной температурой.

Поскольку уровни колебательной энергии $CO_2(10^00)$ и $CO_2(02^00)$ близки между собой, то между первой (симметричной) и второй (деформационной) колебательными модами CO_2 существует быстрый энергообмен (резонанс Ферми) [1-4]. Вследствие резонанаса Ферми данные моды обычно рассматривают как одну – объединенную. Ввиду больцмановского распределения энергии молекул по колебательным уровням, для среднего числа квантов ε_j колебательной энергии j-й моды, приходящихся на одну молекулу, можно записать формулу:

$$\varepsilon_j = \frac{1}{\exp\frac{\theta_j}{T_j} - 1}, \tag{1}$$

где θ_j – характеристическая температура j-й моды. Значения j = 1,2,3 соответствуют симметричной, деформационной и асимметричной колебательным модам молекулы CO_2, j = 4 – колебательной моде молекул N_2. Ввиду резонанса Ферми полагается, что $T_1 = T_2$. Следует иметь ввиду, что деформационная колебательная мода дважды вырождена (деформационные колебания могут происходить независимо в двух перпендикулярных плоскостях). Суммарная колебательная энергия единицы массы газа выражается формулой:

$$e = R\left[\xi_1(\theta_1\varepsilon_1 + 2\theta_2\varepsilon_2 + \theta_3\varepsilon_3) + \xi_2\theta_4\varepsilon_4\right], \tag{2}$$

$$R = \frac{R_0}{\sum_i \xi_i\mu_i},$$

где ξ_i – молярная концентрация, μ_j – молярная масса компонента M_j ($M_1 = CO_2$, $M_2 = N_2$, $M_3 = He$), R_0 – универсальная газовая постоянная, R – газовая постоянная для данной смеси.

Используемая кинетическая схема включает следующие каналы колебательно-колебательного (V-V) и колебательно-поступательного (V-T) обмена с соответствующими временами реакций [1-6]:

Таблица 1

$CO_2(\nu_2) + M_i \leftrightarrow CO_2 + M_i$,	τ_{1i}
$CO_2(\nu_3) + M_i \leftrightarrow CO_2(3\nu_2) + M_i$,	τ_{2i}
$CO_2(\nu_3) + N_2 \leftrightarrow CO_2 + N_2(\nu_4)$,	τ_3
$N_2(\nu_4) + H_2O \leftrightarrow N_2 + H_2O$,	τ_4
$N_2(\nu_4) + He \leftrightarrow N_2 + He$,	τ_5

Уравнения колебательной релаксации имеют следующий вид:

$$u\frac{d\varepsilon_2}{dx} = \beta\left(\frac{\varepsilon_{2p} - \varepsilon_2}{\tau_1} + \frac{3\varphi_{32}}{2\tau_2}\right) + \beta\frac{gIT}{(\theta_3 - \theta_1)\xi_1 p} + \beta\frac{\delta_{1,2}WT}{\xi_1\theta_2 p}, \tag{3}$$

$$u\frac{d\varepsilon_3}{dx} = -\frac{\varphi_{32}}{\tau_2} + \xi_2\frac{\varepsilon_4 - \varepsilon_3}{\tau_3} - \frac{gIT}{(\theta_3 - \theta_1)\xi_1 p} + \frac{\delta_3 WT}{\xi_1\theta_3 p}, \tag{4}$$

$$u\frac{d\varepsilon_4}{dx} = \xi_2\frac{\varepsilon_{4p} - \varepsilon_4}{\tau_{4(5)}} + \xi_1\frac{\varepsilon_3 - \varepsilon_4}{\tau_3} + \frac{\delta_4 WT}{\xi_2\theta_4 p}, \tag{5}$$

$$\beta = \frac{(1+2\varepsilon_2)^2}{1+6\varepsilon_2+6\varepsilon_2^2},$$

$$\varphi_{32} = \varepsilon_3(\varepsilon_2+1)^3 - \varepsilon_2^3(1+\varepsilon_3)\exp\frac{3\theta_2 - \theta_3}{T},$$

где g – коэффициент усиления, I – интенсивность излучения, $\delta_{1,2}$, δ_3, δ_4 – доли энергии тлеющего разряда, вкладываемые в объединенную симметричную и деформационную моду CO_2, в асимметричную моду CO_2 и в колебания N_2; W – удельная мощность электрического разряда, u – скорость газа. Данные уравнения относятся к “жестким” дифференциальным уравнениям.

Уравнения газодинамики и тлеющего разряда в электроотрицательной смеси газов

Для описания течения газа используются стационарные одномерные уравнения невязкой газовой динамики. Уравнение неразрывности:

$$\rho u S = \rho_0 u_0 S_0 \equiv G, \tag{6}$$

- уравнение количества движения:

$$\rho u \frac{du}{dx} = -\frac{dp}{dx}, \tag{7}$$

- уравнение энергии:

$$\frac{du(E_g + p)}{dx} = W_e - gI - u(E_g + p)\frac{S'}{S}, \tag{8}$$

- уравнение состояния газа:

$$p = \rho RT, \tag{9}$$

где ρ – плотность, p – давление, T – температура газа. Удельная энергия газа E_g определяется по формуле:

$$E_g = \frac{p}{\kappa - 1} + \frac{\rho u^2}{2} + \rho e. \tag{10}$$

Удельный энерговклад может быть записан в виде:

$$W_e = Eq(\delta v_e n_e + |v_+ n_+| + v_- n_-), \delta = \delta_{RT} + \delta_2 + \delta_3 + \delta_4, \tag{11}$$

где δ_{RT}, δ_2, δ_3 и δ_4, – доли энергии электронов, идущие на возбуждение поступательно-вращательных степеней свободы молекул, комбинированной симметричной и деформационной колебательных мод молекул CO_2, антисимметричной колебательной моды CO_2 и колебательной моды N_2, соответственно; q – заряд электрона. Необходимо отметить, что в правой части выражения для энерговклада (11) два последних члена описывают джоулев нагрев газа токами положительных и отрицательных ионов.

В рамках обычно используемых предположений стационарные уравнения, описывающие тлеющий разряд в электроотрицательном газе, имеют следующий вид:

$$\frac{d j_e}{dx} = k_i j_e - k_a j_e - q\beta_e n_e n_+ + q k_d N n_- - j_e \frac{S'}{S}, \tag{12}$$

$$\frac{d j_+}{dx} = -k_i j_e + q\beta_e n_e n_+ + q\beta_i n_+ n_- - j_+ \frac{S'}{S}, \tag{13}$$

$$\frac{d j_-}{dx} = k_a j_e - q\beta_i n_+ n_- - q k_d N n_- - j_- \frac{S'}{S}, \tag{14}$$

и уравнение Пуассона для электрического поля:

$$\frac{dE}{dx} = \frac{q}{\varepsilon_0}(n_e - n_+ + n_-) - E\frac{S'}{S}, \tag{15}$$

где $S = S(x)$ – площадь поперечного сечения разрядной трубки.

На плотности токов накладываются следующие граничные условия:

$$j_e(0,t) = \gamma j_+(0,t), \; j_-(0,t) = j_+(L,t) = 0. \tag{16}$$

Напряженность электрического поля связана с напряжением, приложенным к разрядному промежутку соотношением:

$$\int_0^L E(x)dx = U. \tag{17}$$

Для решения газодинамических уравнений задаются давление, скорость и температура газа во входном сечении разрядной трубки, т. е. на катоде или на аноде (в зависимости от направления газового потока). Колебательные степени свободы молекул во входном сечении считаются равновесно возбужденными. В случае $S(x)$ = const используется модель плоско-параллельного резонатора, основанная на предположении о постоянной интенсивности излучения внутри резонатора. В случае $S(x) \neq$ const используется модель концентрического резонатора с интенсивностью излучения,

изменяющейся по закону $I(x) = I(0)S(0)/S(x)$. Средний коэффициент усиления $\bar{g}$ при этом удовлетворяет условию стационарной генерации:

$$\bar{g} \equiv \frac{1}{L}\int_0^L g\,dx = \frac{1}{2L}\ln\frac{1}{r_1 r_2}, \tag{18}$$

где $r_1 = 1 - a_1$ и $r_2 = 1 - a_2 - \theta$ – коэффициенты отражения зеркал, a_1 и a_2 – коэффициенты поглощения зеркал, θ – коэффициент пропускания полупрозрачного зеркала, L – расстояние между зеркалами, которое принимается равным расстоянию между электродами. Для расчета выходной мощности в случае плоского резонатора используется формула:

$$P_{\text{u}} = \frac{\theta \bar{g} I V_R}{(1+\sqrt{r_1/r_2})(1-\sqrt{r_1 r_2})}, \tag{19}$$

где V_R – объем резонатора.

В случае применения конических трубок предполагается, что резонатор образован двумя сферическими концентрическими зеркалами. Средний коэффициент усиления $\bar{g}$ удовлетворяет условию стационарной генерации (18). Для расчета выходной мощности вместо формулы (19) в этом случае используется формула:

$$P_u = \frac{\theta \bar{g} I(L) S(L) L}{(1+\sqrt{r_1/r_2})(1-\sqrt{r_1 r_2})}. \tag{20}$$

Из уравнений неразрывности для электронов и ионов (12-14) следует закон сохранения полного тока:

$$(j_e + j_+ + j_-)S(x) = J \equiv \text{const}. \tag{21}$$

Соотношение (21) позволяет исключить плотность тока отрицательных ионов из уравнений (12-14). При этом предполагается, что полный ток J является заданной величиной, в то время как разность потенциалов U определяется после решения задачи интегрированием напряженности электрического поля E вдоль разряда.

Метод решения

Сложная система дифференциальных уравнений решалась методом расщепления на три подсистемы, описывающие различные физические процессы. Прежде всего, значения газодинамических параметров на слое $x+\Delta x$ рассчитывались тем же способом, что и в случае CO-лазеров, описанном в работах [7, 8]. Затем для расчета на слое $x + \Delta x$ величин ε_k использовалась неявная схема:

$$\frac{\varepsilon_k^{i+1} - \varepsilon_k^i}{\Delta x_i} = s f_k^i + (1-s) f_k^{i+1}, 0 \le s \le 0.5, k = 2,3,4. \tag{22}$$

Для решения системы уравнений (22) использовался итерационный метод Ньютона. Эта процедура повторялась шаг за шагом в направлении от катода к аноду. После этого уравнения тлеющего разряда (12-15) решались для всей области разряда с помощью метода матричной прогонки. Для получения самосогласованного решения приходилось применять до 10 глобальных итераций между этими тремя подсистемами.

Результаты расчетов для быстропроточных CO_2-лазеров с цилиндрической разрядной трубкой

В данном разделе приведены результаты расчетов для лазеров с широкими разрядными трубками цилиндрической формы. Рассматриваемый лазер (рис. 1) состоит из разрядной трубы, с противоположных сторон которой находятся зеркала, причем одно из них является полупрозрачным. Разрядная труба имеет внутренний диаметр 13,7 см и расстояние между электродами равно 60 см. Рассматривается смесь CO_2:N_2:He= 4,5:13,5:82. Во входном сечении (на аноде) задаются следующие газодинамические параметры: давление p = 33 Тор, скорость u = 97 м/с, температура T = 300 К. Коэффициент пропускания полупрозрачного зеркала равен 15 %.

В табл. 2 сравниваются результаты эксперимента [9] с расчетами. Можно отметить хорошее совпадение результатов, что свидетельствует об адекватности применяемого подхода.

Таблица 2

Величина	Экспер. [9]	Расчет
Выходная мощность (кВт)	3,85	3,81
Разность потенциалов (кВ)	10,1	10,9
Разрядный ток (А)	1,8	1,8
Температура газа на выходе (К)	503	515
Электрооптический КПД (%)	21	19

На рис. 3 для двух направлений прокачки представлены распределения скорости газа и температуры, а на рис. 4 – коэффициента усиления. Для удобства на рисунке скорость газа изображена положительной. Из графиков видно, что изменение газодинамических параметров происходит практически линейно, за исключением узких приэлектродных областей, где имеет место более резкое изменение параметров. Это связано с интенсивным нагревом газа током положительных ионов в катодном слое разряда.

На рис. 5 и 6 представлены распределения напряженности электрического поля и концентраций заряженных частиц в катодном слое (а), положительном столбе (б) и анодном слое (в). Приэлектродные слои для удобства изображены в увеличенном масштабе. Как видно из рисунков, плотность отрицательных ионов выше плотности электронов, что говорит о важности учета отрицательных ионов при численном моделировании газоразрядных CO_2-лазеров. Газовый поток на рис. 6 направлен в противоположную сторону по сравнению с рис. 5, т.е. от катода к аноду. Уменьшение величины *E/N* вблизи катода связано с известным проявлением неоднородности положительного столба разряда в электроотрицательных газах. Эта область особенно чувствительна к скорости прокачки газа и «сдувается» потоком газа. При прокачке от катода прикатодное падение потенциала составляет 230 В, а при противоположном – 205 В.

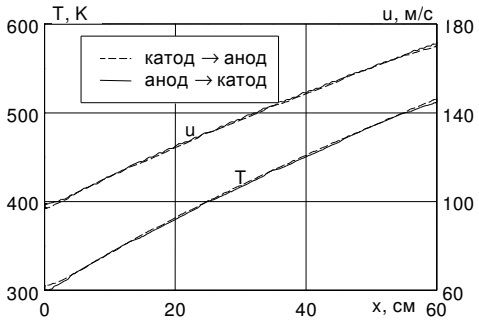


Рис. 3. Распределение скорости газа *u* и температуры *T* для двух направлений прокачки газа

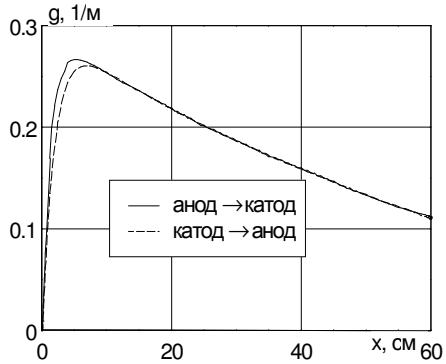


Рис. 4. Распределение коэффициента усиления *g*

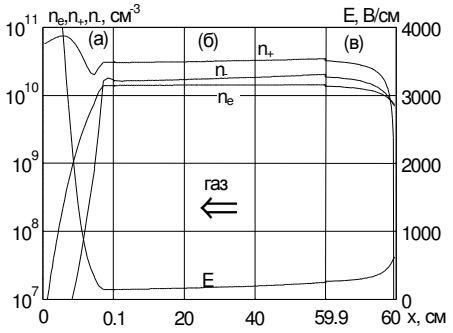


Рис. 5. Распределение концентраций электронов n_e, положительных n_+ и отрицательных n_- ионов и напряженности поля E в катодном слое (а), положительном столбе (б) и анодном слое (в)

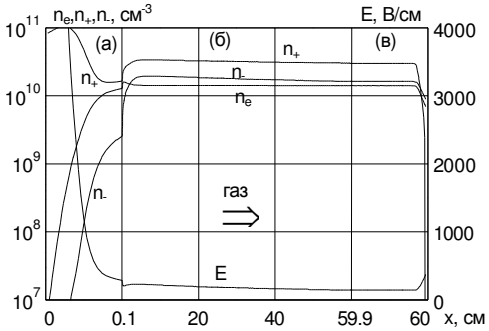


Рис. 6. То же, что на рис. 5, прокачка от катода к аноду

На рис. 7 сравниваются расчетные и экспериментальные [9] зависимости выходной мощности излучения от тока разряда. Давление газа на входе равно 30 Тор. Обращает на себя внимание хорошее соответствие экспериментальных и расчетных результатов. Вольтамперная характеристика (ВАХ) разряда для двух противоположных направлений прокачки газа представлена на рис. 8. Для направления движения газа от катода ВАХ лежит ниже, чем при противоположном направлении. Две причины могут вызвать это: первая связана с тем, что интенсивно нагревающийся в катодном слое газ поступает в область положительного столба разряда и это снижает напряженность электрического поля; вторая причина – уменьшение плотности отрицательных ионов за счет выноса их из положительного столба газовым потоком.

На рис. 9 представлена зависимость выходной мощности от скорости прокачки газа. Выходная мощность больше при прокачке газа от анода. Это главным образом объясняется тем, что большему напряжению на разряде при одном и том же токе соответствует больший энерговклад.

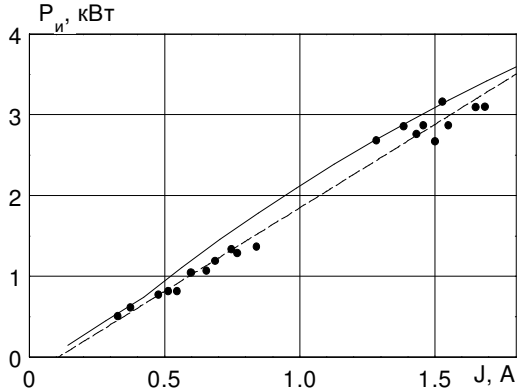


Рис. 7. Расчетная (сплошная линия) и экспериментальная (точки и штриховая линия) зависимости выходной мощности лазера $P_и$ от тока разряда

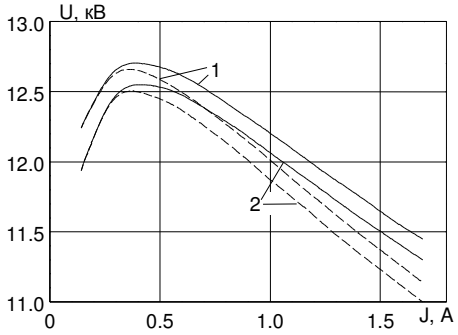


Рис. 8. Вольтамперная характеристика при направлении прокачки от анода к катоду (1) и при противоположном (2) в присутствии генерации и без генерации (штриховая линия)

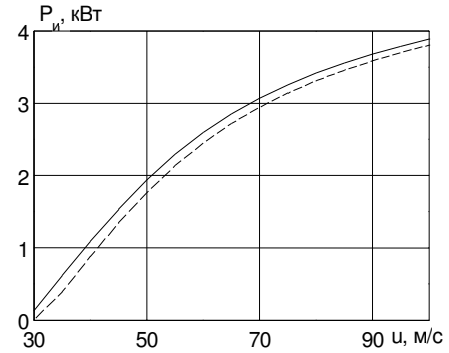


Рис. 9. Зависимости выходной мощности лазера $P_и$ от скорости газа при направлении прокачки от анода к катоду (сплошная линия) и при противоположном (штриховая линия) направлении

Следует отметить большой вклад в работу доктора физико-математических наук, ведущего научного сотрудника НииММ им. Н.Г. Чеботарева (КПФУ) Галеева Равиля Саидовича, безвременно ушедшего из жизни.

Список библиографических ссылок

1. Смит К., Томсон Р. Численное моделирование газовых лазеров. – М.: Мир, 1981. – 516 с.
2. Андерсон Дж. Газодинамические лазеры: введение. – М.: Наука, 1979. – 202 с.
3. Гордиец Б.Ф., Осипов А.И., Шелепин Л.А. Кинетические процессы в газах и молекулярные лазеры. – М.: Наука, 1980. – 512 с.
4. Лосев С.А. Газодинамические лазеры. – М.: Наука, 1977. – 336 с.
5. Сафиуллин Р.К. Математическое моделирование процессов в низкотемпературной плазме тлеющего разряда применительно к CO_2- и CO-лазерам // Диссертация на соискание ученой степени доктора физико-математических наук. – Казань: КГТУ им. А.Н. Туполева, 2006.
6. Taylor R.L., Bitterman S. // Rev. Mod. Phys., T. 41, 1969, № 1. – P. 26.
7. Арасланов Ш.Ф., Сафиуллин Р.К. Численное моделирование электроионизационного и проточного электроразрядного CO-лазеров // Квантовая электроника, т. 31, 2001, № 8. – С. 697-703.
8. Araslanov Sh.F., Safiullin R.K. Numerical simulation of flowing gas discharge and electroionized CO lasers // Asian Journal of Spectroscopy, 2001, № 1. – P. 25-33.
9. Harry J.E., Evans D.R. A large bore fast axial flow CO_2 laser // IEEE Journal of Quantum Electronics, 1988, v. 24, № 3. – P. 503-506.
10. Galeev R.S., Safiullin R.K. Numerical simulation of the processes in fast flow electric discharge CO_2 lasers // International Conference on Atomic and Molecular Pulsed Lasers V, Tomsk, September, 2003: Proceedings of SPIE, vol. 5483. – P. 214-223.

Galeev R.S. – doctor of physical-mathematical sciences
Kazan Federal University
The organization address: 420008, Russia, Kazan, Kremlyovskaya st., 18
Safiullin R.K. – doctor of physical-mathematical sciences, professor
E-mail: rksaf@mail.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Studies of fast CO_2 lasers with cylindrical and conical discharge tube

Resume

The processes in fast flow gas discharge CO_2 lasers were numerically investigated. Glow discharge, molecular vibration kinetics as well as non-equilibrium gas dynamic equations were considered. Harmonic oscillator model for molecular vibration kinetics was used. Gas discharge equations for electronegative CO_2-N_2-He-H_2O laser mixtures were employed.

Complicated system of differential equations was solved by splitting on three subsystems: the first one for gas dynamics, the second one for molecular vibration kinetics and the third – for glow discharge equations. At first, gas dynamic quantities for layer x +Δx were calculated by the method previously used for CO lasers. After that vibration kinetic quantities were obtained using implicit difference scheme with Newton iterative method. These procedures were repeated step by step from the cathode up to the anode. And then glow discharge equations were solved for the whole discharge region by matrix sweep method. To obtain self-consistent solution one needs to make up to 10 global iterations between these three subsystems.

As a result, space distributions for charged components of gas discharge plasma, as well as for gas temperature., gas velocity, gain coefficient and laser output were calculated. Good agreement with the available experimental results was achieved.

Keywords: cylindrical tube, glow discharge, CO_2 laser, harmonic oscillator.

Reference list

1. K.Smith K., Thomson R. Computer Modeling of Gas Lasers: Mir. – M., 1981. – 516 p.
2. Anderson J. Gas Dynamic Lasers: Nauka. – M., 1979. – 202 p.
3. Gordietz B.F., Osipov A.I., Shelepin L.A. Kinetic Processes in Gases and Molecular Lasers: Nauka. – M., 1980. – 512 c.
4. Losev S.A. Gas Dynamic Lasers: Nauka. – M., 1977. – 336 p.
5. Safiullin R.K. Mathematical Simulation of the Processes in Low Temperature Plasma in Glow Discharge in Connection with CO_2 and CO lasers.// Doctor Dissertation. – Kazan, KAI, 2006.
6. Taylor R.L., Bitterman S. // Rev. Mod. Phys., V. 41, 1969, № 1. – P. 26, 1969.
7. Araslanov Sh.F., Safiullin R.K. Numerical simulation of electroionisation and electric discharge gas flow CO lasers.// Sov. J. Quant. Electronics. V. 31, 2001, № 8. – P. 697-703.
8. Araslanov Sh.F., Safiullin R.K. Numerical simulation of flowing gas discharge and electroionized CO lasers. // Asian Journal of Spectroscopy 1, 2001, № 1. – P. 25-33.
9. Harry J.E., Evans D.R. A large bore fast axial flow CO_2 laser // IEEE Journal of Quantum Electronics, 1988, V. 24, № 3. – P. 503-506.
10. Galeev R.S., Safioulline R.K. Numerical simulation of the processes in fast flow electric discharge CO_2 lasers. // International Conference on Atomic and Molecular Pulsed Lasers V. – Tomsk, September 2003: Proceedings of SPIE, Vol. 5483. – P. 214-223.

УДК 532.5:621.694:519.6
Горская Т.Ю. – кандидат технических наук, доцент
E-mail: tatyana_gorskaya@mail.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1
Галимянов А.Ф. – кандидат физико-математических наук, доцент
E-mail: anis_59@mail.ru
Казанский (Поволжский) федеральный университет
Адрес организации: 420008, Россия, г. Казань, ул. Кремлевская, д. 18

Обобщенный метод Бубнова-Галеркина для уравнений с дробно-интегральным оператором

Аннотация

В работе представлены результаты теоретического обоснования применения метода Бубнова-Галеркина для нахождения численного решения уравнений с дробными интегралами Римана-Лиувилля. Задана структура численного решения и получена оценка погрешности приближенного решения по метрике энергетического пространства, порожденного оператором дробного интегрирования. Для частного случая дробно-интегрального уравнения приведена оценка сходимости приближенного решения к точному решению исходной задачи.

Ключевые слова: дробные интегралы Римана-Лиувилля, дробные интегралы Вейля, операторы дробного интегрирования.

Введение

В настоящее время весьма активно проводится изучение уравнений с дробно-интегральными операторами. Существует ряд теоретических и прикладных задач, которые приводят к необходимости решения уравнений с операторами дробного интегрирования. К таким задачам относятся задачи диффузии, электрохимических процессов. Данные задачи, как правило, точно не решаются, поэтому весьма остро стоят вопросы разработки и применения приближенных методов решения с последующим их теоретическим обоснованием для этих уравнений. Отметим, что в последнее время в научной литературе появляются работы, в которых предложены численные методы для некоторых классов уравнений (см., напр. [1-7]). Однако, несмотря на достигнутый успех в этом направлении, остается открытым вопрос теоретического обоснования применения приближенных методов для более общего класса подобных задач.

В работе предлагается обобщенный метод Бубнова-Галеркина для нахождения приближенного решения дробно-интегральных уравнений. Получены оценки сходимости приближенного решения к точному решению по метрике энергетического пространства, порожденного дробно-интегральным оператором. Построенный вычислительный метод проиллюстрирован на частном примере и приведена оценка метода.

Постановка задачи

Рассмотрим уравнение:

$$I^{(\alpha)}u + Tu = f, u, f \in L_2[0,2\pi], \tag{1}$$

где $I^{(\alpha)} = \frac{\left(I_+^{(\alpha)} + I_-^{(\alpha)}\right)}{2\cos\left(\frac{\alpha\pi}{2}\right)}$ выражается с помощью операторов дробного интегрирования $I_{\pm}^{(\alpha)}$, определяемых для дробных интегралов Вейля для функций $\varphi(x) \in L_1(a,b)$, по формулам:

$$\left(I_{a+}^{(\alpha)}\varphi\right)(x) \stackrel{\text{def}}{=} \frac{1}{(\alpha)}\int_a^x \frac{\varphi(t)dt}{(x-t)^{1-\alpha}}, x > a, \tag{2}$$

$$\left(I_{b-}^{(\alpha)}\varphi\right)(x) \stackrel{\text{def}}{=} \frac{1}{(\alpha)}\int_x^b \frac{\varphi(t)dt}{(x-t)^{1-б}}, x < b,$$

здесь $\alpha>0$. Интегралы (2) принято называть также дробными интегралами Римана-Лиувилля порядка α, левосторонним и правосторонним, соответственно. u – неизвестная, а f – заданная функции из пространства $L_2[0,2p]$. T – некоторый оператор, для которого $\left(I^{(\delta)}+T\right)$ – линейный оператор, и, в общем случае неограниченный и не положительно определенный.

Заметим, что обычная форма I_+^δ, I_-^δ (2) дробного интегрирования по Риману-Лиувиллю оказывается неудобной в теории тригонометрических рядов, имеющих дело с периодическими функциями. Так как дробное интегрирование не обладает свойством переводить периодические функции в периодические. Поэтому, принято пользоваться другим определением дробного интегрирования, предложенным Г.Вейлем, согласно которому, оператор $I^{(\delta)}$ действует по правилу:

$$I^{(\delta)}u \sim \sum_{k=-\infty}^{\infty} \frac{u_k}{|k|^\delta} e^{ikx}. \tag{3}$$

Здесь u_k – суть коэффициентов Фурье для функции u.

Для оператора (3) справедливы следующие леммы.

Лемма 1. $I^{(\delta)}$ – положительно определенный оператор.

Доказательство. Известно [8], что $I^{(\delta)}$ будет положительно определенным оператором, если выполняется условие: $\left(I^{(\delta)}u,u\right)>0$. Кроме того, система e^{ikx} полна в пространстве $L_2[0,2p]$, то справедливо:

$$\left(I^{(\delta)}u,u\right)=\sum_{k=-\infty}^{\infty}\left(I^{(\delta)}u,e^{ikx}\right)(u,e^{ikx})=\sum_{k=-\infty}^{\infty}\frac{u_k^2}{|k|^\delta}>0.$$

Что и требовалось доказать.

Лемма 2. $I^{(\delta)}$ – симметричный оператор.

Доказательство. Рассмотрим скалярное произведение $I_+^\delta u$ и v для любых $u,v\in L_2[0,2p]$:

$$\left(I_+^\delta u,v\right)=\frac{1}{2p}\int_0^{2p}\frac{1}{2p}\int_0^{2p}u(x-t)\sum_{k=-\infty}^{\infty}\frac{e^{ikx}}{(ik)^\delta}dt\,v(x)dx=$$

$$=-\frac{1}{2p}\int_0^{2p}\frac{1}{2p}\int_x^{x-2p}u(t)\sum_{k=-\infty}^{\infty}\frac{e^{ik(x-t)}}{(ik)^\delta}dt\,v(x)dx=$$

$$=\frac{1}{2p}\int_0^{2p}\frac{1}{2p}\int_0^{2p}v(x)\sum_{k=-\infty}^{\infty}\frac{e^{ikx}}{(-ik)^\delta}dx\,u(t)dt=\left(u,I_-^\delta v\right).$$

Аналогично для I_-^δ имеем: $\left(I_-^\delta u,v\right)=\left(u,I_+^\delta v\right)$.

Так как оператор $I^{(\delta)}$ является суммой симметричных операторов I_+^δ и I_-^δ, то он является также симметричным оператором.

Введем скалярное произведение и норму:

$$[u,v]=\left(I^{(\delta)}u,v\right),[u]=\left(I^{(\delta)}u,u\right)^{1/2}.$$

Скалярное произведение будет иметь вид:

$$[u,v]=\left(I^{(\delta)}u,v\right)=\frac{1}{2p}\int_0^{2p}\sum_{k=-\infty}^{\infty}\frac{u_k e^{ikx}}{|k|^\delta}v(x)dx=\sum_{k=-\infty}^{\infty}\frac{u_k v_k}{|k|^\delta}$$

Пополняя $D(I^{(\delta)})$ по введенной норме, получим энергетическое пространство, обозначим которое, согласно [8], через H_I.

Умножая исходное уравнение (1) на произвольную функцию $v\in D(I^{(\delta)})$, получим следующее уравнение:

$$[u,v]+(Tu,v)=(f,v). \tag{4}$$

Уравнение (4) допускает обобщённую постановку задачи. Обобщенным решением уравнения (1) назовем функцию $u\in H_I$, удовлетворяющую уравнению (4) для любой функции $v\in H_I$.

Метод Бубнова-Галеркина

Согласно методу Бубнова-Галеркина, в энергетическом пространстве H_I выбирается система базисных функций $u_j, j = 1..N$. Приближенное решение ищется в виде полинома по выбранной системе базисных функций в виде:

$$u_N = \sum_{i=1}^{N} a_j u_j. \quad (5)$$

Неизвестные коэффициенты a_j определяются из системы уравнений вида:

$$[u_N, u_k] + (Tu_N, u_k) = (f, u_k), k = 1 \dots N. \quad (6)$$

Учитывая представление (5) и линейность введенного и обыкновенного скалярных произведений, получаем следующую систему линейных алгебраических уравнений:

$$\sum_{j=1}^{N} a_j \left[u_j, u_k\right] + \sum_{j=1}^{N} a_j \left(Tu_j, u_k\right) = \left(f, u_k\right), k = 1 \dots N. \quad (7)$$

Теорема 1. Пусть 1) уравнение (1) имеет единственное решение при данной правой части. 2) Форма $L(u,v) = [u,v] + (Tu,v)$ является $H_I -$ определенной и $H_I -$ ограниченной, т.е. выполняются условия:

$$L(u,u) \geq \varepsilon_0^2 [u]^2, L(u,v) \leq \varepsilon_1^2 [u][v], \varepsilon_0, \varepsilon_1 \equiv const.$$

3) Последовательность подпространств $H_N -$ линейных оболочек функций $u_j, j = 1..N -$ является предельно плотной в H_I.

Тогда при любом конечном *N* система (6) однозначно разрешима и приближенное решение u_N сходится к точному решению *и* при $N \to \infty$ по метрике $[\cdot]$ и справедлива оценка погрешности:

$$[u - u_N] \leq ce(u,N),$$

где $e(u,N) -$ заданная функция от N (оценка погрешности аппроксимации), удовлетворяющая неравенству:

$$\min_{c_j} \left\| I^{(\sigma)} \left(u - \sum_{j=1}^{N} c_j u_j \right) \right\| \leq e(u,N).$$

Частный случай

Рассмотрим частный случай уравнения (1). В качестве оператора T возьмем следующий интегральный оператор:

$$(Tu)(x) = \frac{1}{2p} \int_0^{2p} h(t,x) u(t) dt.$$

Будем считать, что он обладает необходимыми свойствами.

В качестве базисных функций выберем $e^{ikx}, k = -N..N$. Приближенное решение будем искать в виде:

$$u_N = \sum_{j=-N}^{N} a_j e^{ijx}.$$

Тогда слагаемые в системе (7) преобразуются в виде:

$$\sum_{j=-N}^{N} a_j \left[u_j, u_k\right] = \frac{a_k}{|k|^{\sigma}},$$

$$\sum_{j=-N}^{N} a_j \left(Tu_j, u_k\right) = \sum_{j=-N}^{N} a_j \left(h_j, u_k\right) = \sum_{j=-N}^{N} a_j h_{-j,k}.$$

Следовательно, система (7) запишется как:

$$\frac{a_k}{|k|^{\sigma}} + \sum_{j=-N}^{N} a_j h_{-j,k} = f_k, k = 1..N.$$

Что будет соответствовать матричному уравнению:

$$\begin{pmatrix} \frac{1}{|N|^{\sigma}} + h_{N,-N} \dots & h_{j,-N} & \dots\ h_{-N,-N} \\ h_{k,-N} & \dots\ \frac{1}{|N|^{\sigma}} + h_{k,-N} & \dots\ h_{k,-N} \\ h_{N,N} \ \dots & h_{j,N} & \dots\ \frac{1}{|N|^{\sigma}} + h_{-N,N} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} a_{-N} \\ \vdots \\ a_N \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} f_{-N} \\ \vdots \\ f_N \end{pmatrix}.$$

Оценка погрешности в этом случае примет вид:

$$\min_{c_j} \left\| I^{(\delta)} \left(u - \sum_{j=1}^{N} c_j e^{ijx} \right) \right\| \le e(u, N).$$

Список библиографических ссылок

1. Marinov T.M., Ramirez N., Santamaria F. Fractional integration toolbox // Fractional Calculus and Applied Analysis, 2013. V. 16, № 3. – P. 670-681.
2. Barton T.A., Purnaras I.K. *Lp*-solutions of singular integro-differential equations // J. Math. Anal. Appl., 2012, № 386. – P**.** 830-841.
3. Zhu L., Fan Q. Numerical solution of nonlinear fractional-order Volterra integro-differential equations by SCW // Commun Nonlinear Sci Numer Simulat, 2013, № 18. – P. 1203-1213.
4. Ma X., Huang X. Ma, Huang C. Numerical solution of fractional integro-differential equations by a hybrid collocation method // Applied Mathematics and Computation, 2013, № 219. – P. 6750-6760.
5. Saeed R. K., Ahmed C. Approximate solution for the system of non-linear Volterra integral equations of the second kind by using block-by-block method // Australian Journal of Basic and Applied Sciences, 2008, V. 2, №. 1. – P. 114-124.
6. Горская Т.Ю., Ожегова А.В. О сходимости проекционного метода для уравнения задачи движения // Известия КГАСУ, 2013, 2(24). – С. 112-126.
7. Галимянов А.Ф., Сафиуллина Д.Э. Квадратурный метод решения интегрального уравнения смешанного типа. // Изв. Вузов. Математика, 2009, № 12. – С. 22-27.
8. Марчук Г.И., Агошков В.И. Введение в проекционно-сеточные методы. – М.: Наука, 1981. – 416 с.

Gorskaya T.Yu. – candidate of technical sciences, associate professor
E-mail: tatyana_gorskaya@mail.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1
Galimyanov A.F. – candidate of physical-mathematical sciences, associate professor
E-mail: anis_59@mail.ru
Kazan (Volga) Federal University
The organization address: 420008, Russia, Kazan, Kremlevskaya st., 18

The generalized Bubnov-Galerkina's method for the equations with the fractional and integrated operator

Resume

Now studying of the equations with fractional and integrated operators is very actively carried out. There is a number of theoretical and applied tasks which result in need of the solution of the equations with operators of fractional integration. Problems of diffusion, electrochemical processes belong to such tasks. These problems, as a rule, precisely aren't solved therefore very are particularly acute questions of development and application of approximate methods of the decision with the subsequent their theoretical justification for these equations.

In work Bubnova-Galerkin's generalized method for finding of the approximate solution of the fractional and integrated equations is offered. The type of the numerical decision is defined and estimates of convergence of the approximate decision to the exact decision about metrics of the power space made by the fractional and integrated operator are received. The constructed computing method is illustrated on a private example, and the assessment of a method is given.

Keywords: Rimana-Liouville's fractional integrals, Veyl's fractional integrals, operators of fractional integration.

Reference list

1. Marinov T.M., Ramirez N., Santamaria F. Fractional integration toolbox // Fractional Calculus and Applied Analysis, 2013, V. 16, № 3. – P. 670-681.
2. Barton T.A., Purnaras I.K. *Lp*-solutions of singular integro-differential equations // J. Math. Anal. Appl., 2012, № 386. – P**.** 830-841.
3. Zhu L., Fan Q. Numerical solution of nonlinear fractional-order Volterra integro-differential equations by SCW // Commun Nonlinear Sci Numer Simulat, 2013, № 18. – P. 1203-1213.
4. Ma X., Huang X. Ma, Huang C. Numerical solution of fractional integro-differential equations by a hybrid collocation method // Applied Mathematics and Computation, 2013, № 219. – P. 6750-6760.
5. Saeed R. K., Ahmed C. Approximate solution for the system of non-linear Volterra integral equations of the second kind by using block-by-block method // Australian Journal of Basic and Applied Sciences, 2008, V. 2, № 1. – P. 114-124.
6. Gorskaya T.Ur., Ozhegova A.V. On the convergence of the projection method for an equation of the goals of the movement // News of the KSUAE, 2013, № 2 (24). – P. 112-126.
7. Galimyanov A.F., Saifullina D.E. Quadrature method for solving integral equations of mixed type // Math. Universities. Mathematics, 2009, № 12. – P. 22-27.
8. Marchuk G.I., Agoshkov V.I. Introduction in grid projection methods. – M.: Science, 1981. – 416 p.

УДК 614.849
Колодяжный С.А. – кандидат технических наук, профессор, ректор
E-mail: rector@vgasu.vrn.ru
Переславцева И.И. – старший преподаватель
E-mail: u00105@vgasu.vrn.ru
Воронежский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 394006, Россия, г. Воронеж, ул. 20-летия Октября, д. 84

Математическое моделирование динамики основных опасных факторов в начальной стадии пожара

Аннотация

На любом объекте должна быть обеспечена безопасная эвакуация людей до наступления опасными факторами пожара своих предельно-допустимых значений. Массовая эвакуация людей из помещений горящего здания проводится на начальной стадии развития пожара. Определяющим фактором критического времени эвакуации на данной стадии является задымленность помещений.

Данная работа рассматривает интегральную математическую модель пожара, состоящую из пяти дифференциальных уравнений и конечного равенства. Из условия начальной стадии пожара были приняты некоторые допущения. В результате этого получены аналитические формулы для определения времени достижения предельных значений по температуре, концентрации кислорода и токсичных газов в помещении с очагом пожара, а также формула для определения критического времени эвакуации по потере видимости в помещениях, смежных с очагом пожара.

Ключевые слова: опасный фактор пожара, интегральная модель пожара, начальная стадия пожара, критическое время эвакуации.

Введение. Одной из главных составляющих частей системы безопасности зданий и сооружений является обеспечение безопасной эвакуации людей в случае возникновения пожара. Этот вопрос в нашей стране остается до конца не решенным. Данные Центра пожарной статистики (Center of Fire Statistics of CTIF) [1], который располагает информацией о 85 странах и более чем 100 крупнейших городах мира, утверждают, что Россия стоит на первом месте в мире по числу погибших при пожарах. Основной причиной гибели людей при пожарах является отравление продуктами горения, то есть большое количество погибших в большинстве случаев обусловлено тем, что люди не успевают эвакуироваться из здания [2]. При возникновении пожара опасными факторами помимо непосредственно пламени и искр являются тепловой поток, снижение видимости в дыму, повышение температуры окружающей среды, понижение концентрации кислорода и повышение концентраций токсичных продуктов горения и термического разложения [3]. В условиях протекания пожара определяющими могут быть одни или другие факторы, однако при пожаре на человека одновременно воздействуют все опасные факторы. В методике [4] приведены предельно допустимые значения опасных факторов пожара. Предельное значение по повышенной температуре составляет 70^0С. По тепловому потоку – 1400 Вт/м^2. Нормальное содержание кислорода в воздухе составляет 0,226 кг/м^3. При понижении этого значения вдвое нарушается деятельность легочной и сердечно-сосудистой систем человека, а при понижении в 3 раза дыхание останавливается и прекращает работу сердце. По каждому из токсичных газообразных продуктов горения приведены свои предельно допустимые значения: для диоксида углерода – 0,11 кг/м^3; для оксида углерода – $1{,}16\cdot10^{-3}$ кг/м^3; для хлороводорода – $23\cdot10^{-6}$ кг/м^3. Предельно допустимое значение оптической плотности дыма определяется из уравнения:

$$\mu_{кр} = 2{,}38 / l_{кр}\,, \qquad (1)$$

где μ – оптическая плотность дыма, Нп/м;
$l_{кр}$ – расстояние критической видимости, м.

Для определения времени блокирования путей эвакуации опасными факторами пожара необходимо рассчитать время достижения каждым опасным фактором пожара своего предельно допустимого значения на путях эвакуации. В помещениях общественных зданий при возникновении пожара, который не сопровождающегося взрывом, основная эвакуация людей проводится на начальной стадии развития пожара. Характерным для данной стадии является то, что в этот период резких изменений таких опасных для человека факторов, как температура, концентрация токсичных газов и кислорода не происходит. Особенно это касается помещений, смежных с тем, где непосредственно находится очаг пожара. В этом случае время эффективной эвакуации людей из здания будет определяться временем достижения предельно допустимого значения плотности дыма в помещениях, из которых проводится эвакуация. Это связано с тем, что данный фактор оказывает значительное психологическое воздействие на человека вплоть до паники, а также в большинстве случаев затрудняет ориентацию при определении путей эвакуации из здания [5, 6].

Разрешающая система обыкновенных дифференциальных уравнений. Изменения во времени параметров состояния воздушной среды в помещении с очагом возгорания описываются различными математическими моделями. Наиболее распространенным является интегральный подход, разработанный профессором Кошмаровым Ю.А. [7, 8] и получивший дальнейшее развитие в работах его учеников. Интегральный подход, описывающий состояния среды, дает возможность не рассматривать отдельные неоднородные поля с различающимися термодинамическими параметрами состояния, при этом состояние газовой среды описывается в самом общем виде. Интегральная модель пожара рассматривает изменение во времени средних значений параметров состояния среды в помещении: $p_{ср}$ – среднеобъемное давление, Н·м^2; $T_{ср}$ – среднемассовая температура, К; $\rho_{ср}$ – среднеобъемная плотность газовой среды в целом, кг/м^3; $\rho_{ср}^{O_2}$ – среднеобъемная плотность кислорода, кг/м^3; $\rho_{ср}^{т.г.}$ – среднеобъемная плотность токсичных газов, кг/м^3; $\mu_{ср}$ – среднеобъемная оптическая плотность дыма, Нп/м.

Разрешающая система в соответствии с принятой интегральной моделью пожара состоит из пяти обыкновенных дифференциальных уравнений и одного конечного равенства.

Из закона сохранения массы для газовой среды вытекает первое уравнение: изменение массы газовой среды в помещении за единицу времени равно алгебраической сумме масс поступающих и уходящих потоков. Уравнение материального баланса для газовой среды в помещении имеет вид:

$$\frac{d(\rho_{ср}V)}{d\tau} = \psi + G_{вх} - G_{вых}, \qquad (2)$$

где V – объем помещения, м^3;

$\rho_{ср}V$ – масса газа, заполняющего объем V, кг;

ψ – скорость выгорания (количество сгорающего за единицу времени горючего материала), кг/с;

$G_{вх}$, $G_{вых}$ – расходы входящего воздуха и выходящих из помещения газов в рассматриваемый момент времени соответственно, кг/с.

Уравнение энергии пожара (второе уравнение) выводится на основе первого закона термодинамики. При этом предполагаем, что термодинамической системой работа расширения не совершает. Кинетическая энергия движения газовой среды в помещении по отношению к ее потенциальной энергии сравнительно мала. При прохождении потоков через проемы удельная кинетическая энергия газа пренебрежимо мала в сравнении с удельной энтальпией. В результате получаем уравнение:

$$\frac{1}{k-1}\frac{d(p_{ср}V)}{d\tau} = \eta Q_н^p \psi + i_э \psi + c_{рвх} T_{вх} G_{вх} - c_p k_{вых} T_{ср} G_{вых} - Q_{о.к.}, \qquad (3)$$

где $k=c_p/c_v$ – показатель адиабаты, отношение изобарной и изохорной теплоемкостей идеального газа;

$Q_н^p$ – теплота сгорания, Дж/кг;

$i_э$ – энтальпия продуктов газификации горючего материала, Дж/кг;

$c_{рвх}$, c_p – изобарные теплоемкости поступающего воздуха и идеального газа соответственно, Дж/кг·К;

$T_{вх}$ – температура входящего воздуха, К;

$k_{вых}$ – коэффициент, учитывающий отличие изобарной теплоемкости уходящих газов от идеального;

$Q_{о.к.}$ – тепловой поток, поглощаемый ограждающими конструкциями и излучаемый через проемы, Дж/с.

Дифференциальные уравнения баланса оптического количества дыма, баланса токсичных продуктов горения и баланса массы кислорода записываются аналогично уравнению (2).

Уравнение баланса оптического количества дыма:

$$\frac{d(\mu_{ср}V)}{d\tau} = D\psi - \frac{\mu_{ср}k_{\partial}}{\rho_{ср}}G_{вых} - k_c S_{о.к.}, \qquad (4)$$

где D – дымообразующая способность горючего материала, Нп·м^2/кг;

$D\psi$ – оптическое количество дыма, Нп·м^2/с;

k_{∂} – коэффициент, учитывающий отличие оптической концентрации дыма в уходящих газах от $\mu_{ср}$;

k_c – коэффициент седиментации частиц дыма на поверхности ограждающих конструкций, Нп/с;

$S_{о.к.}$ – площадь поверхности ограждающих конструкций (стен, потолка, пола), м^2.

Уравнение баланса токсического продукта горения:

$$\frac{d(\rho_{ср}^{т.г.}V)}{d\tau} = k_{см}^{т.г.}\psi\eta - k_{т.г.}\frac{\rho_{ср}^{т.г.}}{\rho_{ср}}G_{вых}, \qquad (5)$$

где $k_{см}^{т.г.}$ – стехиометрический коэффициент для продуктов горения, который определяет количество выделяемых токсичных газов при сгорании единицы массы горючего материала, кг/кг;

$k_{т.г.}$ – коэффициент, учитывающий отличие концентрации токсичных продуктов горения в уходящих газах от среднеобъемной концентрации токсичных газов $\rho_{ср}^{т.г.}$.

Отношение $\rho_{ср}^{т.г.}/\rho_{ср}$ определяет среднюю массовую долю токсичного газа в помещении.

Уравнение баланса массы кислорода:

$$\frac{d(\rho_{ср}^{O_2}V)}{d\tau} = \frac{\rho^{O_2}}{\rho}G_{вх} - k_{O_2}\frac{\rho_{ср}^{O_2}}{\rho_{ср}}G_{вых} - k_{см}^{O_2}\psi\eta, \qquad (6)$$

где ρ^{O_2}/ρ – средняя массовая доля кислорода в поступающем воздухе;

$\rho_{ср}^{O_2}/\rho_{ср}$ – средняя массовая доля кислорода в помещении;

k_{O_2} – коэффициент, учитывающий отличие концентрации кислорода в уходящих газах от среднеобъемной концентрации кислорода $\rho_{ср}^{O_2}$;

$k_{см}^{O_2}$ – стехиометрический коэффициент для кислорода, определяющий необходимое количество кислорода для сгорания массы горючего материала, кг/кг;

η – коэффициент полноты сгорания.

Система пяти дифференциальных уравнений (2)-(6) относительно шести неизвестных функций $\rho_{ср}(\tau)$, $p_{ср}(\tau)$, $T_{ср}(\tau)$, $\mu_{ср}(\tau)$, $\rho_{ср}^{O_2}(\tau)$, $\rho_{ср}^{т.г.}(\tau)$ замыкается усредненным алгебраическим уравнением состояния газовой среды в помещении

$$p_{ср} = \rho_{ср}RT_{ср}, \qquad (7)$$

где R – газовая постоянная, Дж/кг·К.

Данное уравнение связывает между собой три усредненных параметра состояния газовой среды аналогично тому, как связывает уравнение Клайперона локальные значения основных термодинамических параметров состояния: температуру, давление, плотность.

Константы интегрирования дифференциальных уравнений (2)-(6) определяются из начальных условий до развития пожара в помещении:

$$\rho_{ср}(0)=\rho_0\,,\ p_{ср}(0)=p_0\,,\ \mu_{ср}(0)=0\,,\ \rho_{ср}^{O_2}(0)=\rho_0^{O_2}\,,\ \rho_{ср}^{т.г.}(0)=0\,. \qquad (8)$$

Некоторые параметры, входящие в уравнения (2)-(7) такие, как площадь ограждающих элементов $S_{о.к.}$; объем помещения V; стехиометрические коэффициенты $k_{см}^{O_2}$, $k_{см}^{т.г.}$; теплота сгорания горючего материала $Q_н^p$, его дымообразующая способность D и энтальпия продуктов газификации $i_э$ однозначно являются определенными физическими величинами. Другие, входящих в те же уравнения величины: массовый расход входящего воздуха $G_{вх}$; массовый расход выходящих из помещения газов $G_{вых}$; тепловой поток, поглощаемый ограждающими конструкциями и излучаемый через проемы $Q_{о.к}$; коэффициент η полноты сгорания; скорость выгорания ψ зависят от параметров состояния среды в помещении. С целью вычисления значений этих физических величин необходимо привлечение дополнительных уравнений из теорий горения, конвективного и лучистого теплообмена, газообмена между смежными помещениями.

Упрощение уравнений интегральной математической модели в начальной стадии пожара. Массовая эвакуация людей в случае возникновения пожара проходит в его начальной стадии. В это время в помещениях при относительно небольшом количестве проемов поступление воздуха из окружающей среды практически отсутствует, а значит, газообмен происходит, как правило, в одном направлении. Следовательно, для дифференциальных уравнений (2)-(6) можно положить $G_{вх}$=0. В свою очередь, в помещениях общественных зданий даже при наличии небольшого количества проемов среднее давление среды практически не меняется и равно давлению наружного воздуха. Тогда, из формулы (7):

$$\rho_{ср}T_{ср}=\rho_0T_0=const;\ \ dp_{ср}/d\tau=0,$$

где ρ_0, T_0 – плотность и температура среды до начала пожара.

Кроме этого, концентрация кислорода и средняя температура в помещениях в начальной стадии пожара изменяются незначительно. Соответственно, дымообразующую способность горючего материала D и коэффициент полноты сгорания η в данный период можно считать постоянными. Объем охваченного пожаром помещения, V = *const*; коэффициенты $k_д$=1, k_{O_2}=1, $k_{т.г.}$=1, $k_{вых}$=1.

Ввиду вышеперечисленных допущений уравнения пожара (2)-(6) принимают вид:

$$V\frac{d\rho_{ср}}{d\tau}=\psi-G_{вых}\,, \qquad (9)$$

$$\eta Q_н^p\psi+i_э\psi-c_pT_{ср}G_{вых}-Q_{о.к.}=0\,, \qquad (10)$$

$$V\frac{d\mu_{ср}}{d\tau}=D\psi-\frac{\mu_{ср}}{\rho_{ср}}G_{вых}-k_cS_{о.к.}\,, \qquad (11)$$

$$V\frac{d\rho_{ср}^{O_2}}{d\tau}=-\frac{\rho_{ср}^{O_2}}{\rho_{ср}}G_{вых}-k_{см}^{O_2}\psi\eta\,, \qquad (12)$$

$$V\frac{d\rho_{ср}^{т.г.}}{d\tau}=k_{см}^{т.г.}\psi\eta-\frac{\rho_{ср}^{т.г.}}{\rho_{ср}}G_{вых}\,. \qquad (13)$$

Алгебраическое уравнение энергии пожара (10), выведенное в результате упрощений, позволяет получить формулу расхода выходящих из помещения газов в рассматриваемый момент времени. В свою очередь в течение времени, относящегося к начальной стадии пожара, можно положить, что отношение теплового потока, поглощаемого ограждающими конструкциями и излучаемого через проемы, к тепловыделению в процессе горения есть величина постоянная:

$$\frac{Q_{о.к.}}{\eta Q_н^p\psi}=\varphi=const\,.$$

Величина φ в соответствии с [4] называется коэффициентом теплопотерь. Тогда уравнение (1.10) примет вид:

$$\eta Q_н^p \psi(1-\varphi) + i_э \psi - c_p T_{ср} G_{вых} = 0 .$$

Откуда получим выражение для секундного расхода выталкиваемых при горении газов:

$$G_{вых} = \frac{\eta Q_н^p (1-\varphi) + i_э}{c_p T_{ср}} \psi . \quad (14)$$

Учитывая условие $\rho_{ср} T_{ср} = \rho_0 T_0$, принятое выше, равенство (14) можно записать в виде:

$$G_{вых} = \frac{\eta Q_н^p (1-\varphi) + i_э}{c_p \rho_0 T_0} \psi \rho_{ср} . \quad (15)$$

С учетом равенства (15) уравнения (9) и (11)-(13) принимают вид:

$$V \frac{d\rho_{ср}}{d\tau} = \psi \left[1 - \frac{\eta Q_н^p (1-\varphi) + i_э}{c_p \rho_0 T_0} \rho_{ср} \right], \quad (16)$$

$$V \frac{d\mu_{ср}}{d\tau} = \psi \left[D - \frac{\eta Q_н^p (1-\varphi) + i_э}{c_p \rho_0 T_0} \mu_{ср} \right] - k_c S_{о.к.} , \quad (17)$$

$$V \frac{d\rho_{ср}^{O_2}}{d\tau} = -\psi\eta \left[k_{см}^{O_2} + \frac{Q_н^p (1-\varphi) + i_э}{c_p \rho_0 T_0} \rho_{ср}^{O_2} \right], \quad (18)$$

$$V \frac{d\rho_{ср}^{т.г.}}{d\tau} = \psi\eta \left[k_{см}^{т.г.} - \frac{Q_н^p (1-\varphi) + i_э}{c_p \rho_0 T_0} \rho_{ср}^{т.г.} \right]. \quad (19)$$

В результате получена система дифференциальных уравнений, которая не является связанной, поэтому возможно решение каждого из этих уравнений искать отдельно.

Функция ψ, имеющаяся в уравнениях (15)-(19) может иметь различный вид в зависимости от того, как распространяется пожар [8].

В случае, когда пожар распространяется по поверхности твердых горючих материалов по кругу:

$$\psi = \pi \psi_{уд} v_л^2 \tau^2 , \quad (20)$$

где $\psi_{уд}$ – удельная массовая скорость выгорания, кг/м^2·с;
$v_л$ – линейная скорость распространения пламени, м/с.

Масса горючих материалов, сгоревших к моменту времени τ при этом будет равна:

$$M_\tau = \int_0^\tau \psi d\tau = \frac{\pi}{3} \psi_{уд} v_л^2 \tau^3 . \quad (21)$$

Если пламя распространяется по полосе шириной b м:

$$\psi = b \psi_{уд} v_л \tau , \quad (22)$$

$$M_\tau = \int_0^\tau \psi d\tau = \frac{b}{2} \psi_{уд} v_л \tau^2 . \quad (23)$$

Представляя одним равенством формулы (21) и (23), получим:

$$M_\tau = A \tau^n , \quad (24)$$

где $A = \frac{\pi}{3} \psi_{уд} v_л^2$, $n = 3$ – при круговом распространении пламени;

$A = b \psi_{уд} v_л$, $n = 2$ – при распространении пламени полосой.

Определение времени достижения предельных значений по температуре, концентрации кислорода и токсичных газов. Уравнения с разделяющимися переменными (16), (18), (19) позволяют определить критическую продолжительность пожара в помещении с очагом возгорания по условиям достижения такими опасными факторами пожара, как температуры, концентраций кислорода и токсичных газов своих предельно допустимых значений.

Введем следующее формальное обозначение:

$$C = \frac{\eta Q_н^p (1-\varphi) + i_э}{c_p \rho_0 T_0}. \quad (25)$$

Тогда уравнение (16) примет вид:

$$V \frac{d\rho_{ср}}{d\tau} = \psi\left[1 - C\rho_{ср}\right]. \quad (26)$$

Разделяя переменные и интегрируя части равенства в соответствующих пределах, учитывая равенство (24) получим:

$$\int_{\rho_0}^{\rho_{ср}} \frac{d\rho_{ср}}{1 - C\rho_{ср}} = \frac{1}{V}\int_0^{\tau} \psi d\tau = \frac{A}{V}\tau^n. \quad (27)$$

В итоге закон изменения средней плотности газовой среды в целом примет вид:

$$\rho_{ср} = \frac{1}{C} - \left(\frac{1}{C} - \rho_0\right) \cdot e^{-\frac{AC}{V}\tau^n}. \quad (28)$$

Отсюда, учитывая равенство $\rho_{ср}T_{ср}=\rho_0 T_0$, принятое выше, получаем уравнение, описывающее изменение средней температуры от времени:

$$T_{ср} = \frac{C\rho_0 T_0}{1 - (1 - C\rho_0) \cdot e^{-\frac{AC}{V}\tau^n}}. \quad (29)$$

Из уравнения (29) можно получить критическую продолжительность пожара в помещении с очагом возгорания при достижении предельно допустимого значения по температуре $T_{кр}$:

$$\tau_{кр}^T = \sqrt[n]{\frac{V}{AC} \ln \frac{T_{кр}(1 - C\rho_0)}{T_{кр} - C\rho_0 T_0}}. \quad (30)$$

Учитывая равенство (24), разделяем переменные и интегрируем в соответствующих пределах левую и правую части уравнения (18):

$$\int_{\rho_0^{O_2}}^{\rho_{ср}^{O_2}} \frac{d\rho_{ср}^{O_2}}{k_{см}^{O_2} + C\rho_{ср}^{O_2}} = -\frac{\eta}{V}\int_0^{\tau} \psi d\tau = -\frac{\eta A}{V}\tau^n. \quad (31)$$

Откуда получаем закон изменения среднеобъемной концентрации кислорода в помещении от времени:

$$\rho_{ср}^{O_2} = \frac{1}{C}\left[\left(k_{см}^{O_2} + C\rho_0^{O_2}\right) \cdot e^{-\frac{AC\eta}{V}\tau^n} - k_{см}^{O_2}\right]. \quad (32)$$

Из уравнения (32) определим критическую продолжительность пожара в помещении с очагом возгорания при достижении предельно допустимого значения концентрации по кислороду $\rho_{кр}^{O_2}$:

$$\tau_{кр}^{O_2} = \left[\frac{V}{AC\eta} \ln\left(\frac{k_{см}^{O_2} + C\rho_0^{O_2}}{k_{см}^{O_2} + C\rho_{кр}^{O_2}}\right)\right]^{1/n}. \quad (33)$$

Разделим переменные и проинтегрируем в соответствующих пределах с учетом уравнения (24) левую и правую части уравнения (19):

$$\int_0^{\rho_{ср}^{т.г.}} \frac{d\rho_{ср}^{т.г.}}{k_{см}^{т.г.} - C\rho_{ср}^{т.г.}} = \frac{\eta}{V}\int_0^{\tau} \psi d\tau = \frac{\eta A}{V}\tau^n. \quad (34)$$

Откуда получаем закон изменения концентрации токсичных газов в помещении от времени:

$$\rho_{ср}^{т.г.} = \frac{k_{см}^{т.г.}}{C}\left[1 - e^{-\frac{AC\eta}{V}\tau^n}\right]. \quad (35)$$

Из уравнения (35) определяем критическую продолжительность пожара в помещении с очагом возгорания при достижении предельно допустимого значения по концентрации токсичных газов $\rho_{кр}^{т.г.}$:

$$\tau_{кр}^{т.г.} = \left[\frac{V}{AC\eta} \ln\left(\frac{k_{см}^{т.г.}}{k_{см}^{т.г.} - C\rho_{кр}^{т.г.}} \right) \right]^{1/n}. \quad (36)$$

Полученные законы (28), (29), (32), (35) изменения соответствующих величин от времени и моменты времени (30), (33), (36) при достижении критических значений по температуре, концентрации кислорода и токсичных газов являются действительными для помещения объемом V, в котором непосредственно находится очаг пожара. Для других помещений необходимо рассматривать процесс газообмена с учетом перепада давлений из-за различной плотности газовой среды в помещении с очагом пожара и смежных с ним.

Определение критического времени эвакуации по потере видимости. Часто задымленность помещений является определяющим фактором при определении критического времени эвакуации людей при пожаре. Период времени, в течение которого достигается критическое количество дыма в помещении с очагом пожара и смежных с ним помещениях, условно можно разделить на два интервала. Первый интервал характеризуется достижением критической концентрации дыма в помещении с очагом пожара, а второй – заполнением смежных с очагом пожара помещений насыщенной газовой смесью от потолка до определенной критической высоты от уровня пола.

Используя уравнение (17) можно определить время достижения критической концентрации дыма в помещении с очагом пожара. Отличие данного уравнения от уравнений (16), (18), (19) в том, что переменные в нем не разделяются из-за присутствия в правой части последнего члена – $k_c S_{о.к.}$. Для получения аналитического решения положим, что все частицы поступают в газовую смесь и не осаждаются на ограждающие конструкции, то есть коэффициент седиментации частиц дыма на поверхности ограждающих конструкций $k_c = 0$. Получим уравнение с разделяющимися переменными:

$$V \frac{d\mu_{ср}}{d\tau} = \psi \left[D - \frac{\eta Q_н^p (1-\varphi) + i_э}{c_p \rho_0 T_0} \mu_{ср} \right]. \quad (37)$$

Используя принятое обозначение (25), разделим переменные и проинтегрируем полученное уравнение в соответствующих пределах с учетом равенства (24):

$$\int_0^{\mu_{ср}} \frac{d\mu_{ср}}{D - C\mu_{ср}} = \frac{1}{V} \int_0^{\tau} \psi d\tau = \frac{A}{V} \tau^n. \quad (38)$$

Откуда получим закон изменения во времени плотности дыма:

$$\mu_{ср} = \frac{D}{C} \left[1 - e^{-\frac{AC}{V}\tau^n} \right]. \quad (39)$$

Из уравнения (39) можем определить период времени, за который в помещении с очагом пожара плотность дыма достигнет своего критического значения $\mu_{кр}$:

$$\tau_{кр}^{д} = \sqrt[n]{\frac{V}{AC} \ln\left(\frac{D}{D - C\mu_{кр}} \right)}. \quad (40)$$

Образующиеся при горении газы с момента времени $\tau_{кр}^{д}$ начнут выталкивать плотно задымленную газовую смесь из помещения с очагом пожара в смежные помещения (коридоры, соседние комнаты и т.д.) через проемы. Эта смесь, имея более высокую температуру, поднимется к потолку и будет заполнять смежные помещения, опускаясь к полу. Расход газов $G_{вых}$, выходящих из помещения с очагом пожара, в рассматриваемый момент времени займет некоторый объем $V_{вых}$, причем:

$$G_{вых} = V_{вых} \cdot \rho_{ср}. \quad (41)$$

Сравнивая уравнения (15) и (41), получаем:

$$V_{вых} = \frac{\eta Q_н^p (1-\varphi) + i_э}{c_p \rho_0 T_0} \psi. \quad (42)$$

Тогда за конечный промежуток времени τ масса выталкиваемых газов M_τ заполнит некоторый объем V_τ, определяемый уравнением:

$$V_\tau = \int_0^\tau V_{вых} d\tau = \frac{\eta Q_н^p (1-\varphi) + i_э}{c_p \rho_0 T_0} \int_0^\tau \psi d\tau \,. \quad (43)$$

Учитывая равенства (21), (23), (24) получаем:

$$V_\tau = \frac{\eta Q_н^p (1-\varphi) + i_э}{c_p \rho_0 T_0} A \tau^n \,. \quad (44)$$

Данное уравнение (44) позволяет определить промежуток времени, в течение которого газовая смесь с критической плотностью дыма заполнит критический объем $V_{кр}$ всех помещений, смежных с помещением, в котором произошел пожар. Данный объем вычисляется как произведение площади всех смежных помещений S_Σ на расчетную высоту h_p:

$$V_{кр} = S_\Sigma \cdot h_p \,, \quad (45)$$

где $h_p = h - h_{кр}$;

h – высота помещений, м;

$h_{кр}$ – критическое расстояние дымовой завесы от уровня пола, м.

Подставляя выражение (45) в уравнение (44), получаем формулу, определяющую критический промежуток времени $\tau_{кр}^V$, в течение которого плотная дымовая завеса заполнит объем $V_{кр}$:

$$\tau_{кр}^V = \sqrt[n]{\frac{c_p \rho_0 T_0 S_\Sigma h_p}{A\left[\eta Q_н^p (1-\varphi) + i_э\right]}} \,. \quad (46)$$

Окончательно с учетом формального обозначения (25) критическое время эвакуации по потере видимости принимает вид:

$$\tau_{кр} = \tau_{кр}^\partial + \tau_{кр}^V = \sqrt[n]{\frac{V}{AC} \ln\left(\frac{D}{D - C\mu_{кр}}\right)} + \sqrt[n]{\frac{S_\Sigma h_p}{AC}} \,, \quad (47)$$

где V – это объем помещения, в котором произошел пожар, м^3;

D – дымообразующая способность горючего материала, Нп·м^2/кг;

В данном выражении (47) C определяется равенством (25); $\mu_{кр}$ – равенством (1), A и n – равенством (24).

Уравнение (46) получено с предположением, что критический объем всех помещений, смежных с помещением, в котором непосредственно произошел пожар, заполнен плотной завесой дыма от потолка до критического расстояния от уровня пола без учета влияния движения эвакуируемых людей. Естественно, что их хаотичное движение вызывает смешивание верхних слоев воздуха с менее задымленными нижними слоями, что несколько снижает концентрацию дыма в верхней части помещений, а значит, незначительно увеличивая и время $\tau_{кр}^V$. Аналитический учет хаотичного движения людей, которое вызывает соответствующее хаотичное конвективное смешение газовой смеси, практически невозможен. Поэтому в практических расчетах с достаточной точностью возможно определение критического времени эвакуации по потере видимости по предложенной выше формуле.

Заключение. В результате проведенной работы получены аналитические зависимости для определения времени достижения предельных значений по температуре, концентрации кислорода и токсичных газов в помещении с очагом пожара на начальной его стадии. Авторами предложена формула для определения критического времени эвакуации по потере видимости в помещениях, смежных с помещением, в котором произошел пожар. Полученная аналитическая формула может быть использована специалистами в практике инженерных расчетов при рассмотрении проблемы безопасной эвакуации людей из помещений в случае возникновения пожара.

Список библиографических ссылок

1. Брушлинский Н.Н., Холл Дж.Р., Соколов С.И., Вагнер П. Мировая пожарная статистика // Центр пожарной статистики CTIF, 2012, № 17. – 64 с.
2. Ботнарь М.И., Дерепасов А.В., Переславцева И.И., Титков Д.Г., Яременко С.А. Анализ пожарной безопасности объектов строительства в Российской Федерации // Научное обозрение, 2013, № 9. – С. 426-430.
3. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности: федер. закон № 123-ФЗ: принят 22 июля 2008 г. – М.: НЦ ЭНАС, 2008. – 64 с.
4. Методика определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности: приказ № 382 МЧС России от 30 июня 2009 г. / ФГУ ВНИИПО МЧС России. – М., 2009. – 71 с.
5. Переславцева И.И., Яременко С.А. Экспериментальные исследования времени эвакуации групп людей по лестничным клеткам зданий и сооружений // Вестник гражданских инженеров, 2013, Вып. 5 (40). – С. 122-126.
6. Мелькумов В.Н., Кузнецов С.Н., Гулак В.В. Моделирование задымленности помещений сложной конфигурации в начальной стадии пожара // Научный вестник ВГАСУ. Строительство и архитектура, 2010, № 3. – С. 131-138.
7. Кошмаров Ю.А., Рубцов В.В. Процессы нарастания ОФП в производственных помещениях и расчет критической продолжительности пожара. – М.: МИПБ МВД России, 1998. – 90 с.
8. Кошмаров Ю.А. Прогнозирование опасных факторов пожара в помещении: Учебное пособие. – М.: Академия ГПС МВД России, 2000. – 118 с.

Kolodyazhny S.A. – candidate of technical sciences, professor, rector
E-mail: rector@vgasu.vrn.ru
Pereslavtseva I.I. – senior lecturer
E-mail: u00105@vgasu.vrn.ru
Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering
The organization address: 394006, Russia, Voronezh, 20-letiya Oktyabrya st., 84

Mathematical modeling of the dynamics of the main hazards in the initial stage of fire

Resume

Technical and space-planning the execution of any object must ensure the safe evacuation of people before the fire hazards of their maximum allowable values. Mass evacuation of the premises is carried out of a burning building in the early stages of a fire, for which there is no abrupt change in such dangerous for the human factors such as temperature, concentration of toxic gases and oxygen. Determining factor in the critical time of evacuation at this stage is indoor smoke, which drastically reduces the orientation of the people in the space and has a considerable psychological pressure.

This paper discusses an integrated mathematical model of fire, consisting of five differential equations, and the final equality. To solve the system of equations of the initial stage of fire conditions have been some assumptions: the absence of receipt of ambient air, the average pressure of the medium is constant and equal to the pressure of outside air, smoke-forming ability of combustible material and combustion efficiency are constant due to the small changes in the concentration of oxygen.

As a result of research, analytical formulas for the determination of the time to reach the limit values of the temperature, the concentration of oxygen and toxic gases in the room with a hearth fire, as well as a formula for determining the critical time of evacuation for the loss of visibility in the areas adjacent to the fire. This formula allows you to use it in the practice of engineering calculations when considering the problem of the safe evacuation of the premises in case of fire.

Keywords: fire hazards, integrated model of fire, initial stage of the fire, critical time of the evacuation.

Reference list

1. Brushlinsky N.N., Hall J.R., Sokolov S.V., Wagner P. World Fire Statistics // Center of fire statistics of CTIF, 2012, № 17. – 64 p.
2. Botnar M.I., Derepasov A.V., Pereslavtseva I.I., Titkov D.G., Yaremenko S.A. Analysis of the fire safety of construction projects in the Russian Federation // Scientific review, 2013, № 9. – P. 426-430.
3. Federal law № 123-FZ. Technical regulations on fire safety requirements. – M., 2008. – 64 p.
4. Technique of estimating design values of fire risk in buildings, facilities and structures of various classes of functional fire danger: order of the EMERCOM of Russia. – 71 p.
5. Pereslavtseva I.I. Yaremenko S.A. Experimental research of time needed for evacuation of people by staircases of buildings and structures // Bulletin of Civil Engineers, 2013, № 5 (40). – P. 122-126.
6. Melkumov V.N., Kuznetsov S.N., Gulak V.V. Modeling of smoke content in premises of complex configuration at initial stage of fire // Scientific Herald of Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering. Construction and Architecture, 2010, № 3. – P. 131-138.
7. Koshmarov Yu.A., Rubtsov V.V. The increase of fire hazards in production premises and calculation of the critical fire duration. – M., 1998. – 90 p.
8. Koshmarov Yu.A. Forecasting dangerous fire factors in the room: Training manual. Moscow, 2000. – 118 p.

УДК 69.07
Сафиуллин И.И. – студент
E-mail: insaf.safiullin@gmail.com
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

Численное моделирование ветровых воздействий на высотное здание «Лазурные небеса» (г. Казань)

Аннотация

В статье рассмотрены результаты численного моделирования ветрового воздействия на жилой комплекс «Лазурные небеса», находящийся по адресу: г. Казань, пр. А. Камалеева, д. 1, в программном комплексе «ANSYS FLUENT». Проанализированы результаты продувки модели здания в аэродинамической трубе. Также рассмотрены результаты различных вариантов загружения расчетной схемы здания в ПК «Лира». Определена доля ветровых нагрузок в напряженно-деформированном состоянии несущего каркаса.

Ключевые слова: высотное здание, численное моделирование, вычислительная гидрогазодинамика, ветровое воздействие.

Модель жилого комплекса в масштабе 1:100 была продута в аэродинамической трубе ИАТТ КГТУ им. А.Н. Туполева с последующим подробным отчетом о результатах.

После анализа отчета по испытаниям в аэродинамической трубе, было принято решение выбрать два наиболее опасных направления («угол атаки») ветра: $6{,}5^0$ и $96{,}5^0$.

Высота здания – 130 м, где 9 м – стилобат, 121 м – консоль.

Моделирование производилось на ПК Intel(R) Core(TM) i7-4770K CPU @3,5 GHz; RAM total: 32 GB; HDD total: 930 GB.

3D-модель здания была создана в графическом препроцессоре Gambit 2.4.6 с разбиением на сетку с размером ячеек от 0,5 м (вокруг здания) и 2 м (для расчетной области). Размеры расчетной области подбирались таким образом, чтобы ветровой поток набегающий на здание и вихри, образующиеся за зданием, полностью помещались в расчетную область и не выходили за его пределы. Рекомендованные параметры расчетной области для здания высотой H: перед зданием 5H, по бокам 3H, позади него 20H и высота должна быть не менее 5H [1-3].

До начала расчета необходимо определиться с моделью турбулентности для ветрового потока, ведь конечный результат зависит от характеристик набегающего потока. Современные программные комплексы по вычислительной гидрогазодинамике предоставляет на выбор несколько моделей турбулентности, каждая из которых имеет как плюсы, так и минусы. Наиболее распространены следующие модели:

- DES (Detached Eddy Simulation, моделирование отсоединенных вихрей);
- RANS (Reynolds averaged Navier-Stokes method, осредненные уравнения Навье-Стокса по Рейнольдсу);
- LES (Large Eddy Simulation, метод крупных вихрей);
- SST (нестационарный вид RANS).

Модели турбулентности отличаются по скорости и точности результатов. Модель LES, к примеру, позволяет получить результаты в относительно сжатые сроки (до нескольких часов, в зависимости от сложности модели), а модель DES является весьма ресурсоемкой, однако, дает наиболее точные результаты [4].

При выборе модели рекомендуется соблюдать оптимальное соотношение «скорость-точность». Исходя из этого, модели DES и SST наиболее «универсальны» и эффективно функционируют для широкого класса сложных градиентных потоков и для поставленной задачи в качестве базовой приняты именно они. Проведенное представительное тестирование на широком круге практических задач (включая сравнение с данными испытаний в аэродинамических трубах) показало достаточную

точность получаемых результатов и устойчивость итерационного процесса даже при относительно грубых сетках [5].

После окончания расчета (расчет занял 70 часов), полученные значения C_x и C_y средней составляющей статического давления были сравнены с данными по испытаниям в аэродинамической трубе [6, 7].

Таблица 1

Результаты сравнения данных испытаний

Угол атаки / Параметр	$6,5^0$		$96,5^0$	
	АДТ	ЧМ	АДТ	ЧМ
Cx	0,28	0,3	0,48	0,46
Cy	0,34	0,356	-0,09	-0,1

Примечание: ЧМ – численное моделирование, АДТ – аэродинамическая труба.

Анализ показал, что расхождение результатов численного моделирования и испытания в аэродинамической трубе составило не более 7 % – для максимальных значений и не более 10 % – для промежуточных значений, что, с учетом сложности модели здания, можно считать хорошим результатом.

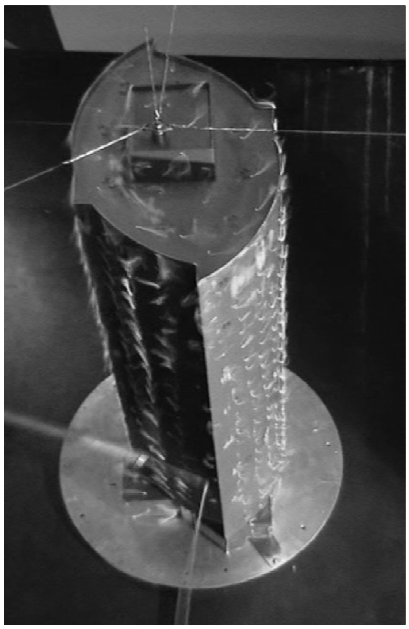


Рис. 1. Модель здания в аэродинамической трубе

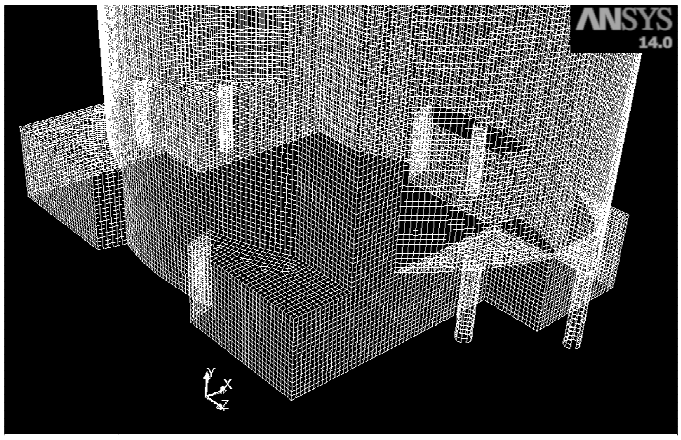


Рис. 2. Фрагмент разбиения модели здания на сетку (стилобат)

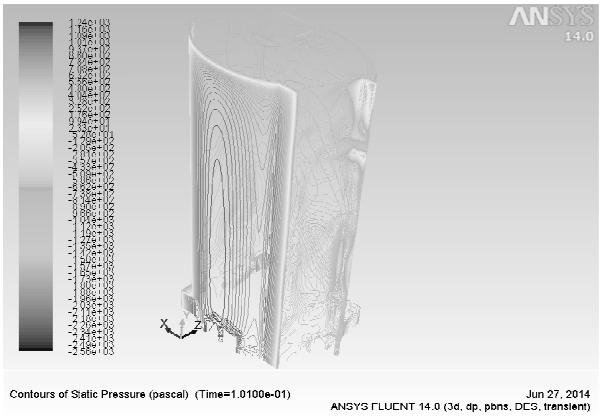


Рис. 3. Распределение давления на наветренной стороне здания (картина для угла атаки $96{,}5^0$)

Рис. 4. Распределение давления на наветренной стороне здания (картина для угла атаки $6{,}5^0$)

Как видно из рисунков, давление на поверхности распределяется равномерно. Максимальное положительное давление наблюдается в срединной части здания наветренной стороны здания. Максимальное отрицательное давление («отсос») наблюдается на правой боковой поверхности здания. При этом картина распределения давления схожа для большинства высотных зданий.

Данные по численному моделированию и по «продувке» в трубе импортированы в прочностной пакет программ «Лира».

Таблица 2

Результаты загружения по СП, результатам численного моделирования и АДТ

Усилия / Нагружение	N, кН		M_y, кН*м		Q_z, кН		M_z, кН*м		Q_y, кН		M_k, кН*м	
	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
СП												
$6{,}5^0$	-1300	1465	-2223	2592	-296	785	-700	675	-50	228	-10	10
$96{,}5^0$	-1836	1866	-1453	1939	-440	154	-238	287	-96	112	-18	14
ЧМ												
$6{,}5^0$	-1207	1182	-1812	1324	-549	339	-481	527	-165	39	-16	11
$96{,}5^0$	-1755	1727	-1994	1737	-155	526	-317	294	-124	91	-18	12
АДТ												
$6{,}5^0$	-1252	1226	-1790	1315	-542	344	-482	525	-165	40	-17	11
$96{,}5^0$	-1877	1846	-2079	1775	-162	538	-330	300	-130	95	-18	14

Примечание: СП – свод правил, ЧМ – численное моделирование, АДТ – аэродинамическая труба.

Усилия в несущих элементах, полученные при загружении по СП 20.13330.2011 «Нагрузки и воздействия» больше усилий, полученных по экспериментальным данным (ЧМ и АДТ), в среднем, на 30 %. Разница между усилиями, полученными загружением по ЧМ и АДТ, составила 5-7 %.

Учитывая, что доля усилий от ветровых нагрузок составляет 15 % от суммарных усилий, применение специализированных программных комплексов и аэродинамических труб может позволить снизить общую нагрузку на 5 % [8].

Таким образом, результаты расчета показывают, что загружение по СП 20.13330.2011 «Нагрузки и воздействия» является завышенным, что говорит о необходимости совершенствования нормативной документации с применением современных программных комплексов, с использованием результатов в аэродинамической трубе и действительных ветровых воздействий на аналогичные здания, определенных экспериментально.

Список библиографических ссылок

1. Дубинский С.И. Численное моделирование ветровых воздействий на высотные здания и комплексы. – М., 2010. – 198 с.
2. Белостоцкий А.М., Дубинский С.И. Некоторые аспекты верификации программных средств численного моделирования конструкций и сооружений // International Journal for Computational Civil and Structural Engineering Volume 4, Issue 2, 2008. – С. 30.
3. Дубинский С.И. Численное моделирование ветровых воздействий на комплекс «Федерация» «Москва-Сити» // International Journal for Computational Civil and Structural Engineering Volume 4, Issue 2, 2008. – С. 58-59.
4. Kai Fan Liaw. Моделирование обтекания мостов и переправ с использованием вычислительной гидрогазодинамики. Университет Ноттингема, 2005. – 251 с.
5. Christoffer Norberg. Обтекание круглоцилиндрических тел низкоинтенсивными турбулентными потоками и эффект числа Рейнольдса. – Гётеборг, 1987. – 54 с.
6. Научно-технический отчет «Определение интегральных и распределенных аэродинамических характеристик модели жилого высотного дома по ул. П. Лумумбы, 47А г. Казани в аэродинамической трубе ИАТТ КГТУ им. А.Н. Туполева». – Казань, 2006. – 193 с.
7. ANSYS FLUENT 11.0. Руководство пользователя. – Канонсберг, 2009.
8. Гордеев В.Н., Пичугин С.Ф. Нагрузки и воздействия на здания и сооружения. – М., ИАСВ, 2007. – 482 с.

Safiullin I.I. – student
E-mail: insaf.safiullin@gmail.com
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Numerical modeling of wind effects on high-rise building «Lazurnie nebesa» (Kazan)

Resume

Residential complex «Lazurnie nebesa» which is in the city of Kazan, A. Kamaleev`s avenue 1, was purged in the wind tunnel of IATT KSTU of A.N. Tupolev at the design stage of the building. After analysis of the report on wind tunnel testing, it was decided to choose two of the most dangerous areas («angle of attack») wind $6{,}5^0$ and $96{,}5^0$. Height of building – 130 m (9 m – stylobate, 121 m – the console).

For comparison and improvement of methods, was created a computer model of the building in the preprocessing program Gambit v.2.4.6. Then in the software package «ANSYS FLUENT» was modeled wind flow as turbulence model were adopted DES and SST, which are as the most versatile and practical for the calculation. Payment is made on a personal computer

at KSUAE. After numerical simulation «purge» of the building, the results of computer simulation were compared with the results of wind tunnel tests. Then in the program complex «Lira» was produced loaded model of the building, and compared these arise when uploading efforts in the elements.

Keywords: high-rise building, numerical modeling, computational fluid dynamics, wind loadings.

Reference list

1. Dubinskiy S.I. Numerical modeling of wind effects on tall buildings and complexes. – M., 2010. – 198 p.
2. Belostotskiy A.M., Dubinskiy S.I. Some aspects of the verification software for numerical simulation designs and constructions // International Journal for Computational Civil and Structural Engineering Volume 4, Issue 2, 2008. – P. 30.
3. Dubinskiy S.I. Numerical modeling of wind effects on complex «Federaciya» of «Moskva-City» // International Journal for Computational Civil and Structural Engineering Volume 4, Issue 2, 2008. – P. 58-59.
4. Kai Fan Liaw. Simulation of flow around bluff bodies and bridge deck sections using CFD. – University of Nottingham, 2005. – 251 p.
5. Christoffer Norberg. Effects of Reynolds number and a low-intensity freestream turbulence on the flow around a circular cylinder. – Göteborg, 1987. – 54 p.
6. Scientific and technical report «Determination of distributed aerodynamic characteristics of the model of a residential high-rise building on the P. Lumumba st., 47A of Kazan in the wind tunnel IATT KSTU of A.N. Tupolev». – Kazan, 2006. – 193 p.
7. ANSYS FLUENT 11.0. User`s guide. – Canonsburg, 2009.
8. Gordeev V.N., Pichugin S.F. Loads and actions on buildings and structures. – M., IASV, 2007. – 482 p.

УДК 378.147
Бикчентаева Р.Р. – кандидат педагогических наук, доцент
E-mail: ramzia@kgasu.ru
Халиуллин М.И. – кандидат технических наук, доцент
E-mail: khaliullin@kgasu.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1

Формирование компетенций у студентов университета при подготовке по профилю «Педагог профессионального обучения»

Аннотация

Показано, что прохождение педагогических практик, изучение практико-ориентированных дисциплин строительного профиля вносит значительный вклад в формирование необходимых компетенций студентов университета – будущих педагогов профессионального обучения. В качестве примера эффективного формирования профессиональных строительных компетенций проектными методами обучения студентов рассмотрены занятия в Учебно-консультационном центре по технологиям «Кнауф» при Казанском государственном архитектурно-строительном университете. На основании анализа результатов анкетирования студентов по итогам прохождения педагогических практик выявлено, что сотрудничество университета с учреждениями среднего профессионального образования, передовыми строительными предприятиями по организации практик и практико-ориентированных занятий по изучению дисциплин строительного профиля гарантирует улучшение качества их будущей преподавательской деятельности с учетом знания современных строительных технологий.

Ключевые слова: профессиональные компетенции, педагог профессионального обучения, строительные технологии, педагогическая практика, анкетирование.

Изменившиеся требования к качеству работ, выполняемых специалистами при решении профессиональных задач, вызвали необходимость перехода от знаниевой к компетентностной модели подготовки специалистов. То есть, после окончания учебного заведения выпускник должен не только владеть определенным набором знаний, умений, навыков, но, прежде всего, компетенциями.

Существует значительное количество определений понятия «компетенция», в переводе с латинского «competere» означающего «соответствовать, подходить».

М.Д. Ильязова профессиональную компетентность рассматривает как готовность, стремление трудиться в определенной профессиональной сфере деятельности [1].

Л.С. Троянская определяет общекультурную компетентность как интегративную способность личности обучаемого «обусловленную опытом освоения культурного пространства, уровнем обученности, воспитанности и развития, ориентацией на использование культурных эталонов, как критериев оценки при решении проблем познавательного, мировоззренческого, жизненного характера» [2].

В научно-педагогической литературе имеются работы, посвященные формированию компетенций на учебных занятиях [3, 4, 5], при прохождении практик [6, 7], общим дидактическим и методическим аспектам компетенций. Так, Н.В. Кузьмина в своей работе [8] определяет компетентность как «способность педагога превращать специальность, носителем которой он является, в средство формирования личности учащегося с учетом ограничений и предписаний, накладываемых на учебно-воспитательный процесс требованиями педагогической нормы, в которой он осуществляется». При этом компетентность подразделяется на специальную – в области преподаваемой дисциплины; методическую в области способов формирования знаний, умений и навыков у учащихся; психолого-педагогическую – в области мотивов, способностей, направленности обучающихся; рефлексию педагогической деятельности, или аутопсихологическую компетентность.

Каждая компетенция имеет составляющие. Так, на наш взгляд, учебно-методическая компетенция складывается из отбора содержания уроков теоретического и производственного обучения, выбора средств, форм и методов проведения занятий; способов реализации принципов обучения, а также выбора средств, форм и методов проведения внеклассных – воспитательных мероприятий; способов реализации принципов воспитания.

Учебный процесс невозможно представить без владения будущим педагогом профессионального обучения психолого-педагогическими компетенциями. В их состав можно включить умение осуществлять диагностику развития студентов, владение системой стимулирования мотивации учения, способность определять критерии компетентности, анализировать итоги уроков теоретического занятия и воспитательных мероприятий.

Необходимо отметить, что обучающая деятельность невозможна без формирования организационно-управленческих компетенций, а именно без владения организацией учебного процесса. Сюда можно отнести следующие работы: подготовку материально-технической базы, выявление и применение межпредметных связей, изучение рабочего плана подготовки специалиста, планирование учебной дисциплины или воспитательного мероприятия.

В целом выпускник – бакалавр по направлению обучения 051000 «Профессиональное обучение (по отраслям)» должен обладать совокупностью общекультурных и профессиональных компетенций, отвечающих требованиям соответствующего Федерального государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования.

Необходимо отметить, что формирование одних и тех же компетенций осуществляется в процессе изучения различных дисциплин, так и прохождения практик, предусмотренных стандартом образования. В процессе прохождения практических занятий по дисциплинам разных блоков учебного плана формируются не только профессиональные, но и общекультурные компетенции.

В пункте 7.3 Федерального государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования по направлению подготовки 051000 «Профессиональное обучение (по отраслям)» указано, что «реализация компетентностного подхода должна предусматривать широкое использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий (компьютерных симуляций, деловых и ролевых игр, разбор конкретных ситуаций, психологические и иные тренинги) в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся». В рамках учебных дисциплин должны быть предусмотрены встречи с представителями российских и зарубежных компаний, государственных и общественных организаций, мастер-классы экспертов и специалистов.

Для формирования компетенций при проведении учебных занятий преподавателями применяются различные методические приемы и педагогические технологии.

Для выявления сформированности компетенций нами использовались следующие методы.

1) Наблюдение за деятельностью студентов в процессе выполнения ими различных видов работ в процессе прохождения практик и при аттестации по окончанию изучения дисциплин. Преподаватель в процессе проведения занятий может осуществлять пассивное наблюдение, не вмешиваясь в процесс и дожидаясь результата, или активно корректировать деятельность студентов в процессе выполнения учебного задания. Результат наблюдения позволяет преподавателю увидеть реальное отношение обучаемого к процессу изучения дисциплин и формирования компетенций, корректировать свои действия (менять методику формирования компетенций, разнообразить оценочные средства в зависимости от уровня сформированности компетенций).

2) Опрос обучающихся. Опрос может быть текущим в конце каждого учебного занятия в рамках каждой дисциплины. Текущий опрос позволяет преподавателю и

студентам эффективно осуществлять формирование компетенций. Текущий контроль может осуществляться в форме экспресс-опроса. Преподаватель задает 2-3 вопроса, они не объемные и ответ на них занимает максимум 5-7 минут учебного времени. Текущий опрос способствует тому, что компетенции у обучающихся формируются не обрывочно, а в системе. Экспресс-опрос преподаватель проводит по тому учебному материалу, который рассматривался на проведенном занятии. Вопросы носят как теоретический, так и практический характер. По результатам экспресс-опроса можно сделать выводы о степени сформированности начального уровня компетенций. С другой стороны опрос формирует мотивацию для качественного восприятия учебного материала студентом. Так же для текущего контроля преподаватель может использовать тестовый контроль. В тестовых заданиях вопросы необходимо формулировать так, чтобы можно было проверить не только знания, но и сформированность навыков с учетом полученного опыта выполнения тех или иных видов работ (профессиональные либо общекультурные компетенции). Для выявления сформированности компетенций осуществляется и итоговый контроль в конце полугодия и по результатам освоения дисциплины в целом.

3) Беседа для установления причинно-следственных связей по формированию компетенций у обучаемых. Позволяет преподавателю выявить проблемы, возникающие в рефлексии не только знаний, умений и навыков, но и в целом сформированности компетенций. К примеру, можно выявить, что отсутствие межпредметных связей приводит к тому, что у студента теряется логическая цепочка в формирование компетенций, что может привести к потере мотивации к учебе в целом или повлиять на качество формирования компетенции.

Прохождение практик, предусмотренных стандартом и учебными планами по подготовке будущих специалистов, позволяет студенту самому осознать степень его готовности к практической деятельности.

В процессе подготовки будущего педагога профессионального образования необходимо сформировать компетенции моделирования учебно-воспитательного процесса, проектирования деятельности обучающихся, владения психолого-педагогическими особенностями учебного процесса, владения технологиями строительства.

Формирование профессиональных строительных компетенций у студентов университета, обучающихся по направлению подготовки 051000 «Профессиональное обучение» профилю «Строительство», осуществляется, например, в процессе изучения дисциплины «Современные технологии строительных работ с применением материалов фирмы «Кнауф»».

Рабочая программа по дисциплине включает, 36 часов теоретических и 36 часов практических занятий с итоговым зачетом, проходящем в форме тестирования.

В процессе изучения курса происходит формирование таких компетенций будущих специалистов в области профессионального обучения в строительстве как:

– умение ориентироваться в современной номенклатуре комплектных систем строительных материалов для выполнения внутренних отделочных, теплоизоляционных, фасадных работ;

– умение осуществлять правильный выбор видов строительных материалов для вышеперечисленных видов строительных работ в зависимости от заданного архитектурно-планировочного решения, конструктивной схемы, конкретных условий эксплуатации, требуемого ценового диапазона для реализации решения на базе владения основными физико-механическими и технико-экономическими свойствами применяемых материалов;

– умение реализовывать заданные конструктивные решения для выполнения внутренних отделочных, теплоизоляционных, фасадных работ на базе владения основами современных технологий выполнения соответствующих строительных работ (возведение каркасных и бескаркасных облицовок, перегородок, подвесных потолков и сборных конструкций полов) с применением широкого диапазона основных и вспомогательных строительных материалов – элементов комплектных систем (на примере продукции фирмы «Кнауф»).

Практические занятий по дисциплине «Современные технологии строительных работ с применением материалов фирмы «Кнауф»» проводится Учебно-консультационным центром по технологиям «Кнауф» при кафедре профессионального обучения, педагогики и социологии КГАСУ.

Аудитории лаборатории, оснащенные учебными стендами, макетами, демонстрационной техникой, комплектом специализированных инструментов и приспособлений, раздаточными печатными материалами, образцами расходных материалов, позволяют реализовывать интерактивные методы обучения студентов в ходе теоретических и практических занятий.

На формирование необходимых компетенций обучаемых направлены применяемые в процессе освоения дисциплины «Современные технологии строительных работ с применением материалов фирмы «Кнауф»» практико-ориентированные технологии обучения, основанные на использовании проектного метода. В процессе выполнения на практических занятиях поставленных преподавателем заданий (возведение с применением различных конструктивных схем фрагментов каркасных облицовок, перегородок, потолков и сборных конструкций полов) обучаемые разделяются на бригады и, используя полученные на теоретических занятиях знания, владея полученными на ранее проведенных практических занятиях основными навыками и приемами работы с элементами необходимых для реализации задания комплектных систем (строительными материалами, инструментами, альбомами рабочих чертежей), осуществляют возведение заданной конструкции и ее отделку.

В процессе творческой работы студенты самостоятельно (осуществляя при необходимости консультации с преподавателем и учебным мастеров) проводят обследование базовых конструкций и соответствующие обмеры; ориентируясь на типовые схемы и решения отдельных конструктивных узлов в альбомах рабочих чертежей, проектируют различные варианты реализации поставленной задачи; рассчитывают расход необходимых строительных материалов для каждого варианта; осуществляют выбор оптимального решения, принимая во внимание и минимизацию расхода материалов; осуществляют поэтапное возведение заданной конструкции с соблюдением требуемых технологических приемов и ее финишную отделку; выполняют оценку качества выполненных строительных работ.

В процессе работы в бригаде складываются определенные иерархические отношения с точки зрения разделения труда, что помимо профессиональных компетенций способствует развитию коммуникативных компетенций обучаемых при выполнении профессиональных функций. При выполнении заданий, отдельные бригады и члены бригады, выполняющие одинаковые функциональные обязанности включаются в соревновательную деятельность по качеству и скорости выполнения работ. Реализация практико-ориентированных технологий обучения в форме деловой игры для решения конкретных строительно-технических задач способствует мобилизации обучаемых на оперативную оценку реальной ситуации и самоорганизации в условиях реального строительного производства, умению выстраивать правильную последовательность решения отдельных профессиональных задач для достижения поставленной цели.

Важной составляющей процесса обучения является своевременный контроль качества формирования профессиональных компетенций студентов. При изучении дисциплины «Современные технологии строительных работ с применением материалов фирмы «Кнауф»» такой контроль осуществляется следующим образом.

На практических занятиях – оценкой качества преподавателем, учебным мастером и самими членами учебных бригад каждой трудовой операции, соответствием готовой конструкции общим требованиям нормативно-технической документации, требованиям поставленного технического задания с точки зрения заданного объемно-планировочного решения, правильно примененных технических решений, дизайна и эстетических показателей. Конечный контроль качества формирования профессиональных компетенций обучения по дисциплине осуществляется итоговым тестированием студентов по вопросам, касающимся номенклатуры и свойств применяемых материалов, особенностей

конструктивных решений, технологий возведения и отделки строительных конструкций, которые должны были быть освоены в ходе теоретических и практических занятий.

Значимым этапом формирования и развития компетенций при подготовке педагогов профессионального обучения является прохождение ими, начиная с третьего курса университета, педагогической практики в профессиональных колледжах и лицеях строительного профиля. Прохождение таких практик позволяет студентам адаптироваться к профессиональной деятельности, формирует интерес к будущей профессии, выявляет как положительные аспекты процесса подготовки специалиста, так и проблемные моменты.

За каждым студентом университета по приказу (в соответствии с договором о прохождение практики в профессиональном колледже) закрепляется опытный педагог, который помогает студенту адаптироваться к организации и проведению уроков теоретического и практического обучения в колледже. В системе среднего образования широко практикуется такое закрепление, как за молодыми педагогами, так и за студентами-практикантами. Наставник назначается педагог, который владеет необходимыми опытом и знаниями, обладает высоким уровнем коммуникации, стремящийся помочь своему подопечному приобрести опыт, необходимый и достаточный для овладения профессией. Кроме этого наставник вводит студента-практиканта в коллектив учебного заведения и помогает ему понять особенности корпоративной культуры и технологию педагогической работы.

Ежегодно студенты – будущие педагоги профессионального обучения по итогам прохождения практики в профессиональных лицеях и колледжах проходят анкетирование. Вопросы анкеты позволяют выявить самооценку студентов относительно уровня их подготовленности и сформированности компетенций.

По результатам обработки анкет установлено следующее. До 18 % опрошенных утверждают, что в результате прохождения практики в профессиональных лицеях и колледжах они не получили ничего нового по сравнению с тем, что у них было сформировано в университете на практических и теоретических занятиях; 56% опрошенных утверждают, что прохождение практики сыграло важную роль для осознания важности полученных в университете знаний для их профессиональной деятельности; 24% опрошенных утверждают, что прохождение практики способствовало реализации профессиональных возможностей самого обучающегося.

Студентам был задан вопрос о трудностях, испытанных ими при прохождении педагогической практики в качестве педагогов профессионального обучения.

Будущие педагоги профессионального обучения выделили следующие основные затруднения:

– недостаточность опыта работы по рабочим специальностям, что осознается студентами при проведении уроков производственного обучения (12% проходивших практику);

– недостаточное количество практических навыков в рамках отведенных учебными планами часов по таким дисциплинам как «Архитектура», «Строительные материалы» (8% проходивших практику).

При этом в качестве положительного аспекта студентами было отмечено получение ими дополнительных знаний о строительных материалах и конструкциях, навыков владения современными строительными технологиями при изучении дисциплины «Современные технологии строительных работ с применением материалов фирмы «Кнауф»».

По результатам прохождения практики был проведен опрос на предмет важности профессиональных компетенций. Студентам необходимо было ранжировать сформированные компетенции необходимые для прохождения практики в профессиональных колледжах. По результатам опроса ответы распределились следующим образом: на первом месте оказались учебно-методические компетенции их отметили 66 % студентов, на втором месте технологические компетенции (17 % респондентов), на третьем месте – психолого-педагогические (13 % опрошенных) и на четвертом месте – организационно-управленческие (4 %).

Степень важности учебно-методических компетенций для студентов определяется тем, что в процессе прохождения педагогической практики они проводят теоретические и практические занятия, а так же такие внеучебные мероприятия, как классные часы, диспуты, конкурсы, деловые игры и другое. Наименее важным, по мнению студентов, являются организационно-управленческие компетенции, так как они считают, что преподаватель по умолчанию в силу своего положения (обучающийся должен подчиняться преподавателю и выполнять его распоряжения) владеет этой компетенцией.

Выпускникам университета – бывшим студентам по направлению «Профессиональное обучение» был задан вопрос о том, зависело ли их трудоустройство только от полученных в процессе обучения знаний. Опросом были охвачены 39 респондентов, среди которых положительно ответили 2,6 %, отрицательно – 97,4 %. При этом респонденты уточняли, что трудоустройство во многом зависит от совокупности приобретенных знаний, умений и навыков, а также от качеств личности, что в целом укладывается в понятие «компетенции» и «компетентность специалиста» и соответствует пониманию современных целей образования.

Таким образом, значительный вклад в формирование требуемого набора компетенций будущих педагогов профессионального обучения вносит прохождение педагогических практик, изучение практико-ориентированных дисциплин строительного профиля. Сотрудничество в этой сфере университета с учреждениями среднего профессионального образования и передовыми строительными предприятиями способствует формированию профессиональных компетенций у будущих педагогов в реальных производственных условиях; дает возможность студентам получить рабочую квалификацию; обеспечивает лучшее понимание ими трудностей и потребностей, возникающих при подготовке рабочих; гарантирует улучшение качества их будущей преподавательской деятельности с учетом знания современных строительных технологий.

Список библиографических ссылок

1. Ильязова М.Д. Компетентность, компетенция, квалификация – основные направления современных исследований // Научные исследования в образовании, 2008, № 1. – С. 28-31.
2. Троянская С.Л. Общекультурная компетентность: опыт определения и структурирования // Культурно-историческая психология, 2008, № 2. – С. 19-23.
3. Архипова Г.С. Развитие иноязычной коммуникативной компетенции у студентов инженерно-технических специальностей // Сб. научных трудов IV международной научной конференции «Педагогическое мастерство». – М.: Изд-во Буки-Веди, 2014. – С. 221-223.
4. Алёшина О.Г. Деловая игра как средство развития профессиональных компетенций студентов // Молодой ученый, 2014, № 4. – С. 908-910.
5. Воробьев В.К. Развитие компетентности персонала ОАО «Газпромгазораспределение Оренбург»: состояние и перспективы // Сб. научных трудов II всероссийской научно-производственной конференции «Теплогазоснабжение: состояние, проблемы, перспективы». – Оренбург: Изд-во ИПК «Университет», 2013. – С.124-129.
6. Ломакина Г.Р. Педагогическая компетентность и компетенция: проблемы терминологии // Сб. научных трудов международной научной конференции «Педагогическое мастерство». – М.: Изд-во Буки-Веди, 2012. – С. 276-279.
7. Казаков Р.С. Имитационная технология обучения как средство формирование профессиональных компетенций студентов средних специальных учебных заведений // Сб. научных трудов III международной научной конференции «Теория и практика образования в современном мире». – СПб.: Изд-во Реноме, 2013. – С. 141-144.
8. Кузьмина Н.В. Профессионализм личности преподавателя и мастера производственного обучения. – М.: Высшая школа, 1990. – 119 с.

Bikchentaeva R.R. – candidate of pedagogical sciences, associate professor
E-mail: ramzia@kgasu.ru
Khaliullin M.I. – candidate of technical sciences, associate professor
E-mail: khaliullin@kgasu.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Formation of competences of university students in the preparation of the profile of «Teacher of professional education»

Resume

Significant contribution to the formation of the required set of competencies of university students – future teachers of vocational training makes the passage of pedagogical practices, the study of the practice-oriented disciplines of building profile. The analysis of a variety of instructional techniques, allowing to estimate the formation of competencies of learners is made. As an example, the effective formation of professional competence building project teaching methods the training of future teachers in the construction of the Training and consulting center for technology «Knauf» at Kazan State University of Architecture and Construction reviewed. Based on analysis of the survey results on the basis of students' practical training in vocational schools and colleges it was shown that cooperation in this area with the university educational institutions of secondary vocational education, advanced construction enterprises and organizations contributes to the formation of professional competence of future teachers in the actual production conditions; enables students to get a working skills; provides a better understanding of the challenges and the needs arising in the preparation of the workers; ensure improvement in the quality of their future teaching activities with the knowledge of basic construction techniques.

Keywords: professional competence, teacher of vocational training, building technology, pedagogical practice, questioning.

Reference list

1. Ilyazova M.D. Competence, competency, qualification – the main directions of current research // Nauchnye issledovaniya v obrazovanii, 2008, № 1. – P. 28-31.
2. Trojan S.L. Overall cultural competence: the experience of defining and structuring // Kulturno-istoricheskaya psihologiya, 2008, № 2. – P. 19-23.
3. Arkhipova G.S. Development of foreign language communicative competence of students of technical specialties // Collection of scientific works of the IV International Conference «Teaching skills». – M.: Publisher Buki-Vedi, 2014. – P. 221-223.
4. Aleshina O.G. Role play as a means of developing professional competencies of students // Molodoi uchenyi, 2014, № 4. – P. 908-910.
5. Vorobev V.K. Development of competence of personnel of «Gazpromgazoraspredelenie Orenburg»: Status and Prospects // Collection of scientific works II All-Russian scientific-production conference «Heat: status, problems and prospects». – Orenburg: Publisher IPK «University», 2013. – P. 124-129.
6. Lomakina G.R. Pedagogical competence and competence: problems of terminology // Proc. scientific papers of the International Conference «Teaching skills». – M.: Publisher Buki-Vedi, 2012. – P. 276-279.
7. Kazakov R.S. Simulation technology education as a means of formation of professional competence of students of secondary specialized educational institutions // Collection of scientific works of the III international scientific conference «Theory and practice of education in the modern world». – SPb.: Publisher Renome, 2013. – P. 141-144.
8. Kuzmina N.V. Professionalism individual teachers and teaching. – M.: Vysshaya shkola, 1990. – 119 p.

УДК 377.4
Кашина С.Г. – доцент
E-mail: kashina@kgasu.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

Принципы реализации адаптационных ресурсов внутрифирменного обучения рабочих строительных профессий по безопасности труда

Аннотация

Определены принципы реализации адаптационных ресурсов внутрифирменного обучения рабочих строительных профессий по безопасности труда и раскрыто их содержание. Дано обоснование включения в совокупность принципов реализации адаптационных ресурсов: принципа фундаментализации знаний – спецификой знаний по безопасности труда и необходимостью опережения бытия общественным сознанием; принципа капитализации знаний – разработкой национальных рамок и систем квалификации; принципа автономности – созданием внутрифирменных структур и новых финансово-экономических механизмов по управлению безопасностью труда, преемственностью деятельности учреждений профессионального образования и устранением диспропорций и дублирования в подготовке работников по безопасности труда; принципа персонализации – современным уровнем социально-экономического развития, устойчивой динамикой участия взрослого населения в программах непрерывного образования, а также позиционированием в педагогике профессионального образования парадигмы субъектности.

Ключевые слова: внутрифирменное обучение, строительство, рабочие, безопасность труда, человеческий капитал, адаптационные ресурсы, фундаментализация знаний, капитализации знаний, автономность, персонализация.

Научный анализ сущности и содержания внутрифирменного обучения, а также типов и функций его адаптационных ресурсов позволяет позиционировать внутрифирменное обучение рабочих строительных профессий по безопасности труда как сложный, многокомпонентный процесс диалектично взаимосвязанный с производственными, образовательными и научными организациями единой отраслевой направленности [1].

Нами определены и научно обоснованы принципы реализации адаптационных ресурсов внутрифирменного обучения рабочих строительных профессий по безопасности труда:

- фундаментализации, обеспечивающего углубление и системную целостность общеобразовательных, общетеоретических и общепрофессиональных знаний как основания опережающей подготовки рабочих строительных профессий по безопасности труда;
- капитализации знаний, регулирующего обновление содержания внутрифирменного обучения рабочих строительных профессий с учетом изменений нормативно-правовой регламентации безопасности труда, модернизации производства, стратегий развития социума и экономики, а также интеграции науки, производства и профессионального образования;
- автономности, опосредующего формирование и развитие отраслевых систем внутрифирменного обучения по безопасности труда с целью формирования человеческого капитала и повышения конкурентоспособности фирмы;
- персонализации, ориентирующего на создание персонализированных моделей внутрифирменного обучения рабочих строительных профессий по безопасности труда и приоритет диалогичных методов взаимодействия его субъектов.

Рассмотрим содержание этих принципов подробнее.

Включение в совокупность принципов реализации адаптационных ресурсов внутрифирменного обучения рабочих строительных профессий по безопасности труда фундаментализации знаний обусловлено, с одной стороной, спецификой знаний по

безопасности труда, а с другой, – необходимостью опережения бытия общественным сознанием.

Знания по безопасности труда представляют собой системную целостность специальных теорий, понятий, представлений, суждений, направленных на защиту работников от воздействия опасных и вредных производственных факторов, исключению несчастных случаев, в том числе со смертельным исходом, и профессиональных заболеваний на производстве.

Установлено, что системная целостность знаний по безопасности труда характеризуется следующими свойствами:

- первичностью, то есть не компоненты образуют целое (знания по безопасности труда), а целое делает возможным существование компонентов (специальных теорий, понятий, представлений, суждений), каждый из которых может рассматриваться как подсистема, обеспечивающая стандартизацию безопасности условий и охраны здоровья работников на производстве;
- целостностью, проявляющейся в диалектической взаимосвязи теорий, понятий, представлений, суждений о безопасности труда, стремящейся к состоянию устойчивого равновесия для включения знаний по безопасности труда в стандарты и технические условия на конкретные производственные объекты;
- эмерджентностью, то есть свойства компонентов (теорий, понятий, представлений, суждений) могут не совпадать со свойствами системной целостности знания о безопасности труда, направленного как на снижение воздействия опасных и вредных производственных факторов и рисков, так и на повышение производительности труда;
- неаддитивностью – несводимостью свойств системной целостности к сумме свойств, составляющих ее компонентов и невыводимость свойств целостной системы из свойств компонентов, то есть теории, понятия, представления, суждения о безопасности труда могут рассматриваться только во взаимосвязи друг с другом;
- сложностью, заключающейся в большом объеме общеобразовательной (опасность, безопасность), общетеоретической (охрана труда, оценка опасностей и рисков) и общепрофессиональной (корпоративные стандарты по безопасности труда) информации по безопасности труда и ее открытостью (интенсивном обмене с окружающей средой);
- непрерывностью, проявляющейся в постоянном развитии за счет совершенствования национальных и специальных корпоративных стандартов по безопасности труда, механизмов внутрифирменного управления охраной труда.

Идея о необходимости опережения бытия общественным сознанием обоснована К.К. Колиным, А.Д. Урсул и другими авторами. Она основана на идее относительной самостоятельности общественного сознания по мере развития общественного бытия.

Общественное сознание приобретает относительную независимость от общественного бытия. Оно может представлять себя теперь полностью независимым от бытия и даже первичным по отношению к бытию, а может даже перейти к образованию «чистой» теории, философии, морали.

Исходя из изложенного, президентом Международной академии ноосферы профессором А.Д. Урсул выдвинута и обоснована идея опережающего образования в период глобальных трансформаций цивилизационного развития.

Необходимость опережающей подготовки рабочих строительных профессий по безопасности труда обусловлена не только преобразованиями в российской экономике, но и стандартизацией требований безопасности к процессу производства на международном, национальном, корпоративном уровнях.

Включение капитализации знаний в совокупность принципов реализации адаптационных ресурсов внутрифирменного обучения рабочих строительных профессий по безопасности труда обусловлена разработкой национальных рамок и систем квалификации.

Рамка квалификаций является инструментом классификации квалификаций и разработки новых квалификаций, необходимость в которых возникает на рынке труда.

Национальная рамка квалификаций (НРК) – это не двухмерная рамка, где зафиксированы уровни и их дескрипторы, а многомерная структура, в которой размещаются аккредитованные квалификации и соответствующие им свидетельства, дипломы, сертификаты. Национальная рамка квалификаций (НРК) – это система координат («референциальный конструкт») для установления связи между результатами обучения и деятельностью, требуемой на рынке труда, с одной стороны, и квалификациями профессионального образования и дипломами, с другой.

Основное предназначение НРК состоит в обеспечении доступа к образованию и обучению/освоению квалификаций всем категориям граждан, независимо от ранее полученного формального образования, на основе признания у них имеющихся знаний, умений и компетенций.

Структура НРК включает в себя профессиональные стандарты; систему обеспечения качества квалификаций; систему сертификации профессиональных квалификаций.

Типология элементов НРК является инвариантной для всех стран, а само наполнение этих элементов является вариативным, поскольку профессиональные стандарты и квалификации и их содержательное наполнение обусловлены спецификой российского рынка труда и развития отраслей.

Вариативный компонент обеспечивает учет национальных особенностей и традиций, а инвариантный компонент – международную сопоставимость.

Исходя из предмета нашего исследования, отметим, что национальная рамка квалификаций по безопасности труда регламентируется «ГОСТ 12.0.230-2007. Межгосударственный стандарт. Система стандартов безопасности труда. Системы управления охраной труда. Общие требования», который введен в действие Приказом Ростехрегулирования от 10.07.2007 № 169-ст. (ред. от 31.10.2013).

В соответствии с этим документом, содержание внутрифирменного обучения рабочих строительных профессий по безопасности труда должно быть направлено на формирование у них «необходимой компетентности и квалификации для выполнения своих служебных обязанностей и обязательств по обеспечению и выполнению требований безопасности и охраны здоровья». Установлено, что компетенция рабочих строительных профессий по безопасности труда может включать следующее:

В соответствии с рассматриваемым стандартом, программы внутрифирменного обучения по безопасности труда должны: а) охватывать всех работников организации в установленном порядке; б) предусматривать своевременное эффективное первоначальное внутрифирменное обучение, а также с соответствующей периодичностью повторное обучение; в) включать оценку доступности и прочности усвоения учебного материала слушателями; г) предусматривать периодический анализ программ внутрифирменного обучения, их корректировку по мере необходимости, для обеспечения их соответствия и эффективности; д) внутрифирменное обучение по безопасности труда должно предоставляться всем работникам бесплатно и осуществляться в рабочее время [1].

Из изложенного следует, что капитализация знаний по безопасности труда – это императив не только качества внутрифирменного обучения рабочих строительных профессий по безопасности труда, но и формирования человеческого капитала.

Включение автономности в совокупность принципов реализации адаптационных ресурсов внутрифирменного обучения рабочих строительных профессий по безопасности труда опосредовано:

- во-первых, созданием внутрифирменных структур (отделов, управлений, комитетов) по управлению безопасностью труда к компетенции которых относится: разработка стратегий развития управления безопасностью труда; планирование, организация внутрифирменного обучения по безопасности труда и оценка его эффективности; организация форсайт-проектирования, позволяющего на основе экспертных оценок сопоставить долгосрочные прогнозы и задачи внутрифирменного обучения по безопасности труда; развитие сотрудничества производственных, образовательных и научных организаций единой отраслевой направленности в сфере внутрифирменного обучения по безопасности труда [2];

- во-вторых, внедрением новых финансово-экономических механизмов внутрифирменного управления безопасностью труда, направленных на обеспечение: многоканального финансирования центров внутрифирменного обучения по безопасности труда; общественного контроля и усиления ответственности руководителей за качество внутрифирменного обучения по безопасности труда и организацией трудоохранительных мероприятий; развития практики создания и реализации проектов партнерства производственных, образовательных и научных организаций единой отраслевой направленности в сфере внутрифирменного обучения по безопасности труда; оптимизации использования адаптационных ресурсов внутрифирменного обучения по безопасности труда; создания новых институциональных и общественных механизмов регулирования и повышения инвестиционной привлекательности сферы внутрифирменного обучения по безопасности труда [3];

- в-третьих, созданием корпоративных центров обучения по безопасности труда, обеспечивающих: изучение российского и зарубежного опыта внутрифирменного обучения по безопасности труда; проведение конференций, симпозиумов, семинаров, выставок и других аналогичных мероприятий по организации внутрифирменного обучения по безопасности труда; сопряжение федеральных, отраслевых, локальных программ внутрифирменного обучения по безопасности труда; преемственность деятельности учреждений профессионального образования и устранение диспропорций и дублирования в подготовке работников по безопасности труда; повышение экономической эффективности подготовки работников по непрерывным образовательным программам, целевой контрактной подготовке [4].

Выяснено, что реализация адаптационных ресурсов внутрифирменного обучения рабочих строительных профессий по безопасности труда на основе принципа автономности позволяет:

- расширить компетенции внутрифирменных структур по управлению безопасностью труда: организовать банк педагогических, управленческих, экономических инноваций в сфере внутрифирменного обучения по безопасности труда; сформировать и развить государственно-корпоративные механизмы управления безопасностью труда; разработать систему грантовой поддержки инновационных форм взаимодействия производственных, образовательных и научных организаций единой отраслевой направленности в сфере внутрифирменного обучения по безопасности труда путем открытого конкурса и общественной экспертизы; создать механизмы стимулирования организации работодателями процесса внутрифирменного обучения работников по безопасности труда; разработать программы целевой контрактной подготовки работников и модели интеграции образовательных программ начального, среднего, высшего и дополнительного профессионального образования [5];

- разработать и внедрить новые финансово-экономические механизмы внутрифирменного управления безопасностью труда: выделение субсидий на внутрифирменное обучение по безопасности труда в рамках определенных проектов и программ; прозрачность в бухгалтерско-финансовой сфере (установление однозначного соответствия между принципами оценки качества внутрифирменного обучения по безопасности труда и аспектами повышения эффективности управления финансовыми ресурсами фирмы); формирование материально-технической базы процесса внутрифирменного обучения по безопасности труда с учетом затрат по профессиям и специальностям; грантовую поддержку корпоративными органами управления образовательных инициатив в сфере внутрифирменного обучения по безопасности труда; разработку и реализацию комплекса межведомственных мероприятий, задающих стратегию развития внутрифирменного обучения по безопасности труда; создание положений о стимулирующих выплатах различным категориям работников за успешное внутрифирменного обучения по безопасности труда;

- расширить функции корпоративных центров обучения по безопасности труда: разработка и внедрение систем менеджмента качества внутрифирменного обучения по безопасности труда; создание научно-методических рекомендаций по разработке, внедрению и реализации персонализированных образовательных программ внутрифирменного обучения

по безопасности труда; оказание консультационных услуг по вопросам организации внутрифирменного обучения по безопасности труда; публичная отчетность о повышении качества внутрифирменного обучения, исходя из международных, национальных, отраслевых, локальных стандартов по безопасности труда [6].

Включение персонализации в совокупность принципов реализации адаптационных ресурсов внутрифирменного обучения рабочих строительных профессий по безопасности труда обусловлено, как современным уровнем социально-экономического развития, устойчивой динамикой в странах Евросоюза участия взрослого населения в программах непрерывного образования (60-70 %), так и позиционированием в педагогике профессионального образования парадигмы субъектности [7].

В Государственной программе Российской Федерации «Развитие образования» на 2013-2020 годы подчеркивается, что очевидна тенденция расширения конкуренции между традиционными организациями профессионального образования и новыми системами корпоративной подготовки (корпоративные университеты, тренинговые компании, системы внутрифирменной подготовки кадров).

Институционализация внутрифирменного обучения рабочих отвечает тенденции развития кадрового потенциала организаций. В Государственной программе Российской Федерации «Развитие образования» на 2013-2020 годы отмечено, что 66 % работодателей, по результатам проведенных исследований, предпочитают доучивать и переучивать своих работников на базе собственных образовательных подразделений. Поэтому, в совокупность задач Государственной программы включено: обеспечение повышения роли корпоративной подготовки; установление более тесной связи профессионального образования с субъектами спроса на рынке труда; проектирование гибких модульно-компетентностных программ переподготовки и повышения квалификации, включающих значительную долю самостоятельной работы и использование информационных технологий; сертификация квалификаций, в том числе полученных путем самообразования; создание отраслевых образовательных консорциумов, как объединений производственных, образовательных и научных организаций [8].

Таким образом, качественные изменения в подготовке, переподготовке, повышении квалификации кадрового потенциала изменили характер внутрифирменного обучения: ориентация на постоянное совершенствование содержания, удовлетворение образовательно-профессиональных потребностей работников, развитие их субъектности [9]. Поэтому смыслообразующим ядром внутрифирменного обучения стал курс на создание персонализированных моделей обучения и приоритет диалогичных методов взаимодействия его субъектов, обуславливающих формирование человеческого капитала.

Понятие «капитал» в современной науке трактуется все более расширенно и универсально. Наряду с традиционно употребляемыми «прилагательными» (денежный, финансовый), функционирование капитала в масштабах общества все более связывается с понятием «человеческий капитал».

В мировой науке идея человеческого капитала в том или ином виде обнаруживается достаточно давно. Еще А. Смит использовал эту идею как исходную для объяснения различий в заработной плате, полагая, что затраты на образование должны экономически оправдать себя, окупившись в течение трудовой жизни. Одним из первых практических применений идей А. Смита стало исследование Дж. Уолша: в середине 1930-х годов он осуществил успешную попытку рассчитать влияние профессионального образования на уровень национального дохода США. В содержательном отношении теория человеческого капитала позволила не только объяснить инвестиционные аспекты поведения людей на рынке труда и проблемы распределения доходов и экономического неравенства, но и уяснить значение профессионального образования, как в экономическом росте общества, так и решении многих социально-экономических проблем (например, бедности).

В отечественной науке интерес к теории человеческого капитала проявился в конце 1990-х годов, однако в то время авторам приходилось содержательную сторону публикаций ретушировать методологическими догмами политической экономии социализма и необходимостью критики буржуазных экономических воззрений. Активизации нового направления исследований способствовала публикация,

посвященная реабилитации теории человеческого капитала в современных условиях. В настоящее время сформировалось представление о том, что теория человеческого капитала, в основе которой лежит экономический подход к анализу человека и его деятельности, является основой экономики образования.

В рамках внутрифирменного обучения понятие человеческого капитала может отражать методики измерения эффективности корпоративной подготовки и переподготовки кадровых ресурсов, обеспечивающих повышение их профессионализма и влияющих на увеличение заработков.

Известно, что к измерению норм отдачи инвестиций в человеческий капитал существует два основных подхода: при одном – сравниваются совокупные (прижизненные) заработки лиц с разными уровнями профессиональной подготовки, при другом – выявляется зависимость заработков человека от уровня его профессионального образования, трудового стажа и некоторых других факторов.

При этом, во-первых, в затраты на профессиональную подготовку (профессиональное образование) включаются, как прямые расходы, так и потерянные заработки, то есть недополученные за период обучения; а, во-вторых, затраты на внутрифирменное обучение окупаются быстрее и дают больший экономический эффект, чем на получение профессионального образования (то есть сохраняет свою значимость закон убывающей производительности капитала – убывающей отдачи инвестиций).

Известно, что, несмотря на то, что отдача от вложений в человеческий капитал в среднем выше, чем от вложений в капитал физический, ее существенное уменьшение (сравнительно с другими видами активов) по мере роста объема инвестиций обусловливает изменение направленности инвестиций по мере выравниваемости доходов от различных активов: первоначально большие инвестиции в человеческий капитал постепенно переключаются на инвестиции в капитал физический (недвижимость, ценные бумаги). Таким образом, чем выше уровень образования, тем ниже его отдача. Например, известно, что в США нормы отдачи расходов на образование оценивались: для начального образования – 50-100 %, среднего – 15-20 %, высшего – 10-15 %. Уменьшение нормы отдачи высшего образования в США в 1970-е годы XX века дало основания предполагать перепроизводство дипломированной рабочей силы, хотя в последующем она вновь выросла.

Применительно к России анализируемые показатели выглядят следующим образом. Большинство исследователей согласны с тем, что в последние годы советской власти отдача от высшего образования находилась на беспрецедентно низком уровне и составляла не более 1-2 %. В таких условиях пожизненные заработки человека с высшим образованием практически не отличались от аналогичных доходов работников значительно более низкого уровня образования. Заинтересованность в получении высшего образования снижалась, огромное число специалистов с высшим и средним профессиональным образованием трудилось на рабочих должностях, не требующих такого уровня подготовки (в 1986 году таких насчитывалось 4 млн. из 34,6 млн. от общей численности специалистов с высшим и средним специальным образованием, занятых в народном хозяйстве СССР, при этом они не только не теряли, скорее наоборот, выигрывали в заработной плате.

В то же время некоторые исследователи считают, что норма отдачи инвестиций в самых богатых странах вновь возрастает с ростом уровня образования, принимая тем самым «U-образную» форму. Например, в России рыночные преобразования «восстановили» престиж и значимость профессионального образования – оценки конца 1990-х годов показывают цифру 7-8 %, что вполне совпадает с уровнем отдачи образования большинства стран мира. В последние годы обладание вузовским дипломом в России обеспечивает прирост заработков относительно работника с полным общим средним образованием на 60-70 %, что также соответствует мировой практике (в промышленно развитых странах этот разрыв составляет 50-100 %).

Анализ зависимости заработков работника от уровня его профессиональной подготовки, возраста, а также других факторов (пола, опыта работы и тому подобное) в теории человеческого капитала разработан с достаточной достоверностью.

Таким образом, включение персонализации в совокупность принципов реализации адаптационных ресурсов внутрифирменного обучения рабочих строительных профессий по безопасности труда обеспечивает не только повышение профессионализма работников, но и увеличение их заработков.

Обобщая представленный в статье материал, отметим, что определенные нами принципы реализации адаптационных ресурсов (фундаментализации, капитализации знаний, автономности, персонализации) в процессе внутрифирменного обучения обеспечивают его опережающий характер и ориентируют на постоянное совершенствование содержания и методов, создание персонализированных моделей обучения и формирование человеческого капитала.

Список библиографических ссылок

1. Кашина С.Г. Сущность и содержание внутрифирменного обучения // Современные проблемы науки и образования, 2014, № 5. URL: www.science-education.ru/119-14854 (дата обращения: 20.10.2014).
2. Пугачева Н.Б. Форсайт как составляющая управления современным профессиональным образованием // Профессиональное образование в России и за рубежом, 2010, № 2. – С. 65-69.
3. Лунев А.Н., Пугачева Н.Б., Стуколова Л.З. Сущностная характеристика регионального рынка услуг // Концепт, 2013, № 12, ART 13260. URL: http://e-koncept.ru/2013/13260.htm (дата обращения: 23.09.2014).
4. Лунев А.Н., Пугачева Н.Б., Стуколова Л.З. Стратегии и тенденции развития муниципальной системы образования // Концепт, 2014, № 03, ART 14060. URL: http://e-koncept.ru/2014/14060.htm. (дата обращения: 23.09.2014).
5. Лунев А.Н., Пугачева Н.Б., Стуколова Л.З. Формы интеграции субъектов регионального рынка профессиональных образовательных услуг // Концепт, 2014, № 01, ART 14012. URL: http://e-koncept.ru/2014/14012.htm (дата обращения: 23.09.2014).
6. Чепурышкин И.П., Кашина С.Г., Василенкова Н.И. Принципы управления качеством образования в школе-интернате // Современные проблемы науки и образования, 2014, № 4. URL: www.science-education.ru/118-14411 (дата обращения: 22.10.2014).
7. Кашина С.Г., Чепурышкин И.П. Абилитационно-воспитательное пространство – императив качества образования в школе-интернате // Современные проблемы науки и образования, 2014, № 4. URL: http://www.science-education.ru/118-14433 (дата обращения: 28.08.2014).
8. Шарафутдинов Д.К., Бадрутдинов М.Н., Сибагатуллин Р.Р. Инновационный учебно-методический комплекс на основе графического дизайна и информационных технологий как средство формирования профессиональных компетенций по безопасности труда работающих на ремонте и реконструкции магистральных трубопроводов // Нефтегазовое дело. – Уфа, 2011, № 6. URL: http:www.ogbus.ru /authors/SharafutdinovDK/SharafutdinovDK_1pdf (дата обращения: 06.05.2014).
9. Василенкова Н.И., Кашина С.Г., Чепурышкин И.П. Методы мониторинга образовательных услуг школ-интернатов // Современные проблемы науки и образования, 2014, № 4. URL: www.science-education.ru/118-14436 (дата обращения: 03.09.2014).

Kashina S.G. – associate professor
E-mail: kashina@kgasu.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Principles of implementation of adaptation resources house training building trades workers work safety

Resume

In-house training of workers building trades work safety is a complex, multi-component processes are interconnected with manufacturing, educational and scientific organizations unified sectoral focus.

The author proposed and justified following principles of adaptive resources: the principle of fundamental nature of knowledge, knowledge capitalization; autonomy and personalization. It is established that the integrity of the system of knowledge on safety is characterized by: the primary, integrity, emergence, nonadditivity, complexity and continuity. The principle of capitalization of knowledge is due to the development of national qualifications frameworks and systems (NRC), the main purpose of which is to provide access to education and training / development of qualifications for all categories of citizens, regardless of previously received formal education in view of their knowledge, skills and competences. Capitalization of knowledge on safety – is imperative not only to the quality of in-house training of building trades workers on safety, but also the formation of human capital. Autonomy is demonstrated by intra-structures, the introduction of new financial and economic mechanisms of intra safety management, the establishment of corporate training centers for occupational safety. Personalization is due, as the current level of socio-economic development, stable dynamics in the EU participation of adults in lifelong education and the positioning in the pedagogy of vocational education paradigm of subjectivity.

It should be noted that certain principles for the implementation of adaptation author resources in-house training provide its advanced character and caters for the continuous improvement of content and methods, creation of personalized models of education and human capital formation.

Keywords: house training, construction, performance, safety, labor, human capital, adaptation resources fundamentalization knowledge capitalization of knowledge, autonomy, personalization.

References list

1. Kashina S.G. The nature and content of the in-house training // Modern problems of education and science, 2014, № 5. URL: www.science-education.ru/119-14854 (reference date: 20.10.2014).
2. Pugacheva N.B. Foresight as a component of management of modern vocational education // Vocational Education in Russia and abroad, 2010, № 2. – P. 65-69.
3. Luneff A.N., Pugacheva N.B., Stukolova L.Z. The essential characteristics of the regional services market // Concept, 2013, № 12, ART 13260. URL: http://e-koncept.ru/2013/13260.htm. (reference date: 23.09.2014).
4. Luneff A.N., Pugacheva N.B., Stukolova L.Z. Strategy and development trends of municipal education system // Concept, 2014, № 03, ART 14060. URL: http://e-koncept.ru/2014/14060.htm. (reference date: 23.09.2014).
5. Luneff A.N., Pugacheva N.B., Stukolova L.Z. Form of integration of the regional market actors professional educational services // Concept, 2014, № 01, ART 14012. URL: http://e-koncept.ru/2014/14012.htm. (reference date: 23.09.2014).
6. Chepuryshkin I.P., Kashina S.G., Vasilenkova N.I. The principles of quality management education at a boarding school // Modern problems of science and education, 2014, № 4. URL: www.science-education.ru/118-14411 (reference date: 22.10.2014).
7. Kashina S.G., Chepuryshkin I.P. Habilitation and educational space – the imperative of quality education in a boarding school // Modern problems of science and education, 2014, № 4. URL: http://www.science-education.ru/118-14433 (reference date: 28.08.2014).
8. Sharafutdinov D.K., Badrutdinov M.N., Sibagatullin R.R. Innovative training complex on the basis of graphic design and information technology as a means of formation of professional competencies for occupational safety working on the repair and reconstruction of pipelines // Oil and gas business. – Ufa, 2011, № 6. URL: http: www.ogbus.ru /authors/SharafutdinovDK/SharafutdinovDK_1pdf (reference date: 06.05.2014).
9. Vasilenkova N.I., Kashina S.G., Chepuryshkin I.P. Methods for monitoring the educational services of boarding schools // Modern problems of science and education, 2014, № 4. URL: www.science-education.ru/118-14436 (reference date: 03.09.2014).

УДК 377
Падерин В.К. – доктор философских наук, профессор
E-mail: paderin-valerii@mail.ru
Митрошина О.В. – кандидат социологических наук, доцент
E-mail: mitroshina.lecka@yandex.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

К вопросу о технологиях организации самостоятельной работы студентов

Аннотация
В статье рассматривается один из наиболее сложных вопросов педагогики высшей школы, связанный с организацией самостоятельной работы студентов. Предпринимается попытка факторного анализа недостаточной эффективности этого вида учебной деятельности. Выстраивается «дерево» причин данного явления с учетом реальной значимости и весомости каждого из них. Показываются сложности руководства этой работой, а также предлагаются методы, направленные на то, чтобы сделать самостоятельную работу студента более качественной и эффективной.
Ключевые слова: самостоятельная работа студента, факторный анализ, матрица факторов недостаточной эффективности самостоятельной студентов, установка на самостоятельную работу, внутренние и внешние условия, детерминирующие активную самостоятельную работу, технологии организации самостоятельной работы студентов.

Не будет преувеличением сказать, что одной из наиболее сложных проблем педагогики высшей школы является организация самостоятельной работы студентов. Болонская система делает акцент именно на данной составляющей в процессе получения образования. Смысл ориентации на этот вектор заключается не в простом количественном изменении соотношения часов на аудиторную и самостоятельную работу, а в том, чтобы повысить качество и эффективность самостоятельного усвоения студентами учебного материала. Болонская модель исходит из принципа личной ответственности каждого обучающегося за качество своего образования, что в свою очередь поставило перед необходимостью переструктурирования традиционных связей между преподавателем и студентом, не потеряв, в то же время, многие достижения отечественного образования. Тем более, что болонский процесс не направлен на стандартизацию или унификацию высшего образования. Не говоря уже о том, что утрата качественной специфики отечественного образования способна привести к снижению его роли в развитии национального самосознания, в формировании человека-патриота.

По данным педагогических исследований наиболее оптимальным соотношением аудиторной и самостоятельной работы является не традиционная пропорция один к одному, а один к трем [1]. Казалось бы, парадокс: эффективность самостоятельной работы студентов и так не велика, а тут еще ставится вопрос об изменении пропорции учебного и внеучебного времени. Но другого пути нет. Давно уже доказано, что только дополнение систематического образования самообразованием способно существенно повлиять на качественные характеристики будущего специалиста [2]. Не случайно, еще в 1893 году в России появились образовательные структуры, задачей которых являлось стимулирование самообразования («Комиссия для организации домашнего чтения» (Москва), «Отдел содействия самообразованию при Педагогическом музее» (Санкт-Петербург) и др.). И несмотря на то, что отношение к ним было неоднозначным, не следует забывать о том, что многие образовательные практики, кажущиеся на первый взгляд искусственными, на самом деле обусловлены потребностями, проистекающими из глубинных «пластов» социума.

Вопрос о самостоятельной работы студентов вызывает много споров в связи с трудностями руководства ею, установления обратной связи, сложностями контролирования и др. Огромный разброс мнений, касающийся организации самостоятельной работы студентов, говорит лишь о недостаточной изученности вопроса, не более того.

В этой связи, встает проблема оценки причин недостаточной эффективности самостоятельной работы студентов. Факторный анализ показывает, что есть причины, связанные с самим субъектом образования, а есть те, которые «замкнуты» на обстоятельствах, лежащих во вне. В этой связи значимо, во-первых, построение матрицы факторов (факторных нагрузок причин) недостаточной эффективности самостоятельной работы студентов, выделение основных и неосновных, объективных и субъективных, внутренних и внешних. А, во-вторых, их содержательная интерпретация (факторизации подвергаются качественные причины).

К факторам, существенно влияющим на качество самостоятельной работы студентов, относится наличие или отсутствие готовности к ней, то есть, установки, которая может быть устойчивой или не устойчивой; согласованной с другими или не согласованной (когерентность). Важной характеристикой установки на самостоятельную работу является также модальность, выражающая отношение субъекта образования к этому виду деятельности, которое может быть аподиктическим (смысл – в фиксации на необходимости занятия самостоятельной работой), ассерторическим (когда фиксируется необходимость самостоятельной работы, не делающая ее реальным фактом) и проблематическим (содержащим значительный компонент сомнения в ее необходимости). Установка на самостоятельную работу может быть, как постоянной, так и ситуативно-эпизодической. В любом случае, среди факторов, мотивирующих предрасположенность личности к данному виду учебной деятельности, важное место занимает сформированность установки на нее. Это отчетливо видно при опросах студентов. Так, ответы такого рода: «чтобы усвоить что-то самостоятельно буквально передвигаю, как Сизиф, в голове свои мысли», говорят о несформированности установки на регулярную и интенсивную самостоятельную работу, что, может быть, связано с самыми разными обстоятельствами. В этой связи, встает вопрос о таких детерминантах ее формирования, как способность к самоорганизации (связанная с умением мобилизовать, «собрать себя», рациональным распределением интеллектуальных сил, времени и средств), волевые качества личности, настойчивость, упорство и другие.

Очень часто формирование установки на самостоятельную работу затруднено «клиповостью» сознания у части современной молодежи, особенно обучающейся. Постоянное «перепрыгивание» с одного сайта на другой имеет своим последствием поверхностность восприятия материала, который необходимо самостоятельно усвоить, а также неумение решать учебные задачи, требующие временной продолжительности и систематичности. Как следствие, затруднения, касающиеся синтеза различных идей и разнообразной информации для выстраивания более сложных систем интерпретаций и доказательств, а также установление причинно-следственных связей и закономерностей.

Поэтому важным компонентом педагогического мастерства преподавателя является умение создавать и использовать систему приемов, способных снять у студента «препятствия» на пути активной самостоятельной работы [3]. И здесь, особое значение имеет система смыслов: во имя чего? Во многом их формирование зависит от увязывания преподавателем изучаемого материал с будущей профессией. Опросы показывают, что в основе фактов профессиональной не успешности часто лежит не столько специальная несостоятельность, сколько некомпетентность, связанная с непониманием, происходящих в строительных коллективах процессов: стадий их развития (на каждой из которых своя система социальных связей и отношений); причин и закономерностей неофициального группообразования и неофициального лидерства; умения строить отношения и длительно взаимодействовать с другими – активом, пассивом, индифферентными и дезорганизаторами (одно дело – кратковременный социальный контакт, другое – длительное интерактивное взаимодействие); устанавливать связи, и особенно, прекращать их без негативных, для себя и для дела, последствий; специфики функционирования строительного коллектива в зависимости от того стиля управления, которого придерживается его руководитель; способов предупреждения и возможных стратегий и тактик разрешения конфликтов; методов сохранения душевного равновесия при нахождении в конфликтогенных зонах и т. д. [4].

Для выработки смыслов занятия самостоятельной работой у студентов значение имеет характер педагогической деятельности преподавателя [5]. Одно дело, когда он рассматривает ее, как простую, механическую трансляцию знаний (как «отбытие повинности»), а совсем другое – когда он смотрит на нее, как на служение, в лучшем значении этого слова. Реализовать эту задачу в условиях, когда преподавательская деятельность в массовом сознании нередко оценивается не как уважаемая профессия, а как «диагноз», довольно затруднительно. Тем более, что распространен стереотип, согласно которому преподаватели, как представители креативной группы, способны только комментировать, заниматься риторикой, но, отнюдь, не действовать. Не говоря уже о том, что молодежь сегодня во многом не связывает решение своих профессионально-карьерных запросов с тем, что дают им «служители разума», которые, подчас «не понимают, что жизнь по своей сути это джунгли и даже смертельная болезнь» (из ответов студентов). На мельницу таких настроений «льет воду» и то, что преподавание не имеет сиюминутной отдачи.

Однако, как бы то ни было, преподаватель сегодня, в условиях перманентных перемен, в обстановке когда микромиры пришли в столкновение, просто обязан беззаветно служить своему делу, а его лекции должны быть буквально «выплавлены» из знаний, житейского, душевного и чувственного опыта. Большое значение имеет умение «зажечь» студента, «заразить» его своим интересом и вдохновением, сделать так, чтобы человек почувствовал «восторг познания». В этом случае он сможет сориентировать обучаемых на активную интеллектуальную деятельность (в данном случае, самостоятельную работу). Однако, одного вдохновения и даже хорошего знания преподавателем учебного материала мало. Необходимо еще владение в совершенстве методами инновационного обучения, способность использовать весь комплекс современных образовательных технологий и преподавательских практик. К ним относятся: технология проблемного обучения (суть которой состоит в умении так сформулировать и обозначить реальную задачу, чтобы вовлечь студентов в эвристически-поисковый процесс нахождения возможных вариантов ее разрешения), технология модульного обучения (учитывающая степень усвоения учебного материала), технология контекстного обучения (при которой моделируется содержание будущей профессиональной деятельности специалиста, а усвоение знаний «вплетено» в канву этой деятельности; такого рода обучение имеет большое значение как в деле формирования готовности к самостоятельной работе, так и в деле формирования ее смыслов, вовлеченности студентов в самостоятельную работу), технология проведения семинарских занятий в виде диалогов, дебатов, брейнсторминга – «мозгового штурма» и т.д. [6].

Не менее значимо овладение преподавателями функциями тьютера и модератора.

Самостоятельная работа студентов, как известно, подразделяется на аудиторную и внеаудиторную. В первом случае, контрольные, практические и творческие задания не должны быть «удушающими» и не носить, так сказать, «карательный характер», они, как и лекции, просто обязаны привить студенту потребность к систематической самостоятельной работе. Такие формы внеаудиторной работы, как подготовка текстов докладов (для выступлений на семинарах), рефератов, курсовых проектов, портфолио должны быть направлены на овладение студентами, как когнитивными (включающими в себя методы элаборации – использование дополнительной литературы, составление категориального «дерева», операционализация понятий, работа с конкретными материалами и примерами, сопоставление, установление межпредметных связей и т.д., и методы организации – классификация изучаемого материала, распределение его по группам в зависимости от каких-то общих признаков; перевод данных на язык цифр, схем, формул, графиков, диаграмм; написание резюме и т.д.), так и метакогнитивными учебными стратегиями. Последние связаны с волевой саморегуляцией, самоорганизацией и самопланированием.

Несколько слов о способах контроля за самостоятельной работой студентов [7]. Сегодня требуются нетрадиционные формы контроля. Констатирующих его видов, в современных условиях исключительно динамичного социумного развития, уже не достаточно. Важно не просто зафиксировать пробелы, просчеты, недоработки в самостоятельной работе студента, препятствия на пути ее осуществления (хотя это тоже необходимо), а скорректировать ее таким образом, чтобы она стимулировала еще большую его вовлеченность в самостоятельную творческую деятельность, усиливала

мотивацию. То есть, контролирование должно быть таким, чтобы оно влияло на креативный процесс, составляющими которого являются: повышенная чувствительность к проблемам, неудовлетворенность собственным уровнем знаний, желание пополнять свой интеллектуальный багаж, приобретать умения и навыки, которые потребуются в перспективе для реализации будущей профессиональной деятельности. Это, пожалуй, самый сложный вопрос. В гражданских вузах (в отличие от вузов военного профиля, где контроль за самостоятельной работой осуществлять проще – «взвод такой-то занимается самоподготовкой под руководством офицера-наставника в такое-то время»), где отсутствуют жестко заданные рамки, регламентирующие самостоятельную работу обучающихся, имеет смысл выстраивать контролирующие стратегии несколько иным способом. Тем более, что творчество и жесткие рамки несовместимы. Самостоятельно работающий студент, в деятельности которого преобладает креативное начало, нередко тяготится прессингом стандартов и норм официального контроля, рассматривая их, подчас, как «духовные оковы», мешающие его самореализации и самовыражению. Поэтому для того, чтобы самостоятельная работа студента носила креативный характер, требуются более тонкие и гибкие контролирующие стратегии. Очевидно, имело бы смысл выстраивать их следующим образом. Во-первых, необходимо иметь представление о степени сформированности у студентов установки на самостоятельную работу. В этой связи, очевидно, было бы целесообразным использовать шкалы Лайкерта, Терстоуна, Гуттмана для измерения такого рода установок у каждого студента и составления на их основе карт степени подготовленности студентов к самостоятельной работе, а затем выстраивание индивидуальной контролирующей тактики. Во-вторых, в зависимости от степени креативности студента, использовать различные способы контроля: констатирующий, корректирующий, итоговый и пр. Не лишним, как представляется, является использование, как количественных (анкетирование; интервьюирование; анализ документов, в которых находит отражение самостоятельная работа студентов – докладов, эссе, обзоров литературы, мини-глоссариев и т.д.), так и качественных (метод «фокус-групп», глубинных интервью, включенных наблюдений, изучение жизненных студенческих историй и т.п.) методов получения информации о состоянии дел в сфере самостоятельной работы. В-третьих, применение того или иного контроля требуется увязывать с периодом обучения. Применять корректирующий контроль в самом начале семестра нецелесообразно, он преждевременен; в конце семестра он ничего не даст, так как не может предупредить ошибок студентов, допускаемых во время проведения самостоятельной работы. Поэтому предпочтителен контроль промежуточный, причем, носящий мониторинговый характер, частота которого прямо пропорциональна степени развитости самоконтроля у обучающегося.

Необходимо особо отметить помощь преподавателя студенту при проектировании последним собственных образовательных маршрутов [8], веер которых разнообразен. Это может быть осознанное движение студента к формированию себя как специалиста-практика (например, Альфред Нобель был инженером-практиком и его интересовали опыты, эксперименты, а не абстрактные теории. Отмечаемые его премией открытия, изобретения в обязательном порядке должны быть практико-ориентированными. Не случайно, А. Энштейн был удостоен нобелевской премии не за теорию относительности, а за изучение феномена фотоэффекта); как будущего исследователя, ориентированного на научную деятельность; или как просто образованного человека.

Поскольку факторы самостоятельной работы могут быть единичными, особенными и общими, то нельзя не отметить влияние на самостоятельную работу студентов состояния образовательного пространства вуза, так сказать, институциональных условий. Образовательное пространство вуза складывается из различных структур: управленческо-организационных, кадровых, технологических, методических, правовых, финансово-материальных. Важна также сама атмосфера в вузе, отношение к тем, кто действительно занимается наукой. В этой связи, обращает на себя внимание, сложившаяся в КГАСУ традиция чествования студентов, занимающихся наукой (победителей олимпиад, конкурсов и т.д.) на Ученом Совете вуза. По данным опросов студентов – это важнейший

фактор стимулирования студенческой креативности, превращение занятия наукой в естественный процесс за время обучения.

Таким образом, вопрос о технологиях организации самостоятельной работы студентов – это проблема, которая требует более внимательного изучения.

Список библиографических ссылок

1. Современные образовательные технологии / под ред. Н.В. Бордовской. – М.: КНОРУС, 2010. – С. 184.
2. Корчагин Е.А., Сафин Р.С. Основы педагогики. Учебное пособие для студентов высших технических учебных заведений. – Казань, КГАСУ, 2009. – С. 32-34.
3. Малошонок Н.Г. Студенческая вовлеченность в учебный процесс: методология исследований и процедура измерения // Социологические исследования, 2014, № 3. – С. 141-147.
4. Падерин В.К. Социология в реализации компетентностного подхода в процессе подготовки бакалавра-строителя. В кн. Корпоративное профессиональное образование: опыт, проблемы, перспективы развития: Материалы Международной научно-практической конференции, 28 апреля 2011 года / под общей редакцией д.п.н. Е.А. Корчагина; д.п.н. Р.С. Сафина. – Казань: КГАСУ, 2011. – С. 202-204.
5. Педагогика: теории, системы, технологии. Под ред. С.А. Смирнова. 8-е изд. – М.: Издательский центр «Академия», 2008. – С. 80-82.
6. Падерин В.К., Митрошина О.В. Использование современных технологий обучения в процессе преподавания социологии в вузе. В кн. Корпоративное профессиональное образование как ресурс подготовки конкурентоспособного специалиста: Материалы Международной научно-практической конференции, 26 апреля 2012 года / под общ. ред. д.п.н. Е.А. Корчагина; д.п.н. Р.С. Сафина. – Казань: РИЦ, 2012. – С. 101-104.
7. Звонников В.И. Современные средства оценивания результатов обучения. 2-е изд. – М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 224 с.
8. Климов Е.А. Психология профессионального самоопределения. 3-е изд. – М.: издательский центр «Академия», 2007. – С. 75-81.

Paderin V.K. – doctor of philosophical sciences, professor
E-mail: paderin-valerii@mail.ru
Mitroshina O.V. – candidate of sociological sciences, associate professor
E-mail: mitroshina.lecka@yandex.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

To the question about the technology of organization of students' independent work

Resume

The article is devoted to analysis of current, but at the same time, little developed in pedagogical science problem the technology of organization of independent work of students. It is shown that this aspect of educational activity needs to be improved in modern conditions of modernization of higher education, because, as with the need for greater «coordination» teaching with practice, and with the objective of urgent need of improving the quality of education. Moreover, the Bologna model is based on the principle of personal responsibility of each student for the quality of their education, which in turn necessitated restructuring traditionally established relationships between teacher and student.

Based on the application of factor analysis are presented in the article and line up, depending on their weight, the reasons for lack of effectiveness of independent work of students. The authors divide them into subjective and objective, internal and external, as well as unique,

special and general. The author proves the necessity of the formation of students' attitudes to independent work based on pre-established (with scales Likert, Turnstone, Guttmann) maps the degree of preparedness and the ability of the subject of education to work independently. On the basis of the assessment of the degree of involvement of the students in the process of independent work are encouraged to develop educational strategies using innovative technologies.

The role and importance of pedagogical skills of the teacher in modern conditions, in the organization of students' independent work as well as factors associated with the educational space of higher education institutions are shown.

Keywords: independent work of the student, factor analysis and matrix factors the lack of effectiveness of individual students, individual work, internal and external conditions determining active independent work, technology, organization of independent work of students.

Reference list

1. The modern educational technologies / editor N.V. Bordovsky. – M.: KNORUS, 2010. – P. 184.
2. Korchagin E.A., Safin R.S. Basics of pedagogy. Textbook for students of higher technical educational institutions. – Kazan, KGASU, 2009. – P. 32-34.
3. Maloshonok N.G. Student involvement in the learning process: research methodology and measurement procedure // Sociological studies, 2014, № 3. – P. 141-147.
4. Paderin V.K. Sociology in the implementation of the competence-based approach in the preparation of the bachelor-builder. In the book Corporate professional education: experience, problems, prospects: The materials of the international scientific-practical conference, April 28, 2011 / under the general editorship of doctor of pedagogical sciences E.A. Korchagin; doctor of pedagogical sciences R.S. Safin. – Kazan: KGASU, 2011. – P. 202-204.
5. Pedagogy: theory, systems, and technology. Ed. by S.A. Smirnov. 8th ed. – M.: Publishing center «Academy», 2008. – P. 80-82.
6. Paderin V.K., Mitroshina O.V. the Use of modern learning technologies in teaching sociology in high school. In the book: Corporate professional education as a resource for the preparation of the competitive expert: Materials of International scientific-practical conference, April 26, 2012 / under the general editorship of doctor of pedagogical sciences E.A. Korchagin; doctor of pedagogical sciences R.S. Safin. – Kazan: RIC, 2012. – P. 101-104.
7. Sannikov V.I. Modern means of assessment of learning outcomes. 2nd ed. – M.: Publishing center «Academy», 2008. – 224 p.
8. Klimov E.A. Psychology of professional determination. 3rd ed. – M.: publishing center «Academy», 2007. – P. 75-81.

УДК 378.147
Пономарев А.Б. – доктор технических наук, профессор
E-mail: spstf@pstu.ac.ru
Вахрушев С.И. – кандидат технических наук, доцент
Пермский национальный исследовательский политехнический университет
Адрес организации: 614990, Россия, г. Пермь, ул. Комсомольский проспект, д. 29

Опыт прохождения профессионально-общественной аккредитации магистерской программы «Подземное и городское строительство» направления подготовки 270800.68 – Строительство

Аннотация

Рассмотрены особенности процедуры самообследования вуза и аккредитуемой образовательной программы по критериям, разработанным Аккредитационным центром Ассоциации инженерного образования России (АЦ АИОР). В статье показаны особенности разработки целей и результатов обучения по аккредитуемой магистерской программе и приведены основные этапы прохождения независимой международной профессионально-общественной аккредитации. Кроме того дана структура выпускающей кафедры, ее достоинства и планируемые перспективы развития с учетом сетевого взаимодействия с российскими и зарубежными вузами. Выявлены сильные стороны аккредитуемой образовательной программы, позволяющие признать качество и высокий уровень подготовки выпускников, их готовности к успешной карьере в области подземного и городского строительства.

Ключевые слова: аккредитация, выпускники, миссия вуза, критерии, образовательная программа, результаты обучения, работодатели.

В настоящее время Министерство образования и науки России периодически придает общественной гласности показатели мониторинга эффективности вузов. В свою очередь мониторинг эффективности выстраивается на основе проведения внешних аудитов и аккредитаций по следующим показателям: образовательная деятельность, научно-исследовательская деятельность, международная деятельность, финансово-экономическая деятельность, инфраструктура и трудоустройство выпускников. Главное внимание уделяется достаточности уровня квалификации преподавательского состава, а также академической мобильности студентов, предусматривающей сетевое взаимодействие выпускающей кафедры с российскими и зарубежными вузами.

В настоящее время к подготовке профессиональных кадров строительной отрасли России предъявляются высокие требования. Руководители строительного производства в регионах должны сами определять требования к выпускникам, на основе которых разрабатывается стратегия развития вуза с учетом возможных разнообразий подходов и методик, используемых в реализации образовательных программ [1].

Однако разработка целей и результатов обучения по магистерским программам строительного направления с привлечением широкого общественного мнения на территории России до сих пор не проводились [2]. Эта проблема была успешно выполнена в 2014 году на строительном факультете Пермского национального исследовательского политехнического университета (ПНИПУ).

Независимая профессионально-общественная аккредитация учебной программы магистратуры включала три этапа:

– на первом этапе с апреля 2013 года по февраль 2014 года было проведено самообследование образовательной программы выпускающей кафедрой «Строительное производство и геотехника (СПГ)», в ходе которого в трех томах подготовлены следующие отчетные документы: описание магистерской программы, описание учебных дисциплин и резюме преподавателей, описание вуза и подразделения. На этапе самообследования были разработаны опросные листы и проведено анкетирование широкой общественности, включая органы региональной власти, работодателей, магистрантов, преподавателей по аккредитуемой образовательной программе, родителей

студентов и выпускников. Всего было заполнено 129 анкет, которые имели разную форму и количество рассматриваемых вопросов;

– на втором этапе с 19 по 23 февраля 2014 года проведен консалтинг директором АЦ АИОР профессором Герасимовым С.И. по выявлению сильных и слабых сторон магистерской программы на основе самообследования и принято решение о допуске к аккредитации;

– на третьем этапе с 22 по 25 апреля 2014 года проведен аудит комиссией в составе четверых независимых экспертов Аккредитационного центра АИОР и троих наблюдателей членов Европейской сети аккредитации инженерного образования (ENAEE[1]), профессоров из Германии, Ирландии и Румынии.

Особое внимание обращалось на востребованность аккредитуемой образовательной программы на региональном уровне. Стратегическими партнерами и потребителями аккредитуемой магистерской программы являются ассоциация «Пермские строители», предприятия и организации строительного комплекса Прикамья [3].

Цели аккредитуемой образовательной программы представляют собой совокупность требований в виде знаний, умений и владений навыками, которыми должны обладать выпускники через некоторое время по окончании обучения, например, через три-пять лет. Они должны быть обсуждены со всеми заинтересованными лицами, а также согласованы с требованиями образовательного стандарта и миссией вуза. Миссия ПНИПУ изложена на сайте: http://pstu.ru/basic/mission/.

На основании вышеизложенного, при формулировке целей обучения особое внимание уделялось готовности выпускников к успешной карьере на основе профессиональной и этической ответственности, фундаментальных знаний, высокой интеллектуальной зрелости. Структурная схема формирования целей образовательной программы представлена на рис. 1.

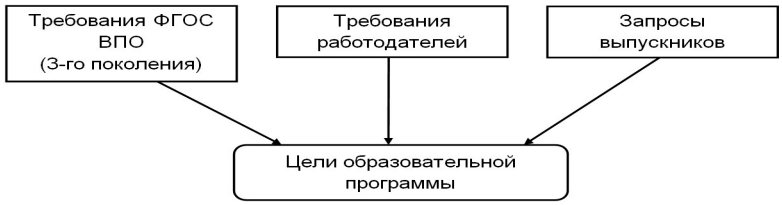


Рис. 1. Схема формирования целей аккредитуемой образовательной программы

Исходя из заявленных целей были сформулированы результаты обучения выпускников, которые корректировались через каждые шесть месяцев. В свою очередь, результаты корректировки и пересмотра целей осуществлялись только через опросы выпускников с учетом их продвижения и карьерного роста, а также отзывов от предприятий и организаций по выпускникам. Так, по результатам опроса выпускников 2012-2014 годов и анкетирования работодателей строительной отрасли Прикамья была произведена корректировка целей и результатов обучения по аккредитуемой магистерской программе.

В качестве документов, фиксирующих цели и результаты обучения по аккредитуемой магистерской программе были представлены:

– решение Ученого совета строительного факультета ПНИПУ, где цели и результаты обучения обсуждены и приняты;

– папки отчетов с документами по анкетированию работодателей, студентов, преподавателей, выпускников аккредитуемой образовательной программы и родителей студентов, рассмотренные и одобренные протоколами заседаний выпускающей кафедры СПГ.

Результаты обучения по аккредитуемой образовательной программе имеют краткие формулировки и отражают требования к выпускникам, не только со стороны работодателей,

[1] ENAEE (European Network for Accreditation of Engineering Education) – организация, координирующая функционирование общеевропейской системы аккредитации инженерного образования, созданная при поддержке Еврокомиссии: http://www.enaee.ru.

а также представителей региональной власти. Исследования, выполненные на основе показателей государственных итоговых аттестаций выпускников свидетельствуют, что высокий уровень влияния на результаты обучения имеют дисциплины общенаучного и профессионального циклов. Наиболее эффективно на результаты обучения влияет научно-исследовательская работа студентов в соответствии с темами магистерских диссертаций, подтверждающая инженерный характер деятельности выпускников [4, 5, 6].

В целом все сформулированные результаты обучения обеспечивают достижение целей образования по аккредитуемой образовательной программе и полностью согласуются с критериями АИОР. Информация по скорректированным целям и результатам обучения доступна для широкой общественности и опубликована на сайте: http://pstu.ru/title1/abiturient/mag_prog/info/.

Необходимо отметить, что в России на сегодняшний день по строительному направлению подготовки независимую профессионально-общественную международную аккредитацию с выдачей сертификата EUR-ACE® прошла только одна магистерская программа, реализованная на строительном факультете нашего университета.

В связи с этим хотелось бы поделиться опытом подготовки документов самообследования по всем девяти критериям АИОР. Наибольший интерес представляет *первый критерий*, связанный с широким общественным обсуждением и определением целей магистерской программы. По первому критерию в ходе аудита эксперты отдельно беседуют с работодателями, определяют востребованность выпускников магистратуры, прежде всего, на региональном уровне.

Второй критерий отражает содержание и наполняемость программы обучения, проверяется наличие 120 кредитов (Европейской системы образования – ECTS) для магистров. Контроль освоения результатов обучения осуществляется в ходе сдачи государственного междисциплинарного экзамена и защиты магистерских диссертаций (выпускных квалификационных работ). По второму критерию эксперты выборочно проверяют содержание выпускных квалификационных работ на наличие плагиата.

Третий критерий оценивает наличие индивидуального обучения студентов в соответствии с выбранной темой исследований, качество практик, сетевое взаимодействие выпускающей кафедры с российскими и зарубежными вузами и возможности академической мобильности преподавателей и студентов. По третьему критерию эксперты отдельно беседуют со студентами, проверяется знание иностранного языка и умение пользоваться иностранной литературой.

Четвертый критерий определяет достаточность уровня квалификации преподавательского состава, наличие научных публикаций и опыта работы в строительной отрасли, участие в российских и зарубежных профессиональных сообществах. Особое внимание уделяется текучести кадров. По четвертому критерию эксперты отдельно беседуют с преподавателями.

Пятый критерий имеет важную значимость, т. к. отражает подготовку к профессиональной деятельности выпускника, которая должна иметь инженерный характер и осуществляться в течение всего учебного процесса. Особое внимание уделяется качеству выполнения курсовых проектов, отражающих технико-экономическое сравнение вариантов проектируемых объектов, экологические аспекты и требования безопасности на строительном объекте. По окончании программы обучения выпускники должны планировать и проводить эксперименты, анализировать и интерпретировать данные, применять новейшие технологии строительного производства, работать в составе команды, владеть одним из иностранных языков для профессионального общения. По пятому критерию эксперты отдельно беседуют с выпускниками.

Шестой критерий отражает материально-техническую базу учебного заведения и выпускающей кафедры. Учебная и экспериментальная лаборатории должны обеспечивать возможности для самостоятельной научно-исследовательской работы всем студентам. Материально-техническая база должна постоянно совершенствоваться, обновляться и расширяться. По шестому критерию эксперты отдельно беседуют с деканом факультета и заведующим выпускающей кафедры СПГ.

Седьмой критерий оценивает информационное обеспечение аккредитуемой образовательной программы. Учебная и научная библиотеки должны обеспечивать свободный доступ к информационным ресурсам через локальную сеть или Интернет. Техническая и справочная литература, учебные и различные периодические отраслевые издания должны систематически обновляться, совершенствоваться и расширять информационную базу. Эксперты проверяют рабочие программы дисциплин и редакционно-издательскую деятельность преподавательского состава. Особое внимание уделяется активным и интерактивным формам проведения аудиторных занятий.

Восьмой критерий дает представление о финансовом обеспечении аккредитуемой образовательной программы, административно-хозяйственной деятельности вуза, наличии системы менеджмента качества и сертификатов о прохождении аудитов. Важным фактором является соответствие заработной платы преподавательского состава среднему уровню по региону.

Девятый критерий посвящен изучению трудоустройства и востребованности магистров на региональном уровне. Система изучения трудоустройства и сопровождения карьеры выпускников используется для дальнейшего совершенствования магистерской программы.

Подготовленный комплект документов по аккредитуемой образовательной программе полностью соответствовал всем требованиям критериев аккредитации. Процедура профессионально-общественной аккредитации была направлена на реализацию мер по совершенствованию образовательной программы путем выявления сильных и слабых ее сторон. Схема совершенствования образовательной программы по результатам профессионально-общественной аккредитации представлена на рис. 2.

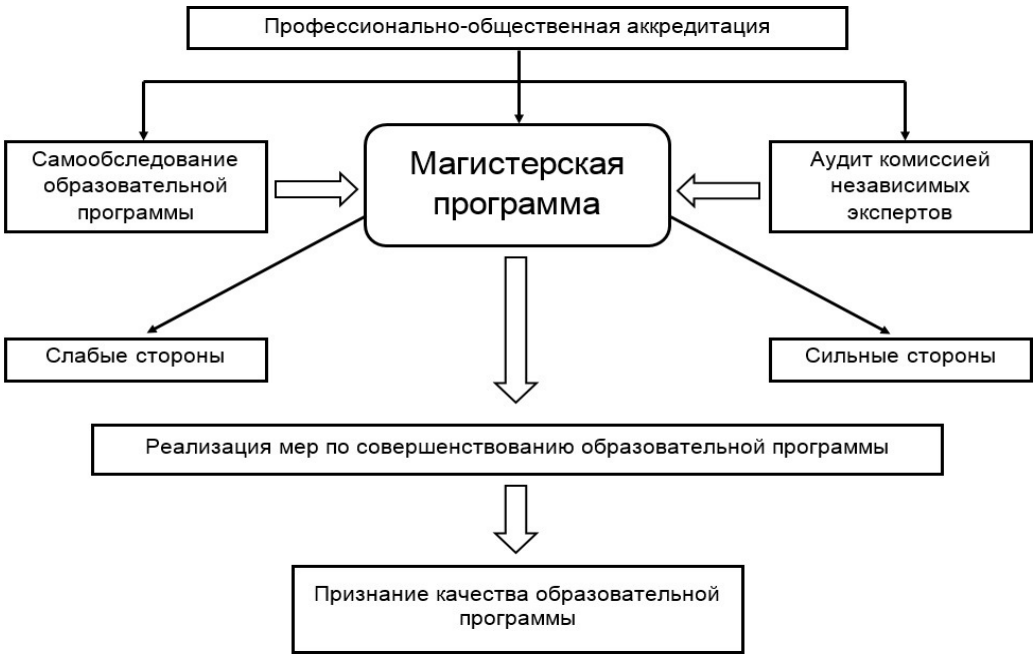


Рис. 2. Схема совершенствования образовательной программы по результатам профессионально-общественной аккредитации

В ходе самообследования аккредитуемой образовательной программы и аудита комиссией независимых экспертов были выделены следующие сильные стороны образовательной программы, которые представлены на рис. 3.

Рис. 3. Сильные стороны аккредитуемой магистерской программы

Отдельным пунктом было отмечено наличие в вариативной части учебного плана следующих уникальных специальных дисциплин: «Строительство на территориях старых предприятий», «Строительство на подрабатываемых и карстоопасных территориях», «Строительство на урбанизированных территориях» и «Энергоэффективные конструкции в подземном строительстве». Все перечисленные учебные дисциплины прежде всего нацелены на решение целого ряда проблем строительного комплекса Пермского края.

Вместе с тем, в ходе независимой аккредитации были отмечены следующие слабые стороны образовательной программы:

1. Необходимо больше уделять внимание патентным исследованиям по тематике выпускных квалификационных работ с обязательным включением в раздел магистерской диссертации;

2. Следует глубже заниматься профессиональным иностранным языком в подготовке выпускников, их способности объяснять цели и задачи научных исследований.

Принципиальным достоинством выпускающей кафедры СПГ, реализующей данную образовательную программу, является её поэтапное устойчивое поступательное развитие за последние 5 лет и тесное взаимодействие с российскими и зарубежными вузами. За эти годы было защищено 11 кандидатских диссертаций, изданы 2 монографии, 1 учебник с грифом Министерства образования РФ, 1 учебник с грифом АСВ, 28 учебных пособий и опубликовано более 380 научных статей в российских и зарубежных изданиях. Кроме того, в 2013 г. в издательстве АСВ издан справочник по геотехнике с участием коллектива авторов по общей редакцией профессора А.Б. Пономарёва. В рамках международного сотрудничества издано 5 учебных пособий в соавторстве с зарубежными учеными.

Основные направления научной деятельности кафедры СПГ включают:

– освоение подземного пространства урбанизированных территорий в стесненных и труднодоступных условиях строительства;

– обеспечение устойчивости и безопасной эксплуатации зданий при проведении строительных работ в условиях плотной застройки;

– оценка влияния возведения и реконструкции уникальных и высоконагруженных зданий в сложных инженерно-геологических и гидрологических условиях строительства;

– мониторинг технической эксплуатации и реконструкции имеющегося жилого и производственного фонда;

– применение геосинтетических материалов и оценка их качества в условиях реформы системы сертификации и регламентации;

– научно-техническое сопровождение объектов строительства, контроль качества работ и состояния подземных конструкций, фундаментов и оснований.

На базе кафедры СПГ созданы и функционируют «Экспертная лаборатория», Центр технических инноваций и модернизации в строительстве «МИКС», а также Инженерно-технический и образовательный центр «Экспертиза и образование в строительстве». Более подробную информацию по перечисленным структурным подразделениям кафедры можно найти на сайтах: e-mail: miks@pstu.ru; exlab@bk.ru.

Кроме того по аккредитуемой образовательной программе наша кафедра имеет устойчивые международные связи. Она участвует в программе партнерства между Техническим университетом Вены (Австрия), в договоре о сотрудничестве с Техническим университетом в Праге (Чехия), в соглашениях о сотрудничестве с Высшей технической школой Магдебург-Стендаль (Германия), с Полтавским национальным техническим университетом (Украина), а также кафедра выполняет совместные научные проекты с лабораторией геотехники Технического университета Дармштадта (Германия).

В настоящее время сотрудники кафедры представляют Россию в Международном Обществе, занимающейся исследованиями грунтов (ISSMGE), являются членами Ассоциации по изучению глубоких фундаментов (DFI), геотехнического сообщества Германии (DGGT), возглавляют Российское отделение по изучению геосинтетики на международном уровне (IGS). Международное признание кафедры СПГ представлено на рис. 4. Особое место имеет тесное сотрудничество с Российской академией архитектуры и строительных наук (РААСН).

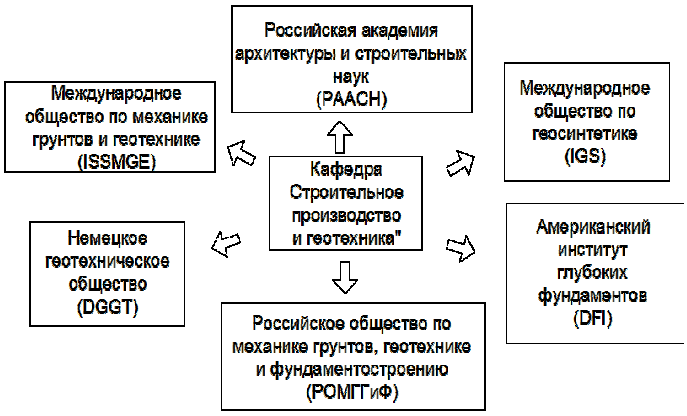


Рис. 4. Участие сотрудников кафедры СПГ в международных и отечественных общественных организациях

Несколько слов о работе Аккредитационного центра Ассоциации инженерного образования России за последние 10 лет. Динамика работы АЦ АИОР по независимой аккредитации образовательных программ показывает заинтересованность вузов в прохождении независимых общественно-профессиональных экспертиз и в постоянном совершенствовании конкурентоспособных программ.

Так, если в 2003 году в России было аккредитовано 46 вузовских образовательных программ, то через 5 лет в 2007 году независимую аккредитацию прошла 91 образовательная программа, в том числе впервые международное Европейское признание получили 10 образовательных программ. Для сравнения в 2012 году в вузах России были независимо аккредитованы 222 российские образовательные программы, из них 141 программа получила международное признание. Из общего количества 222-х аккредитованных образовательных программ можно выделить 104 образовательные программы специалитета, 90 программ бакалавриата и 28 программ магистратуры. Все это свидетельствует о высоких требованиях к качеству инженерного образования и востребованности выпускников.

Лидерами по независимой аккредитации образовательных программ являются Национальный исследовательский Томский политехнический университет, в котором за период с 2003 г. по 2013 г. аккредитованы 44 образовательные программы и Московский исследовательский технологический университет (МИСиС) с 17-ю аккредитованными образовательными программами [7].

В конечном итоге возникает вопрос: Какова необходимость дополнительных аккредитаций образовательных программ на добровольной основе?

На примере нашей аккредитуемой образовательной программы можно сказать, что это дало признание высокого качества подготовки магистров и их востребованности на международном Европейском уровне. Так, сразу после независимой международной аккредитации, на имя ректора Пермского национального исследовательского политехнического университета пришло письмо от Президента Европейской образовательной и учебной Ассоциации гражданского строительства (EUCEET) профессора Диего Ло Прести (Италия, г. Пиза 7 мая 2014) с предложением стать членом Ассоциации EUCEET, начиная с 2014 года.

Ассоциация EUCEET была основана в 2007 году в качестве выражения устойчивой стратегии, поддерживаемой грантами Европейской Комиссии, имеет в своем составе 60 членов, среди которых 56 университетов и 4 профессиональных ассоциаций из 29 стран.

Цели Ассоциации EUCEET:

– способствовать объединению между вузами различных стран, предлагая программы в гражданском строительстве;

– способствовать установлению образовательных критериев в гражданском строительстве, основанных на учебных результатах и компетенциях;

– поощрять развитие образовательных и учебных программ в гражданском строительстве, особенно их относительные инновационные подходы;

– действовать в качестве консультанта или эксперта в программах относительно образования или обучения в гражданском строительстве;

– способствовать продолжению образования в качестве обязательного средства профессионального развития гражданского строительства;

– установить постоянные связи с промышленной индустрией в Европе, обеспечение того, чтобы точка зрения и нужды промышленности относительно образовательных программ были известны университетам;

– способствовать мобильности студентов и ППС вузов, предлагая программы в гражданском строительстве;

– участвовать в программах Европейской Комиссии в области образования;

– способствовать практической направленности обучения в гражданском строительстве;

– способствовать объединению своих членов в области образования;

– сотрудничать с другими международными организациями с родственными интересами в Европе и вне её.

Таким образом, опыт подготовки магистерской программы «Подземное и городское строительство» к независимой профессионально-общественной аккредитации Аккредитационным центром Ассоциации инженерного образования России был широко востребован на Международном совещании заведующих кафедрами механики грунтов, оснований и фундаментов, геотехники, подземного строительства и гидротехнических работ, инженерной геологии и геоэкологии строительных вузов и факультетов, которое состоялось 27-28 мая 2014 г. в городе Перми [8].

Нами были продемонстрированы пути и способы реализации в рамках одной образовательной программы требований пунктов 7.3. и 8.4. Федерального государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования (ФГОС ВПО) по направлению 270800 – Строительство (квалификация (степень) «магистр»). Мы практически показали, что в рамках конкретной образовательной программы были организованы встречи с представителями российских и зарубежных компаний, государственных и общественных организаций, мастер-классы экспертов и специалистов, кроме того обучающимся и представителям работодателей была

предоставлена возможность оценивания содержания, организации и качества учебного процесса в целом, а также уровня работы отдельных преподавателей.

Список библиографических ссылок

1. Герасимов С.И., Шапошников С.О. Принципы реализации профессионально-общественной аккредитации образовательных программ // Инженерное образование, 2013, № 12. – С. 66-69.
2. Вахрушев С.И., Пономарев А.Б. Опытная работа и педагогические эксперименты по дисциплине «Строительные машины» // Известия КГАСУ, 2013, № 4 (26). – С. 382-389.
3. Вахрушев С.И., Пономарев А.Б. Разработка учебно-методического комплекса дисциплины (модуля) по направлению подготовки 270800 – Строительство // Международное совещание заведующих кафедрами механики грунтов, оснований и фундаментов, подземного строительства и гидротехнических работ, инженерной геологии и геоэкологии строительных вузов «Достижения, проблемы и перспективные направления развития для теории и практики механики грунтов и фундаментостроения» 24-27 апреля 2012 г. – Казань: КГАСУ, 2012. – С. 155-159.
4. Вахрушев С.И., Носков П.Н. Методика проведения патентных исследований в области разрядно-импульсных технологий изготовления свай // Вестник ПНИПУ. Строительство и архитектура, 2013, № 2. – С. 52-61.
5. Вахрушев С.И., Фролова С.И. Анализ исследований по усилению фундаментов и оснований в России за последнее десятилетие // Вестник ПНИПУ. Строительство и архитектура, 2013, № 2. – С. 139-146.
6. Вахрушев С.И., Носков П.Н. Исследование несущей способности свай, изготавливаемых по разрядно-импульсной технологии, в четырех характерных грунтовых условиях г. Перми // Вестник ПНИПУ. Урбанистика, 2013, № 1. – С. 99-105.
7. Похолков Ю.П. Развитие системы независимой профессионально-общественной аккредитации инженерных образовательных программ в России в период с 2000 по 2013 год // Инженерное образование, 2013, № 12. – С. 50-57.
8. Вахрушев С.И., Пономарев А.Б. Опыт подготовки магистерской программы «Подземное и городское строительство» направления подготовки 270800.68 – «Строительство» к профессионально-общественной аккредитации Аккредитационным центром Ассоциации инженерного образования России // Вестник ПНИПУ. Строительство и архитектура, 2014, № 3. – С. 290-300.

Ponomarev A.B. – doctor of technical sciences, professor
E-mail: spstf@pstu.ac.ru
Vahrushev S.I. – candidate of technical sciences, associate professor
Perm National Research Polytechnical University
The organization address: 614990, Russia , Perm, Komsomolsky av., 29

The experience of passing professional public accreditation of the master's program «Underground and urban construction» educational direction 270800.68 – Construction

Resume

With the rapid economic development in several European countries and in Russia construction industry requires a gradual change of the paradigms in education systems in order to enhance the role of employers in the training of professional personnel. Heads of construction industry in the regions should define themselves the objectives and results of study as a set of requirements for graduates, based on development strategy of high school. Considering the possible diversity of approaches and techniques used in the implementation of educational programs.

Relevance of research is the development of goals and results of learning for the Master's program «Underground and urban construction», meeting the requirements of FGES HPE third generation of professional standards and the regional labor market specialists.

In order to solve this problem, the department «Building manufacturing and geotechnics» prepared interrogatories and questionnaire survey were carried out among of representatives of regional authorities, employers, students, teachers, parents of students and graduates.

The article investigates the experience of the passage of an independent, international professional public accreditation of educational programs on the basis of preparation of the documents according to the criteria of self-education oriented to evaluate the achievement of intended learning goals. Skills Training issuing department,the university and the educational program carried out during the school year involving a wide public opinion.

Strengths of the accredited master's program attracted the attention of experts and international observers, resulting in Perm National Research Polytechnic University invited to become a member of the European Association of building high schools (EUCEET), starting in 2014.

Keywords: accreditation, graduates, mission of the university, criteria, educational program, learning outcomes, employers.

Reference list

1. Gerasimov S.I., Shaposhnikov S.O. The principles of realization of the professional and public accreditation of educational program // Inzhenernoe obrazovanie, 2013, № 12. – P. 66-69.
2. Vahrushev S.I., Frolova S.I. Analysis of the researches of the bases consolidation in Russia for the last 10 years // Vestnik PNIPU. Stroitelstvo i architektura, 2013, № 2. – P. 139-146.
3. Vahrushev S.I., Noskov P.N. Procedure of the prosecution of patent researches in the field of the discharge and impulsive technologies of the piles production // Vestnik PNIPU. Stroitelstvo i architektura, 2013, № 2. – P. 52-61.
4. Vahrushev S.I., Noskov P.N. Research of the carrying capacity of the piles that are making by the discharge and impulsive technology in 4 typical soil conditions of Perm // Vestnik PNIPU. Urbanistika, 2013, № 1. – P. 99-105.
5. Vahrushev S.I., Ponomarev A.B. Experimental work and educational experiments the brench of science «Building machines» // News of the KSUAE, 2013, № 4 (26). – P. 382-389.
6. Vahrushev S.I., Ponomarev A.B. Working out of a methodical complex of a discipline (module) in a direction of preparetion 270800. Building // The International meeting of chair's managers of ground mechanics, the bases, underground building and hydraulic engineering works, engineering geology and geoecology of building high schools «Achievements, problems and perspective directions of development for the theory and ground mechanics and building of the basis practice». April, 24-27th, 2012. – Kazan: KSUAE, 2012. – P. 155-159.
7. Poholkov Y. P. Development of the system of independent professional and public accreditation of the engineering aducational programs in Russia in period of 2000-2013 years. // Inzhenernoe obrazovanie, 2013, № 12. – P. 50-57.
8. Vahrushev S.I., Ponomarev A.B. Experience of the preparation of the master program «Underground and urban building» in a direction of preparation 270800.68 – «Bulding» for the professional and public accreditation by the Accreditation centre of the Association of the engineering education of Russia // Vestnik PNIPU. Stroitelstvo i architektura, 2014, № 3. – P. 290-300.

УДК 377
Сафин Р.С. – доктор педагогических наук, профессор
E-mail: safin@kgasu.ru
Корчагин Е.А. – доктор педагогических наук, профессор
E-mail: ramzia@kgasu.ru
Сучков В.Н. – кандидат технических наук, профессор
E-mail: suchkov@kgasu.ru
Кашина С.Г. – доцент
E-mail: kashina@kgasu.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

Внутрифирменное обучение в условиях взаимодействия вуза с производством как фактор развития профессиональных компетенций студентов (на примере строительной отрасли экономики)

Аннотация

Определены основания и условия подготовка кадров для строительной отрасли. Определены принципы внутрифирменного обучения студентов в условиях взаимодействия учебного заведения со строительным комплексом. Раскрыты целевой, содержательно-процессуальный и контрольно-оценочный компоненты практического обучения студентов в условиях строительной фирмы и социального партнерства. Раскрыта проблема формирования содержания внутрифирменного обучения студентов в условиях производства. Рассмотрены методы и содержание внутрифирменного обучения студентов на примере Института строительства КГАСУ на базе Муниципального унитарного предприятия «Служба технического надзора».

Ключевые слова: строительная отрасль, требования производства, студенты, высшее учебное заведение, внутрифирирменное обучение, практическое обучение, целевой компонент, содержательно-процессуальный компонент, контрольно-оценочный компонент.

На данном этапе развития экономики страны подготовка высококвалифицированных кадров в вузе невозможна без его взаимодействия с производством [1-9]. Это обусловлено тем, что с одной стороны, потребности отраслей экономики, в том числе и строительной, определяют государственный заказ на подготовку кадров, устанавливая его количественную и качественную составляющие, а с другой стороны – строительные организации и фирмы участвуют в создании условий, необходимых для развития качественной составляющей подготовки высококвалифицированных кадров, включая творческую компоненту профессиональной деятельности будущего специалиста. Подчеркнем, что обеспечение качества профессиональной подготовки в соответствии с потребностями строительного производства является первоочередной задачей развития взаимодействия между высшей профессиональной школой и отраслью. В рамках этого взаимодействия одним из основных требований к содержанию профессиональной подготовки со стороны строительной отрасли является адаптивность выпускников к изменениям на производстве, их профессиональная мобильность в условиях динамичных перемен на рынке труда. Для этого необходимо, чтобы содержание и организация профессиональной подготовки, с одной стороны, отражали конкретные условия будущей работы выпускников, с другой стороны, обеспечивали возможность работы в широком профессиональном поле. Это позволит выпускникам быть востребованными и конкурентоспособными на рынке труда. Отсюда вытекает, что содержание и организация профессиональной подготовки студентов должны носить вариативный характер. Поэтому высшие учебные заведения при проектировании образовательных программ в режиме взаимодействия со строительными организациями и фирмами определяют те знания,

умения и компетенции, которые будут востребованы; разрабатывают в соответствии с этим содержание профессиональной подготовки, отвечающее требованиям работодателей в строительной отрасли и образовательных стандартов 3-го поколения, которые предоставляет широкие возможности для этого. В качестве механизмов такого взаимодействия могут выступать интеграция, кооперация, социальное партнерство в системе «вуз – строительная фирма» и другие.

Таким образом, подготовка кадров для строительной отрасли в учебном заведении должна опираться на следующие основания:

- на данные прогноза потребности в строительных кадрах разных направлений и уровней подготовки;
- на государственный и региональный отраслевые заказы на высококвалифицированные кадры;
- на тенденции развития профессионально-квалификационной структуры строительной отрасли;
- на запросы личности относительно получения строительного образования.

При этом предполагается выполнение условий:

- нормальное достаточное финансирование высшего учебного заведения;
- наличие необходимой нормативно-правовой базы подготовки кадров;
- наличие лабораторно-исследовательской и лабораторно-испытательской базы подготовки кадров;
- наличие учебно-методического обеспечения и научно-методической поддержки учебно-воспитательного процесса;
- наличие налаженной информационно-статистической системы, позволяющей отслеживать и объективно оценивать состояние профессиональной подготовки студентов в учебном заведении.

В процессе подготовки в учебном заведении воспроизводится или же, по крайней мере, имитируется реальная деятельность будущего специалиста. Здесь студентам предоставляется возможность самостоятельно переходить от усвоенных в процессе обучения теоретических знаний к профессионально-прикладным знаниям и умениям.

Однако, полученных на базе учебного заведения теоретических и профессионально-прикладных знаний и умений недостаточно для подготовки высококвалифицированных специалистов, подготовленных для самостоятельной эффективной профессиональной деятельности и востребованных на рынке труда. Поэтому, в процесс подготовки специалистов включается практическая профессиональная деятельность в условиях внутрифирменного обучения, предполагающая взаимодействие учебного заведения с производственной фирмой [3].

В процессе практической подготовки на основе полученных теоретических и учебно-профессиональных знаний и умений у будущих специалистов формируются профессиональные компетенции [2-4, 6].

Отметим важность прохождения студентами практической подготовки: она занимает одно из главных мест в процессе формирования профессиональных качеств будущих рабочих и специалистов, необходимость ее усиления подчеркивается во многих нормативных документах министерства образования и науки, в выступлениях руководителей страны различного ранга [2, 3].

Сказанное определяет актуальность процесса практической адаптации полученных в вузе знаний и умений в условиях внутрифирменного обучения.

Внутрифирменное обучение студентов в условиях интеграции со строительным комплексом строится на следующих принципах:

- принцип мотивации учебной и профессиональной деятельности будущих специалистов; он предполагает побуждение к желанию заниматься такой деятельностью, и направлен на повышение интереса к ней у студентов;
- принцип формирования активной позиции по отношению к строительному производству и создание таких профессиональных ситуаций на производстве, для разрешения которых будущим специалистам не хватает имеющихся знаний и умений, но

которые они могут разрешить самостоятельно на основе использования разнообразных источников информации;

• принцип обеспечения максимально возможной адекватности учебной деятельности студентов в учебном заведении характеру их будущей профессионально-практической деятельности в строительной фирме.

В процессе внутрифирменного обучения в условиях взаимодействия вуза с предприятиями и организациями строительного комплекса, компетенции студента формируются как под влиянием со стороны вуза, так и под влиянием со стороны строительной фирмы – социального партнера, а структура обучения включает в себя:

• целевой компонент, разработанный на основе корпоративной модели строителя;

• содержательно-процессуальный компонент, в состав которого входят технико-технологический и педагогический потенциалы инвестиционно-строительного комплекса;

• контрольно-оценочный компонент, позволяющий осуществлять непрерывную оценку качества подготовки студента-будущего строителя.

Одним из условий социального партнерства является ресурсное обеспечение практической подготовки, а последнее, в свою очередь, зависит от технико-технологического уровня строительной фирмы – социального партнера.

Как известно, строительные организации и фирмы – социальные партнеры отличаются друг от друга по уровню технико-технологического оснащения. Есть фирмы передовые, развивающиеся, на которых используются новые перспективные строительные материалы и технологии; организация, содержание и характер труда отвечают современным требованиям. Строительное производство здесь наукоемкое и высокотехнологичное. Соответственно и требования к специалистам высокие. Практическая подготовка студентов в условиях таких фирм носит инновационный характер.

Есть фирмы – социальные партнеры, работающие более или менее устойчиво, но без всяких инноваций, традиционно. Это ─ обычные, широко распространенные строительные фирмы и организации. И практическая подготовка студентов здесь традиционная.

Имеются, к сожалению, строительные организации и фирмы – социальные партнеры, у которых устаревшее оборудование, невостребованные технологии, нет заказов, и производство неконкурентоспособное. Практическая подготовка студентов в условиях социального партнерства с такими фирмами также имеет свою специфику.

Как правило, строительный вуз, как многопрофильное учебное заведение, взаимодействует с разноуровневыми по своему ресурсному обеспечению социальными партнерами и реализует различные модели практической подготовки своих студентов в рамках внутрифирменного обучения.

Это, вообще говоря, обусловливает необходимость разработки поливариантной модели практической подготовки студентов с учетом дифференциации заказчиков – социальных партнеров. Это тем более необходимо, поскольку ресурсное обеспечение часто играет решающую роль в практической подготовке студентов.

Раскроем основные компоненты внутрифирменного обучения студентов на базе строительной фирмы, в условиях социального партнерства вуза с фирмой.

Целевой компонент практической подготовки определяется главной, общей целью обучения студента в вузе. Общая цель заключается в формировании у будущего специалиста полной готовности к профессиональной деятельности, поскольку другие специалисты сегодня на рынке не востребованы. Эта главная цель достигается посредством включения в содержание обучения комплекса учебных дисциплин, определяемых учебным планом. Такое содержание, наряду со способностью к саморазвитию, позволит выпускнику в профессиональной деятельности быть гибким и мобильным. Средства и методы при этом изменяются от обучения алгоритмам деятельности к обучению будущих специалистов работе в постоянно меняющихся производственных ситуациях.

Целевой компонент практической подготовки студентов в условиях социального партнерства заключается в изучении и участии в работе конкретной строительной фирмы. Он включает в себя: формирование профессиональных компетенций и входящих

в их состав практических умений и навыков; закрепление, обобщение и систематизацию знаний путем их применения в реальной деятельности; расширение и углубление имеющихся знаний; практическое освоение современного строительного оборудования и строительных технологий.

В состав содержательно-процессуального компонента входят содержание и сам процесс практической подготовки студентов.

Проблема формирования содержания внутрифирменного обучения студентов в условиях производства и социального партнерства была и остается весьма актуальной. Общепринятый подход здесь заключается в том, что содержание внутрифирменного обучения определяется требованиями квалификационной характеристики или профессионального стандарта и разработанными на их основе требованиями учебно-программной документации (учебный план, программы практик).

Однако более дальновидный подход предполагает, что недостаточно определить содержание обучения, исходя только из требований квалификационной характеристики или материалов, полученных при изучении характера и содержания трудовой деятельности специалиста на современном предприятии, поскольку эти данные отражают лишь сегодняшний уровень развития производства и не отражают его перспектив.

Кроме того, общепринятый подход не охватывает всего реального трудового процесса, характерного для профессиональной деятельности инженера или бакалавра в области проектирования и строительства. Ведь наряду с такими традиционно применяемыми элементами строительного производства и трудовой деятельности как – применение и использование строительных материалов, строительных машин и оборудования; технология возведения зданий и сооружений; выполнение проектных технологических операций и трудовых действий, – существует обобщенный производственный опыт, опыт новаторов, научная организация и прогрессивные методы труда, зарубежный опыт, которые не охватываются общепринятым определением.

Поэтому содержание внутрифирменного обучения студентов в условиях производства и социального партнерства должно отражать: во-первых, научные основы строительства и профессии строителя; во-вторых, устойчивую организационную связь практического обучения со строительной отраслью – расчетом и проектированием строительных конструкций, инженерными изысканиями для объекта строительства, разработкой методов производства работ по возведению зданий и сооружений и др.; в-третьих, накопленный практический опыт осуществления строительных работ; в-четвертых, положительный опыт практического обучения.

Это вытекает из уровня развития современного строительного комплекса, который характеризуется внедрением новых строительных технологий, техники и материалов. В настоящее время даже традиционные технологические процессы возведения зданий и сооружений предполагают научное исследование этих процессов, что находит отражение в выборе материалов и конструкций, режимов выполнения работ, использования наиболее экономичных техники и технологий.

Наукоемкость современного строительного процесса и адекватно связанное с ней совершенствование строительных технологий выдвигает и новые требования к качеству подготовки специалистов [7]. Они теперь должны обладать умениями и навыками, осваивать новые строительные технологии и материалы.

25-30 лет тому назад, главной задачей практического обучения выступало освоение студентами приемов и способов работы на конкретных материалах, на конкретном оборудовании. Смысл традиционного практического обучения заключался в обучении студентов достижению наилучших технических свойств строительных объектов. Смысл практического обучения сегодняшних студентов – достижение наилучших технологических качеств, прежде всего, в процессе и результатах труда.

Отметим, что особую актуальность проблема формирования содержания внутрифирменного обучения студентов в условиях строительного производства и социального партнерства приобретает сегодня, когда проводится модернизация высшей профессиональной школы и усиление практической подготовки в целом. В этих условиях

практическое обучение студентов, а вместе с тем и содержательно-процессуальный компонент необходимо увязать:

- с реализацией нового поколения ФГОС;
- с разработкой профессиональных стандартов взамен квалифицированных характеристик;
- с разработкой новых учебных планов;
- с изменением структуры и длительности практик.

Такая увязка будет возможна, если требования к специалисту, сформулированные в квалификационной характеристике и профессиональном стандарте относительно знаний, умений и компетенций, будут сопряжены с требованиями к нему, сформулированными в ФГОС нового поколения, и будут сочетаться с едиными требованиями, выдвигаемыми спецификой региона и строительной отрасли, в которых выпускник будет трудиться после окончания вуза. А чтобы содержание программ практического обучения в условиях строительной фирмы наилучшим образом способствовало формированию конкурентоспособного специалиста, оно должно учитывать особенности наиболее вероятных мест его будущей работы, а также конкретные условия учебного заведения и строительной фирмы.

Таким образом, содержание практического обучения студентов должно быть тесно увязано с содержанием теоретического обучения и с содержанием профессиональной деятельности строителя.

Что касается процессуального компонента, то практическое обучение в условиях социального партнерства – самая сложная форма учебного процесса, как в организационном, так и в методологическом плане, так как для его осуществления необходимо соединить интересы строительной фирмы и учебного заведения, приспособить процесс обучения к практическим задачам конкретной фирмы.

Среди методов обучения студентов в условиях строительной фирмы мы выделяем анализ конкретных производственных ситуаций, решение ситуационных производственных задач, выполнение индивидуальных заданий в процессе практического обучения.

Наиболее перспективным, на наш взгляд, является опыт организации внутрифирменного обучения будущих специалистов на принципе совмещения профессиональной подготовки студента в государственном вузе с работой его на конкретной строительной фирме в периоды прохождения разного вида практик.

Приведем в качестве примера методы и содержание внутрифирменного обучения студентов Института строительства КГАСУ на базе Муниципального унитарного предприятия «Служба технического надзора» (МУП «СТН» г. Казань, директор А.Ю. Гудзь), проводимого в рамках взаимодействия производства с вузом в период прохождения производственных практик и выполнения практически значимых выпускных квалификационных работ по заказу предприятия с 2011 года по настоящее время. Внутрифирменное обучение включает следующие компоненты: отбор, стажировка, контроль и оценка, самостоятельная работа, выполнение выпускной квалификационной работы по теме, предложенной МУП «СТН» из числа реальных объектов предполагаемого капитального ремонта.

При отборе МУП «СТН» кандидатов из числа заинтересованных в прохождении внутрифирменного обучения студентов на период прохождения практики к ним предъявляются следующие требования: профессиональные – студенты старших (выпускных) курсов, имеющие теоретические профессиональные знания; личностные – ответственные, энергичные, целеустремленные, дисциплинированные; знаниевые – с высокой успеваемостью, желанием изучать и обрабатывать материал по предполагаемой теме дипломной работы, соблюдать правила внутреннего трудового распорядка предприятия и охраны труда по месту прохождения практики; мотивационные – выполнять поручения в установленный срок и в полном объеме, желанием (намерением) в дальнейшем работать по специальности.

Внутрифирменное комплексное обучение студентов проводится по специально разработанной программе стажировки (табл. 1).

Таблица 1

Программа стажировки

Наименование раздела	Длительность (мин.)	Вид обучения	Ответственный
1	**2**	**3**	**4**
Знакомство с предприятием	20	Беседа. Ознакомление с историей, миссией, стратегией, политикой предприятия, его структурой, правилами внутреннего трудового распорядка.	Менеджер по персоналу
Обучение безопасным методам работы	10	Проведение инструктажей по пожаробезопасности, электробезопасности и на рабочем месте	Инженер по охране труда, начальник отдела
Ведение	30	Закрепление наставника, ознакомление с Положением об отделе, должностными инструкциями	Начальник отдела
Нормативные документы для изучения и руководства при выполнении работ	в процессе всего обучения	Изучение Градостроительный кодекс РФ, МДС, СП, СНиП, ГОСТ и другие	Наставник
Ознакомление с методами выполнения работ			
Ознакомительная часть	180	Ознакомление с договором, проектом, перечнем исполнительной документации	Наставник
Ознакомление с объектом (комплексный ремонт) в процессе наставниками определяется профессиональный уровень	480	Осмотр выполнения работ в соответствии с проектом, нормативной документацией (СНиП, ГОСТ, МДС и т.д.), на соответствие перечню исполнительной документации (графики производства работ, журналов входного контроля качества материалов, журналов производства работ и т.д.)	Наставник
		Контрольный обмер – правила подсчета объема	Наставник
		Фотофиксация при выявлении дефектов	Наставник
		Ведение записей в журнале производства работ о выявленных дефектах	Наставник
	60	Ознакомление с оформлением факсограмм при наличии замечаний	Наставники
Программа1С	30	Ознакомление с программой 1С и внесение в неё замечаний по объекту	Наставники
	180	Подсчет объемов работ по выполненным замерам	Наставники
Обучение сметному делу и работе в программе ГРАНД-СМЕТА	360	1.Теория сметное дело 2.Работа в программе: - открыть программу; - экспертиза (автоматическая проверка); - проверка применяемых индексов и коэффициентов к позициям и итогам; - проверка правильности применения расценки (сравнение с типовой сметой); - работа с техчастью.	Специалист-сметчик Наставник
Акты формы КС-2	300	Проверка актов выполненных работ формы КС-2 на соответствие объемам, расценкам индексам и коэффициентам, типовым сметам.	Наставник
1С	30	Занесение данных в программу и сверка с титулом	Наставники

Контрольно-оценочный компонент внутрифирменного обучения включает программу контрольного задания и зависит от результатов выполнения трудовых обязанностей, предусмотренных должностной инструкцией.

ПРОГРАММА КОНТРОЛЬНОГО ЗАДАНИЯ

Длительность программы: 8 часов.

Описание программы:

Программа включает 3 этапа самостоятельной работы:

1й этап. Выезд на объекты для самостоятельного определения соответствия или несоответствия принимаемых работ проектам, нормам и допускам:

1) Ознакомление с проектом;
2) Ознакомление с объектом;
3) Проверка качества и технологии производства работ;
4) Записи в журналы производства работ;
5) Оформление факсограмм (при необходимости).

2й этап. Контрольные обмеры:

1) Приемка завершенных видов (этапов) работ;
2) Производство обмеров.

3й этап. Приемка выполненных работ, акты формы КС-2:

1) Проверка комплектности исполнительной документации;
2) Проверка заявленных объемов;
3) Проверка правильности примененных расценок (с использованием ПК Гранд-смета);
4) Проверка стоимости материалов;
5) Занесение информации в 1С, сверка с титулом.

Расписание:

1-й этап. Выезд на объекты для самостоятельного определения соответствия или несоответствия принимаемых работ проектам, нормам и допускам (табл. 2).

Таблица 2

Тема	Длительность (мин.)
Ознакомление с проектом	30
Ознакомление с объектом	30
Проверка качества и технологии производства работ	60
Записи в журналы производства работ	20
Оформление факсограмм	60

2-й этап. Контрольные обмеры (табл. 3).

Таблица 3

Тема	Длительность (мин.)
Приемка завершенных видов (этапов) работ	30
Производство обмеров	60

3-й этап. Приемка выполненных работ, акты формы КС-2 (табл. 4).

Таблица 4

Тема	Длительность (мин.)
Проверка комплектности исполнительной документации	30
Проверка заявленных объемов	30
Проверка правильности примененных расценок (с использованием ПК Гранд-смета	60
Проверка стоимости материалов	60
Занесение информации в 1С, сверка с титулом	10

При положительных результатах прохождения контроля знаний студенты допускаются к самостоятельной практической деятельности. Результаты практической деятельности на базе реальных объектов капительного ремонта объектов МУП «СТН» студентов являются основой выпускных квалификационных работ, которые включают уникальные решения по комплексному капитальному ремонту объектов, в том числе входящих в архитектурное наследие Республики Татарстан.

Таким образом, мониторинг образовательных услуг [9], предоставляемых студентам в период прохождения производственной практики, а также профессиональной деятельности студентов при стажировке в условиях унитарного предприятия показал, что они связаны с разнообразными видами труда: от анализа выполнения работ на соответствие перечню исполнительной документации (графики производства работ, журналов входного контроля качества материалов, журналов производства работ и т.д.) до самостоятельного определения соответствия или несоответствия принимаемых работ проектам, нормам и допускам. Учебно-профессиональная деятельность носит преобразующий характер. Результатом учебно-профессионального труда являются материальные объекты (приемка выполненных работ, акты формы КС-2). Другой особенностью деятельности студентов при стажировке в условиях унитарного предприятия является то, что на каждом этапе стажировки они самостоятельно решают хотя бы небольшие профессиональные задачи. Поэтому самостоятельная работа – основная форма учебно-профессиональной деятельности студентов в условиях строительной фирмы. Решение любой производственной задачи предполагает несколько путей получения результата. Студенты, исходя из своего опыта производственной деятельности, знаний проектов, норм и допусков выбирают тот или иной вариант решения. Вследствие этого результаты деятельности студентов индивидуальны. Иначе говоря, содержание обучения дает широкие возможности для организации разнообразной деятельности студентов.

Как показывает практика, специалисты фирмы, с которыми общается студент в процессе работы, материально-техническая база фирмы, которую он использует, фирменные строительные технологии, культура производства – все это оказывает непосредственное влияние на студента, на формирование у него профессиональных компетенций и способствует его адаптации и профессиональному становлению.

Список библиографических ссылок

1. Сучков В.Н., Сафин Р.С., Корчагин Е.А., Айтуганов И.М. Взаимодействие профессионального образования и производства как фактор модернизации подготовки компетентных специалистов // Высшее образование в России, 2008, № 12. – С. 19-27.
2. Айтуганов И.М., Корчагин Е.А., Сафин Р.С. Практическая подготовка: взаимодействие вуза и предприятия // Высшее образование в России, 2012, № 3. – С. 163-166.
3. Кашина С.Г. Сущность и содержание внутрифирменного обучения // Современные проблемы науки и образования, 2014, № 5. URL: www.science-education.ru/119-14854 (дата обращения: 20.10.2014).
4. Сучков В.Н., Сафин Р.С., Корчагин Е.А. Диагностика качества содержания подготовки студентов // Высшее образование в России, 2006, № 9. – С. 119-124.
5. Айтуганов И.М., Корчагин Е.А., Матухин Е.Л., Митрофанова Э.П., Сафин Р.С. Взаимодействие профессиональных образовательных учреждений и предприятий – заказчиков кадров // Казанский педагогический журнал, 2008, № 8. – С. 46-54.
6. Пугачева Н.Б. Профессионально-культурная компетентность выпускников – показатель качества воспитания в профессиональной школе // Известия Южного федерального университета. Педагогические науки, 2008, № 11. – С. 183-188.
7. Чепурышкин И.П., Кашина С.Г., Василенкова Н.И. Принципы управления качеством образования в школе-интернате // Современные проблемы науки и образования, 2014, № 4. URL: www.science-education.ru/118-14411 (дата обращения: 22.10.2014).

8. Пугачева Н.Б. Управление муниципальной системой образования: теоретические основы // Известия Российской академии образования, 2010, № 1. – С. 71-83.
9. Василенкова Н.И., Кашина С.Г., Чепурышкин И.П. Методы мониторинга образовательных услуг школ-интернатов // Современные проблемы науки и образования, 2014, № 4. URL: www.science-education.ru/118-14436 (дата обращения: 03.09.2014).

Safin R.S. – doctor of pedagogical sciences, professor
E-mail: safin@kgasu.ru
Korchagin E.A. – doctor of pedagogical sciences, professor
E-mail: ramzia@kgasu.ru
Suchkov V.N. – candidate of technical sciences, professor
E-mail: suchkov@kgasu.ru
Kashina S.G. – associate professor
E-mail: kashina@kgasu.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Intercompany training in terms of interaction with the production of high school as a factor in the development of professional competencies of students (on the example of the construction industry of the economy)

Resume

The necessity of interaction between the university and the construction company for the preparation of highly qualified specialists is shown. The grounds and conditions of training for the construction industry are highlighted. The requirements for the content of training on the part of the construction industry: the adaptability of graduates and their professional mobility. Practical training under intercompany training is highlighted. The following principles in-house training are highlighted: the principle of motivation, the principle of forming an active position in relation to the principle of building production and maximize the adequacy of educational activity of students in the school of the future nature of their professional and practical work for a construction company.

The structure of in-house training, which includes the target, substantial and procedural, control and evaluation component is offered. Disclosed their nature in terms of the construction company and the social partnership of the university and industry. Learning content must reflect the scientific basis of the construction and occupation of the builder, stable relationship of practical training to the construction industry, accumulated practical experience in construction work, the positive experience of practical training. In addition, the content-process component should be linked to the implementation of the federal state educational standards, professional standards, the development of new curricula, with a change in the structure and length of practices.

Implementation of recommendations on the organization of in-house training is demonstrated by the construction Institute KGASU based on municipal unitary enterprise «Service Technical Supervision». It is shown that the activities of students at training in terms of a unitary enterprise associated with different types of work, from the analysis of work performed on the respective lists of executive documentation to self-determination of compliance or noncompliance with accepted works projects, standards, tolerances.

Keywords: construction industry, production requirements, students, university, intercompany training, practical training, the target component, content-process component, control and evaluation component.

Reference list

1. Suchkov V.N., Safin R.S., Korchagin E.A., Aituganov I.M. Interaction of vocational education as a factor of production and modernization of training competent professionals // Higher Education in Russia, 2008, № 12. – P. 19-27.
2. Aituganov I.M., Korchagin E.A., Safin R.S. Practical training: the interaction of the university and enterprise // Higher Education in Russia, 2012, № 3. – P. 163-166.
3. Kashina S.G. The nature and content of the in-house training // Modern problems of education and science, 2014, № 5. URL: www.science-education.ru/119-14854 (reference date: 20.10.2014).
4. Suchkov V.N., Safin R.S., Korchagin E.A. Diagnosis of quality content prepare students // Higher Education in Russia, 2006, № 9. – P. 119-124.
5. Aituganov I.M., Korchagin E.A., Matukhin E.L., Mitrofanov E.P., Safin R.S. Interaction of professional educational institutions and enterprises – customers frames // Kazan Pedagogical Journal 2008, № 8. – P. 46-54.
6. Pugacheva N.B. Professionally-cultural competence of graduates – an indicator of the quality of education in a vocational school // Southern Federal University. Pedagogical sciences, 2008, № 11. – P. 183-188.
7. Chepuryshkin I.P., Kashina S.G., Vasilenkova N.I. The principles of quality management education at a boarding school // Modern problems of science and education, 2014, № 4. URL: www.science-education.ru/118-14411 (reference date: 22.10.2014).
8. Pugacheva N.B. Management of the municipal education system: theoretical bases // Proceedings of the Russian Academy of Education, 2010, № 1. – P. 71-83.
9. Vasilenkova N.I., Kashina S.G., Chepuryshkin I.P. Methods for monitoring the educational services of boarding schools // Modern problems of science and education, 2014, № 4. URL: www.science-education.ru/118-14436 (reference date: 03.09.2014).

УДК 378.174.3
Шарафутдинова А.В. – кандидат технических наук, доцент
E-mail: shar.fik@yandex.ru
Осипова В.Ю. – кандидат химических наук, доцент
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

Применение технологии проектных методов при подготовке студентов по направлению «Техносферная безопасность»

Аннотация

Рассмотрены современные подходы к подготовке студентов по направлению «Техносферная безопасность». Показано, что для повышения профессиональной компетентности студентов рекомендовано применение технологии проектного метода, как одного из наиболее эффективного метода обучения. Разработаны общие критерии оценки курсового проекта (работы) для специальных дисциплин «Науки о Земле», «Промышленная экология». Сделан вывод о том, что инновационные обучающие технологии позволяют активизировать работу студентов и подготовить их к дальнейшей профессиональной деятельности на предприятиях строительной отрасли.

Ключевые слова: образование, образовательный процесс, учебный процесс, компетенции, методики преподавания, активные методы обучения.

Конец 20-го и начало 21-го веков охарактеризовались бурным развитием науки, техники и производства. Появились современные направления в научных исследованиях, усилились тенденции их интеграции, вырос объем новых научных достижений и открытий, произошло расширение внедрений фундаментальных наук на практике. Но, к сожалению, появились и серьезные экологические проблемы, решение которых требует совместной работы и усилий всех слоев общества. Главной целью человека считается его самосохранение, т.е. личная безопасность. Таким образом, функциональной целью личности является поддержание безопасного состояния среды. Для этого необходимо создание внутреннего настроя человека на обеспечение экологической безопасности, т.е. создания безопасных условий труда и безопасности окружающей среды.

Общепризнанно, что стратегия развития нынешнего века определяет необходимость формирования экологической культуры и сознания, включающих систему знаний и умений, а также экологически оправданное поведение в процессе профессиональной деятельности [1].

В одном из интервью известный экономист, лауреат Нобелевской премии В. Леонтьев сказал: «Образование удовлетворяет одну из самых важных человеческих потребностей и представляет собой социальное инвестирование, ведущее к росту материального производства в будущем. Оно повышает уровень жизни нашего нынешнего поколения и при этом содействует повышению дохода будущих поколений». Ценность образовательного пространства заключается в том, что оно позволяет обозначить влияние системы образования на социокультурную среду и процесс формирования экологического мышления общества.

Целью данной статьи является анализ современных технологий образовательного процесса на примере использования проектных методов при преподавании специальных дисциплин направления «Техносферная безопасность».

Поэтому в настоящее время для высшего образования актуальным является подготовка квалифицированных специалистов, владеющих навыками грамотных, профессиональных действий в различных, в том числе чрезвычайных ситуациях с использованием инновационных методов обучения.

В последние годы государство ведет серьезную масштабную работу по реорганизации высшего образования в стране, в основе которой лежит развитие инноваций в области образования и науки.

Инновационная образовательная среда – это образовательное пространство на базе учебного заведения, объединенное корпоративной культурой, комплексно воздействующее на развитие личности, способствующее педагогическому творчеству, формированию нетрадиционного мышления у студентов. Она являет собой оптимальную модель для реализации единства теории и практики в их подготовке. Создание инновационной образовательной среды возможно в тесном творческом союзе преподавателей и студентов, что обеспечивает возможность инновационного направления профессиональной подготовки для каждого студента [2].

Казанский государственный архитектурно-строительный университет (КГАСУ) дает качественное востребованное образование, политика ВУЗа заключается в системном отказе от создания сети филиалов в нашей Республике и регионе. Это позволило противостоять процессам, связанным со снижением качества образования, распылением научно-педагогического и студенческого контингента. Гарантируемое качество и востребованность образовательных услуг основано на высоком профессионализме педагогических кадров и развитии непрофильных специальностей [3].

Целью образовательного процесса и характеристикой его качества при переходе на двухуровневую систему образования (бакалавр, магистр) становится профессиональная компетентность выпускника архитектурно-строительного университета, т.е. способность решать проблемы в области профессиональной деятельности.

Стандарты третьего поколения подготовки бакалавров по техническому направлению реализует компетентностный подход к образованию. Это комплекс инженерных компетенций бакалавра и магистра: универсальные (социально-личностные, общекультурные, общенаучные, инструментальные) компетенции и профессиональные компетенции, которые обеспечивают организационно-управленческую, научно-исследовательскую и проектную деятельности.

Тесная взаимосвязь и взаимопроникновение общеобразовательных и специальных дисциплин, при подготовке бакалавров и магистров, способствует реализации генеральной стратегии развития направления «Техносферная безопасность» [4].

Проблему качества образовательных услуг можно определить словами Я.А. Коменского: «Искусство обучения не требует ничего иного, кроме искусного распределения времени, предметов и метода…».

Повышение активности студентов и эффективности рабочего учебного процесса важнейшая задача, стоящая перед каждым педагогом. Для этого преподавателю необходимо обеспечить необходимое соответствие организационных форм и средств обучения его содержанию. Педагог должен предложить новые и эффективные средства для реализации своих установок, деятельно реализовать потребности студента в интенсификации умственной работы.

Большинство дисциплин, преподаваемых на кафедре Химии и инженерной экологии в строительстве, сформировано на стыке наук и затрагивает одновременно несколько сфер знаний («Промышленная экология», «Процессы и аппараты», «Экология городской среды», «Науки о Земле» и др.). При подаче таких дисциплин целесообразно применить системный подход, который выстраивает траекторию преемственности передачи знаний и позволяет упорядочить восприятие изучаемого материала [4].

Рассматривая проблему совершенствования методики преподавания различных дисциплин для бакалавров-экологов в КГАСУ необходимо принимать во внимание, что основной целью высшего образования является подготовка дипломированного специалиста, владеющего навыками профессиональной деятельности. Однако не менее важной задачей преподавательского коллектива является воспитание творческой самостоятельной личности, способной к сопереживанию проблем общества и реализации серьёзных экологических проектов [5].

Современные методики преподавания преследуют цель воспитания бакалавра-эколога, обладающего творческим, нестандартным мышлением, владеющим системным видением общих проблем безопасности и способным реализовать свои профессиональные умения.

Для достижения этой цели необходимо выделить главные принципы методики преподавания:

1. Своевременное выявление и развитие творческих способностей студента;

2. Поощрение самостоятельности в учебной деятельности при решении конкретных задач;

3. Переход от «стандартной» передачи компетенций, навыков и умений к решению нетипичных задач и проектов для получения нового нетривиального взгляда на поставленную проблему;

4. Развитие у студента системного аналитического мышления, т.е. рассмотрения различных явлений и процессов в комплексе.

Отечественные ученые (В.И. Андреев, Е.А. Глуховская, Н.В. Кузьмина, А.М. Матюшкин, В.В. Сериков и др.) рассматривают творческий потенциал как важнейшее качество процесса интеграции и актуализации творческих сил в практической работе [6].

Для реализации данных принципов в организации учебного процесса необходимо применять усовершенствованные методики преподавания специальных профильных дисциплин. Хорошо известны три основных формы взаимодействия между преподавателем и студентами – пассивная, активная и интерактивная.

Наиболее распространённым является пассивный метод, который в современных реалиях считается наименее эффективным в процессе получения навыков и умений, но именно он дает возможность донесения большого объема информации в аудиторное время.

Применение методов активного обучения связанно со стремлением активизировать познавательную деятельность студентов. Интерактивные методы считаются наиболее современной и эффективной формой обучения. Они ориентированы на более широкое и творческое взаимодействие между преподавателем и студентом и учащихся между собой [7].

Большинство дисциплин, преподаваемых на кафедре ХИЭС для бакалавров направления «Техносферная безопасность», проводятся с использованием активных методов обучения.

Одним из вариантов практической реализации идеи продуктивного обучения является технология проектного обучения – «метод проектов». Исследования возможностей этой активной формы обучения содержатся в работах Дж. Дьюи, С.Т. Шацкого, М. Монтессори и др. [8].

Проектную работу можно использовать в индивидуальном и групповом режиме. Данный метод позволяет развивать компетенционнальные умения и расширяет кругозор студентов. Метод проектов используется для многих специальных дисциплин направления «Техносферная безопасность».

На 1 курсе 2 семестра бакалавры-экологи изучают дисциплину «Науки о Земле». В состав этой дисциплины входят такие разделы как: климатология, геология, картография, гидрогеология, ландшафтоведение и др. В качестве самостоятельной работы студенты выполняют курсовую работу по разделу почвоведение, где исследуют и оценивают состояние и качество проб почвы, взятых в различных точках города Казани. Предварительно на аудиторных занятиях студенты изучают методы исследования почвы и получают навыки проведения лабораторных исследований. После получения задания на курсовое проектирование студенты закрепляют знания и умения во время самостоятельной творческой работы. Ими выполняется самостоятельный отбор проб по специальной методике, определяется влажность почвы, ее гранулометрический состав, водородный показатель, содержание вредных веществ и др.

При оформлении пояснительной записки студенты проводят подбор и анализ наиболее актуальных литературных источников, выявляют основные источники загрязнения почвы, анализируют возможное влияние загрязнителей на окружающую среду и живые организмы. Для студентов 1 курса этот курсовой проект – первая творческая и научно-исследовательская работа, которая заставляет их самостоятельно анализировать полученные, в результате исследований, данные и делать выводы на основе ранее изученных учебных материалов.

Проектный метод также используется при выполнении курсовой работы по дисциплине «Промышленная экология», цель которой состоит в выявлении и исследовании источников выбросов предприятия или отдельного цеха. Инвентаризация

источников выбросов включает в себя систематизацию сведений о распределении источников по территории предприятия, количественный и качественный состав выбросов загрязняющих веществ (выбросы в атмосферу, сточные воды в гидросферу, твердые отходы). Проводится анализ современных методов защиты окружающей среды и выбор наиболее эффективных аппаратов и устройств для очистки газопылевых выбросов, сточных вод и разработка рекомендаций по обеспечению промышленной и экологической безопасности технологических процессов.

Пояснительная записка в объеме 25-30 страниц формата А4, которая содержит отчет по инвентаризации источников выбросов предприятия, графическую часть – 1 лист формата А1, включающая карту-схему предприятия со спецификацией и таблицу «Суммарные выбросы загрязняющих веществ в атмосферу, их очистка и утилизация».

В процессе выполнения курсовой работы студенты приобретают навыки самостоятельной работы по инвентаризации источников выбросов, осваивают методики расчета выбросов вредных веществ от разнообразных организованных и неорганизованных источников и разрабатывают рекомендации по уменьшению выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух.

Для оценки самостоятельной работы студента при выполнении им курсового проекта (работы) нами разработаны общие критерии оценки курсовой работы.

Оценка «отлично» выставляется если студент:

- проводит исследования по всем показателям анализируемого объекта (экологического состояния почв, атмосферного воздуха, водных объектов);
- обстоятельно раскрывает теоретические и практические аспекты методики лабораторных исследований;
- если пояснительная записка содержит качественный анализ литературных источников по рассматриваемому вопросу, в том числе нормативно-правовых документов;
- при защите курсовой работы, имеет собственную оценочную позицию и умеет аргументировано и убедительно ее раскрыть;
- излагает материал в логической последовательности, используя научную терминологию;
- на основе полученных результатов разрабатывает рекомендации по обеспечению экологической и промышленной безопасности.

Оценка «хорошо» выставляется, если студент при защите курсовой работы обстоятельно раскрывает теоретический материал, но:

- проводил анализ не по всем показателям исследуемого объекта;
- при изложении методики лабораторных исследований допускает несущественные ошибки в изложении теоретического материала;
- при оформлении пояснительной записки опирается только на обязательную учебную литературу;
- при защите проекта испытывает трудности при определении собственной позиции.

Оценка «удовлетворительно» выставляется если студент:

- в исследовательской работе допускает существенные ошибки;
- нарушил методы проводимых исследований и требуется помощь со стороны преподавателя при защите курсовой работы;
- нарушил логику изложения.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется, если студент при защите:

- обнаруживает незнание или не понимание существа проводимых исследований;
- не может исправить ошибки с помощью наводящих вопросов преподавателя;
- допускает грубые нарушения логики изложения.

В заключение можно отметить следующие преимущества интерактивных форм обучения:

1. Студенты самостоятельно осваивают практические навыки и умения как активные участники процесса обучения;

2. Обучающиеся вырабатывают умения самостоятельно находить и анализировать информацию, определять уровень ее достоверности.

3. Проектные методы формируют системное мышление специалиста, которое необходимо каждому человеку в реальной практической жизни.

Полученные результаты позволяют рекомендовать проектные методы для изучения специальных дисциплин по направлению «Техносферная безопасность», таких как «Защита населения в ЧС» в 5 семестре, «Техника и технология переработки и утилизации отходов» и «Радиационная безопасность» в 6 семестре, «Процессы и аппараты защиты окружающей среды» и «Инженерная защита компонентов окружающей среды» в 7 семестре, «САПР экобиозащитной техники и технологии» в 8 семестре.

Рекомендовано для ряда специальных дисциплин включить в задание по курсовому проекту (работе) элементы научно-исследовательской работы для активизации творческого потенциала студентов, развития практических навыков работы с оборудованием, что позволит профессионально ориентировать обучающихся на решение задач по обеспечению промышленной и экологической безопасности объектов строительства.

Таким образом, предложена методика, основанная на применении проектных методов преподавания специальных дисциплин по направлению «Техносферная безопасность» и разработаны общие критерии оценки самостоятельной работы студента при выполнении курсовых проектов и работ. Данная методика позволяет, в перспективе, разработать системный подход к сквозному проектированию при подготовке к выполнению выпускной квалификационной работы (ВКР). Это позволит активизировать работу студентов при выполнении ВКР и подготовить их к дальнейшей профессиональной деятельности на предприятиях строительной отрасли.

Список библиографических ссылок

1. Строганов В.Ф., Завьялова Н.Б., Шарафутдинова А.В. Актуальные проблемы подготовки инженеров-экологов для строительной области // Сб. научных трудов «Материалы международной конференции «Наука и инновации в строительстве». – Воронеж, 2008. – С. 119-121.
2. Вьюгина С.В. Развитие интеллектуального потенциала при подготовке специалистов гуманитарного профиля // Вестник Казанского технологического университета. – Казань, 2010. – С. 56-60.
3. Низамов Р.К. Непрерывное востребованное образование на базе КГАСУ // Сб. научных трудов «Материалы межд. научно-практической конференции. Корпоративное профессиональное образование. – Казань: КГАСУ, 2011. – С. 10-11.
4. Строганов В.Ф., Завьялова Н.Б., Шарафутдинова А.В., Скибинская А.А. Научно-методические основы развития специальности «Инженерная защита окружающей среды» для подготовки инженеров-экологов в области строительства // Известия КГАСУ, 2007, № 1 (7). – С. 105-108.
5. Шарафутдинова А.В. Методики преподавания экологических и инженерных дисциплин специальности «Инженерная защита окружающей среды» // Сб. научных трудов «Материалы межд. научно-практической конференции. Корпоративное профессиональное образование. – Казань: КГАСУ, 2014. – С. 196-198.
6. Шехонин А.А., Караваева Е.В., Аржанова И.В. Компетенции выпускников в образовательных стандартах, самостоятельно устанавливаемых университетами // Высшее образование в России, 2011, № 4. – С. 25-26.
7. Шорникова О.Н. Технология формирования информационной компетентности студентов на основе междисциплинарной интеграции // Успехи современного естествознания, 2010. № 2. – С. 83-85.
8. Эрганова Н.Е., Мугинова Г.Р. Возможности интегративно-технологических задач при реализации компетентностного подхода в профессиональном обучении // Образование и наука, 2011, № 3 (82). – С. 36-43.

Sharafutdinova A.V. – candidate of technical sciences, associate professor
E-mail: shar.fik@yandex.ru
Osipova V.Y. – candidate of chemical sciences, associate professor
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Application of design methods in the preparation of students in «Technosphere Safety»

Resume

New approaches to training students in the field of «Technosfere safety» were considered. It is shown that to increase the professional competence of students the use of technology design method, as one of the most effective teaching method is recommended. As an independent work, students complete course work in soil science section where investigate and assess the condition and quality of the soil samples taken at different points in the city of Kazan. Beforehand in the classroom, students learn research methods of soil and gain the skills laboratory research. After receiving the task for course design, students reinforce knowledge and skills during the independent creative work. They performed an independent sampling by a special technique, determined the soil moisture and its particle size distribution, pH, content of harmful substances and others. When placing an explanatory note, students spend studying various literary sources, identify the main sources of pollution of the soil, analyze the possible impact of pollutants on the environment and living organisms. For 1st year students this term project – the first creative and research work, which causes them to independently analyze obtained as a result of research, data and draw conclusions on the basis of previously studied learning materials. It is concluded that the innovative educational technologies allow to activate the work of students and prepare them for future professional activities at the enterprises of the construction industry.

Keywords: education, educational process, educational pro-process, competencies, methods of teaching, active learning methods.

Reference list

1. Stroganov V.F., Zavyalova N.B., Sharafutdinova A.V. Actual problems of training environmental engineers for the construction industry // Proc. scientific papers «Proceedings of International Conference «Science and Innovation in construction»». – Voronezh, 2008. – P. 119-121.
2. Vyugina S.V. Development of intellectual potential in the preparation of specialist lists the humanities // Vestnik KNITU. – Kazan, 2010. – P. 56-60.
3. Nizamov R.K. Continuous claimed education on the basis of KGASU // Proc. scientific papers «Proceedings Intl. Scientific and practical conference. Corporate professional education». – Kazan: KGASU, 2011. – P. 10-11.
4. Stroganov V.F., Zavyalova N.B., Sharafutdinova A.V., Skibinskaya A.A. Scientific and methodological basis of the specialty «Engineering protection» to prepare an environmental engineer in the construction industry // News of the KSUAE, 2007, № 1 (7). – P. 105-108.
5. Sharafutdinova A.V. Methods of teaching environmental and engineering disciplines specialty «Environmental Engineering» // Proc. scientific papers «Proceedings Intl. Scientific and practical conference. Corporate professional education». – Kazan: KGASU, 2014. – P. 196-198.
6. Shehonin A.A., Karavaeva E.V., Arganova I.V. Competence of graduates in the educational standards set by the universities themselves // Vischee obrazovanie v Rossii, 2011, № 4. – P. 25-26.
7. Shornikova O.N. Formation of Information Technology competence of students through interdisciplinary integration // Uspehi sovremennogo estestvoznaniia, 2010, № 12. – P. 83-85.
8. Erganova N.E., Muginova G.R. Possibilities integration-technological problems at competence realization approach in professional education // Obrazovanie i nauka, 2011, № 3 (82). – P. 36-43.

УДК 625.08
Габдуллин Т.Р. – кандидат технических наук, доцент
E-mail: talgat2204@mail.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1
Земдиханов М.М. – кандидат технических наук
E-mail: mr.minsur@mail.ru
Казанский (Приволжский) федеральный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Кремлевская, д. 18

Разработка демаркировщика с гидродинамическим рабочим органом кавитационного типа

Аннотация

В данной статье авторы предлагают проект демаркировщика с гидродинамическим рабочим органом кавитационного типа. Проведен анализ существующих демаркировщиков известных производителей широко применяемых в дорожной отрасли РФ. Выявлены их преимущества и недостатки. На основе проведенного анализа предлагается совершенствование процесса демаркировки дорожной разметки, используя свойство кавитации воды в рабочем органе демаркировщика. Рассчитали сравнительную экономическую эффективность применения предлагаемой разработки. Сделаны рекомендации внедрения разработанного демаркировщика.

Ключевые слова: демаркировщик, кавитация, рабочий орган, дорожная разметка, производительность.

На сегодняшний день в России в основном применяются механические демаркировщики. Несмотря на их дешевизну и простоту эксплуатации механические демаркировщики имеют существенный недостаток. При проведении демаркировычных работ происходит заметное разрушение верхнего слоя асфальта (в среднем от 3 до 10 мм).

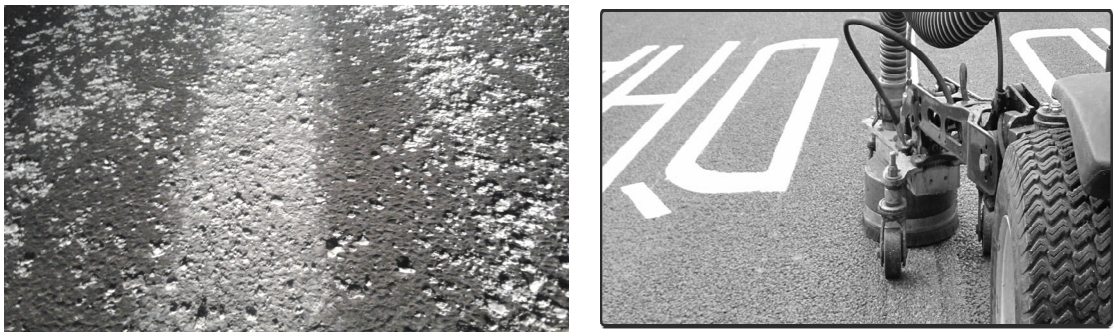
Применение гидродинамического демаркировщика решает в целом проблему с качеством выполняемых работ.

Обзор существующих демаркировщиков

В дорожно-строительной отрасли РФ используются в чаще всего два вида демаркировщиков – фреза и гидродинамические демаркировщики. Последние широко применяются также в европейских странах и Америке.

Фреза самый дешевый вид демаркировки. В основу работы машины положен принцип механического фрезерования верхнего слоя дорожного полотна с нанесенной на него разметкой. Преимущества данных демаркировщиков в простоте конструкции и дешевизне эксплуатации. К недостаткам можно отнести не полное соответствие точности среза разметки показателям заявленным заводом-изготовителем, сложность контроля толщины срезаемой поверхности и заметное повреждение верхнего слоя дорожного покрытия (рис. 1, а).

Гидродинамические демаркировщики на данный момент более перспективны. Принцип работы этих машин заключается в разрушении слоя разметки под высоким давлением воды. Преимущества данной технологии – отсутствия разрушений дорожного покрытия, пыли и отходов при снятии разметки, высокое качество выполняемых работ (рис. 1, б). Недостатки – сложность и дороговизна конструкции, необходимость создания высоких давлений воды в рабочем органе (1500…2000 МПа).



а) б)

Рис. 1. Улица Большая Крыловка, г. Казань:
а) увеличенный вид верхнего слоя дорожного покрытия
после срезания разметки демаркировщиком фрезерного типа;
б) Гидродинамический демаркировщик H2-GO. Вид дорожного покрытия после демаркировки

Существуют и другие перспективные технологии, такие как гидропескоструйные демаркировщики. Суть этой технологии заключается в том, что дорожное полотно очищается не только под действием гидродинамических сил, но и под действием сил взаимодействия песка с разметкой. Под высоким давлением смесь воды и песка подается по шлангам в сопло для разрушения разметки. Вследствие чего мельчайшие частицы песка с водой соударяясь о разметку, очищают дорожное полотно.

К недостаткам таких конструкций можно отнести сложность определения оптимальной пропорции песка и воды. Требуются также сложные и энергозатратные методы для возвращения воды и песка обратно в баки. Вследствие чего данная технология очистки дорожного полотна находится только в стадии разработки.

Исходя из выше изложенного наиболее перспективным направлением в создании демаркировщиков, на наш взгляд, являются гидродинамические демаркировщики с использованием явления кавитации воды в рабочем органе.

Кавитация – процесс парообразования и последующей конденсации пузырьков пара в потоке жидкости, сопровождающийся шумом и гидравлическими ударами, образование в жидкости полостей (кавитационных пузырьков, или каверн), заполненных паром самой жидкости, в которой возникает. Кавитация возникает в результате местного понижения давления в жидкости, которое может происходить либо при увеличении её скорости (гидродинамическая кавитация), либо при прохождении акустической волны большой интенсивности во время полупериода разрежения (акустическая кавитация), существуют и другие причины возникновения эффекта. Перемещаясь с потоком в область с более высоким давлением или во время полупериода сжатия, кавитационный пузырёк схлопывается, создавая при этом ударную волну.

Доказано что кавитация увеличивает разрушительную способность струи порядка от 5 до 10 раз [2].

Преимущества данной технологии аналогичны гидропескоструйным демаркировщикам: уменьшение давления воды для снятия разметки до 200…250 МПа; повышение качества работы; удешевление самой конструкции.

До конца нерешенными задачами в гидродинамических демаркировщиках считались обеспечение устойчивой кавитации в потоке жидкости и большой расход применяемой воды.

Разработанное устройство эти задачи в целом решает положительно.

Данное устройство состоит из следующих основных частей (рис. 2).

Кавитационные сопла работают по принципу местного понижения давления в струе воды. Вследствие чего возникают каверны, при схлопывании каверн возникает ударная волна, которая усиливает процесс удаления материала разметки с асфальта (асфальтобетона). В конструкции проектируемого демаркировщика имеется специальная магнитная насадка, обеспечивающая оптимальную частоту вращения сопел.

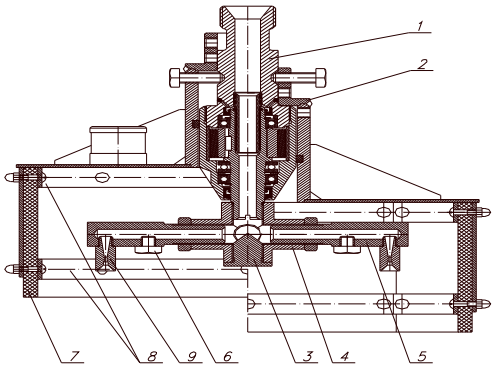


Рис. 2. Общее устройство для демаркировки дорожной разметки гидродинамическим методом с применением кавитации: 1 – магнитная насадка; 2 – камера; 3 – заглушка; 4 – головка; 5 – водовод; 6 – пробка; 7 – юбка; 8 – полоса; 9 – кавитатор

Работа демаркировщика с гидродинамическим рабочим органом кавитационного типа состоит из 4-х этапов:

1-ый этап.

Вода поступает в рабочий орган под давлением 250 МПа. Такое давление при кавитационном методе является достаточным для удаления разметки с дорожного покрытия.

Принцип работы магнитной насадки состоит в следующем. Магнитов четное количество (4 и более). В корпусе магнитной насадки имеется медное кольцо. При вращении вала рабочего органа магниты вращаются, создавая магнитное поле в медном кольце. Чем быстрее магниты вращаются, тем сильнее магнитное поле, которое тормозит вращение вала и не дает ему чрезмерно вращаться.

2-ой этап.

После вала вода поступает в головку, которая предназначена для распределения потока воды по водопроводу. Угол атаки кавитатора регулируется специальной контргайкой. Создаваемые выбросом жидкости из сопел реактивные силы вращают вал магнитного насадка. Оптимальный угол атаки 45 градусов. Ширина захвата кавитатора величина регулируемая, что позволяет регулировать ширину работы демаркировщика.

3-ий этап.

Вода, пройдя через водопровод, проходит в кавитатор, где, вследствие понижения местного давление в потоке жидкости, возникают каверны. Каверны, схлопываясь, создают ударную волну и усиливают силу потока воды для разрушения (удаления) дорожной разметки.

4-ый этап.

Кавитационный метод гидродинамической демаркировки не может быть осуществлен без частичной герметизации рабочего пространства кавитационных сопел. Для того что бы движение воды имело замкнутый цикл, на данном устройстве устанавливается «юбка» из износостойкого материала, которая, прижимаясь к асфальту внутри «кастрюли» создает частичную герметизацию. Вследствие чего вода, наполнив «кастрюлю», через отверстие на крышке возвращается в емкость для воды.

Подобная конструкционная компоновка позволяет:

1. Компенсировать отсутствие вакуумного насоса для откачки воды из «кастрюли»;

2. Уменьшает расход воды.

Одним из важных рабочих параметров гидродинамического демаркировщика является число оборотов кавитационных сопел. Для расчета данного числа определяются условия работы установки. Предполагается, что разрабатываемый рабочий орган установлен на машине ДКТ 225.

Средняя скорость истечения жидкости из сопла V (м/с) рассчитывается по формуле [2]:

$$V = Q/S, \quad (1)$$

где Q – расход жидкости; $м^3/с$;

S – суммарная площадь сечения сопел, $м^2$.

$$S = n\ s, \quad (2)$$

где n – количество сопел;
s – площадь одного сопла.

Используя уравнение Бернулли [2], получаем:

$$H = (1 + \xi)\frac{\rho}{2} V^2, \quad (3)$$

где ρ – плотность воды; кг/м^3;
H – давление жидкости перед соплом, Па;
ξ – безразмерный коэффициент гидравлического сопротивления сопла.

Коэффициент гидравлического сопротивления для круглых коротких сопел в соответствии с экспериментальными исследованиями ООО «Доркомтехника» ξ=0,25.

Это значение является постоянным, так как по числам Рейнольдса режим течения жидкости турбулентное [2].

Реактивная сила струи R_1 (Н), вытекающей из одного сопла рассчитывается по формуле [2]:

$$R_1 = \rho\ V^2 s. \quad (4)$$

Момент реактивной силы M_1 (Нм) находим по зависимости [2].

$$M_1 = R_1 \cos\beta\ L, \quad (5)$$

где β – угол наклона реактивной силы к плоскости вращения ротора;
L – плечо реактивной силы относительно оси вращения, м.

Общий момент силы $M_{общ}$ (Нм) определяется по формуле:

$$M_{общ} = M_1 n. \quad (6)$$

При проведении расчетов площадь сечения сопла был определен в самом узком месте:

$$s = 0{,}00000314 \text{ м}^2.$$

Используя вышеприведенные формулы, рассчитываются: суммарная площадь сечений сопел, средняя скорость истечения жидкости из сопел, реактивная сила струи, вытекающего из одного сопла, момент реактивной силы и общий момент силы.

Расход жидкости берется из технических характеристик машины ДКТ 225, где Q = 0,0001667 м^3/с.

Используя график зависимости расхода жидкости от создаваемого момента и оборотов кавитатора были определены оптимальные обороты кавитатора равные N = 65 об/мин.

Вторым основным параметром (характеристикой) демаркировщика является скорость демаркировки дорожной разметки.

Скорость движения демаркировщика рассчитывается исходя из числа оборотов кавитационных сопел и длины разрушения разметки за один проход сопел.

Расчеты были проведены для работ по демаркировке наиболее распространенных горизонтальных линий разметок типа 1.1 (сплошная) и типа 1.5 (1 метр штрих, 3 метра пунктир), ширина линий 15 см (ГОСТ 51256-2011).

В ходе экспериментальных исследований, проведенных ООО «Доркомтехника» было выявлено, что за один проход сопел линии разметки типа 1.1 удаляются в среднем на отрезке ($L_{ос}$) до 50 мм. Количество сопел n= 4.

Общая длина, демаркируемая за один оборот всех сопел $L_{од}$ (м) рассчитывается по формуле:

$$L_{од} = L_{ос}\ n. \quad (7)$$

Следовательно, за один оборот всех сопел линии разметки типа 1.1 демаркируется на отрезке в 0,2 м.

Длина линии разметки типа 1.1 демаркируемой за одну минуту рассчитывается по формуле:

$$L_{од.за\ 1\ мин} = N\ L_{од}, \quad (8)$$

$$L_{дем.за\ 1\ мин} = 65x0{,}2 = 13 \text{ м}.$$

Следовательно, за один час работы демаркировщика линия разметки типа 1.1 демаркируется на отрезке дороги равным 780 м.

Учитывая, что в основном дорожные работы ведутся в ночное время и продолжительность рабочей смены составляет от 8 до 10 часов, за одну смену

демаркировщик с гидродинамическим рабочим органом кавитационного типа может удалить до 8000 м линии разметки типа 1.1 и до 21000 м линии разметки типа 1.5.

Экологичности применения предлагаемого демаркировщика.

Замкнутый цикл применения воды требует её непрерывную очистку в ходе работы. На рис. 3 показана схема очистки воды.

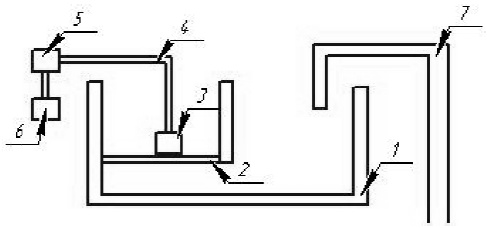


Рис. 3. Схема системы очистки воды:
1 – Емкость для воды; 2 – Фильтр сетчатого типа; 3 - Приемник воды; 4 – Шланг;
5 – Фильтр грубой очистки воды, 6 – Фильтр тонкой очистки;
7 – Линия возврата воды из рабочего органа

Предлагается 4-хступенчатая схема очистки воды. После первичного заполнения емкости водой (1) крупные фракции грязи отстаивается на её дне естественным образом. В приемник (3) вода проходит через сетку (2, размер клеток 1х1 мм). Далее вода последовательно очищается фильтрами грубой (5) и тонкой очисток (6). Очищенная вода поступает в рабочий орган. По заполнению «кастрюли» использованная вода под давлением возвращается в цистерну для повторного применения. Грубые частицы, оставшиеся внизу цистерны необходимо после смены утилизировать.

Экономическое обоснование проекта

Расчеты показали, что эксплуатация, обслуживание и содержание предлагаемого демаркировщика выгоднее по всем показателям, а стоимость работ по демаркировке линий разметок типов 1.1 и 1.5 дешевле почти в два раза, чем у выбранного для сравнения аналога.

Следовательно, применение предлагаемого демаркировщика с гидродинамическим рабочим органом кавитационного типа позволяет существенно уменьшать эксплуатационные и другие расходы

Внедрение. Изготовлен опытный образец рабочего органа в ООО «Доркомтехника», который в настоящее время проходит натурные испытания. Предварительные отзывы положительные.

Список библиографических ссылок

1. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя. В 3-х т. Под ред. И.Н. Жестковой. – М.: Машиностроение, 2001. – 920 с.
2. Мягков В.Д. Допуски и посадки: Справочник. В 2-х частях. – Л.: Машиностроение, 1983. – 486 с.
3. Самойлович Г.С. Гидродинамика. – М.: Машиностроение, 1980. – 290 с.
4. Зотов Б.И., Курдюмов В.И. Безопасность жизнедеятельности на производстве. – М.: КолосС, 2006. – 432 с.
5. Костюк В.Н. Очистка сточных вод машиностроительных предприятий. – Л.: Химия, 1990. – 337 с.
6. Сахапов Р.Л., Абсалямова С.Г. Инновационная пауза как шанс на технологическую модернизацию российской экономики. // Известия КГАСУ, 2012, № 3 (21). – С. 203-208.
7. Зорин В.А. Основы работоспособности технических систем. – М.: Академия, 2009. – 208 с.
8. Долгополов Б.П., Доценко Г.Н., Зорин В.А. и др. Технология машиностроения, производство и ремонт подъемно-транпортных, строительных и дорожных машин. – М.: Академия, 2010. – 576 с.

Gabdullin T.R. – candidate of technical sciences, associate professor
E-mail: talgat2204@mail.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1
Zemdikhanov M.M. – candidate of technical sciences
E-mail: mr.minsur@mail.ru
Kazan (Volga Region) Federal University
The organization address: 420008, Russia, Kazan, Kremlevskaia st., 18

Development of the machine to remove the markup with hydrodynamic working body of cavitation type

Resume

In this paper, we propose a project to remove the marking machine with hydrodynamic working body of cavitation type. The analysis of existing well-known manufacturers of machines are widely used in the road sector of the Russian Federation. Revealed their advantages and disadvantages. Based on the analysis proposed improving the process of removing road markings, using the property of water cavitation in the working body of the machine. Calculated the relative cost-effectiveness of the proposed development. Calculations showed that the operation, maintenance and content of the proposed demarkirovschika profitable on all counts, and the cost of work on the types of layouts marking lines 1.1 and 1.5 is almost twice cheaper than analogue selected for comparison. Recommendations for the implementation of the developed machine to remove the markings are made. Application of hydrodynamic marking machine solves the whole problem with the quality of work performed.

Introduction. The prototype of the working body in LTD «Dorkomtehnika», which is currently undergoing field tests. Preliminary reviews are positive.

Keywords: the machine to remove the marking, cavitation, working body, road markings, performance.

Reference list

1. Anuriew V.I. Reference Design-mechanic. In 3 Vols. Ed. I.N. Zhestkova. – M.: Mechanical Engineering, 2001. – 920 p.
2. Samoilovich G.S. Hydrodinamics. – M.: Mashinostroenie, 1980. – 290 p.
3. Miagkov V.D. Limits and fits: Handbook. In 2 Vols. – L.: Engineering, 1983 – 486 p.
4. Zotov B.I., Kurdiumov V.I. Life safety in the workplace. – M.: KolosS, 2006 – 432 p.
5. Kostyuk V.N .Water purification machine-building enterprises. – L.: Chemistry, 1990. – 337 p.
6. Sahapov R.L., Absalyamova S.G. Innovative pause as a chance for the technological modernization of the Russian economy. // News of the KGASU 2012, № 3 (21). – P. 203-208.
7. Zorin V.A. The Bases of Efficiency of Technical Systems. – M.: Akademia, 2009. – 208 p.
8. Dolgopolov B.P., Dotsenko G.N., Zorin V.A. etc. The technology of mechanical engineering, manufacture and repair of lifing and transportation, construction and rood machines. – M.: Akademia, 2010. – 576 p.

УДК 621.879
Густов Ю.И. – доктор технических наук, профессор
Орехов А.А. – аспирант
E-mail: aleksejjok@rambler.ru
Московский государственный строительный университет
Адрес организации: 129337, Россия, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26

Исследование конструкционно-технологических и эксплуатационных показателей строительной техники

Аннотация
Дан анализ конструкционных и триботехнических материалов, геометрии и эффективности применения рабочих органов отечественных и зарубежных строительных машин. Приведены результаты исследования эксплуатационных показателей ножей автогрейдера и дорожной фрезы на основе разработанного деформационно-топографического метода и двойного отношения степеней трибодеформационного упрочнения системы золотой пропорции.
Ключевые слова: трибология, трибодеформационное упрочнения, триботехнические характеристики, поверхность трения, строительные машины.

На процесс взаимодействия рабочего органа землеройной машины с грунтом существенное влияние оказывают конструкция, геометрические параметры режущих элементов. Эффективность процесса резания обеспечивается при оптимальных углах резания и рациональной геометрии режущего инструмента, а также при обоснованном выборе способа их получения и обработки.

Основные зарубежные компании, такие как ESCO, BUCYRUS BLADES (США), BYG, Metallogonia (Испания), PYRSA (Италия) и др., производящие режущие элементы для землеройных машин, используют в качестве заготовок катанную сталь и отливки. Продукция этих компаний в целом имеет схожие черты и способы изготовления [1-3].

Заготовки из катанной стали обрабатываются резанием (сверление болтовых отверстий, снятие фасок). Процесс литья позволяет использовать легированные стали сквозной прокаливаемости (отвалы, боковые накладки, зубья отвалов и др.). Преимущество литья заключается в сокращении отходов и брака, снижении эксплуатационных расходов, увеличении срока службы и производительности машины.

Высокие эксплуатационные требования к зубьям и коронкам обусловливают использование износостойких сталей и сплавов с повышенными прочностными характеристиками. Литые зубья изготавливают из стали 110Г13Л или из конструкционных марганцево-хромо-молибденовых и никелевых сталей.

Существенное влияние на работоспособность зубьев оказывают химический состав стали, термическое упрочнение, способы формообразования (методы изготовления давлением или литьем и др.).

Для производства своей продукции, частности, компания ESCO использует более 10 сплавов, способных выдерживать высокие ударные нагрузки в сочетании с абразивной износостойкостью. Например, сталь твердостью HB 514 (BHN) обладает высоким сопротивлением абразивному изнашиванию и необходимой ударной прочностью. Для ведения работ в особо тяжелых условиях специально разработаны аустенитно-марганцевые сплавы, обладающие способностью к поверхностному упрочнению.

Последним достижением компании ESCO стала разработка зубьев для разного вида и типа работ: SUPER V, SV2, S-Series POSILOK, MaxDRP.

Система SUPER V представляет собой полный комплект зубьев различной формы разработанных для достижения высокой эффективности земляных работ всех видов. Преимущества этой системы: тонкий профиль зубьев для глубокого проникновения в грунт, увеличенная стабилизационная поверхность и область восприятия нагрузки, повышенная усталостная прочность контура носа.

Система зубьев для горных работ SV2 имеет улучшенное проникновение благодаря тонкому профилю и более прочному носу.

Система зубьев S-Series POSILOK специально разработана для применения в скребковых экскаваторах, гидравлических экскаваторах с прямой лопатой и землеройных ковшах. Нос является частью системы зубьев.

Анализ землеройной техники, используемой в России и в странах СНГ, свидетельствует о широком применении легированных термически обработанных сталей в производстве коронок для навесного оборудования бульдозеров и зубьев ковшей экскаваторов. Фирмы изготовители, такие как «CATERPILLAR» (США), «KOMATSU», «HITACHI», «KATO», «MITSUBISHI» (Япония) используют стали марок: 30ХМЛ, 27ХГСНМЛ, 35ХГС2МЛ, 30ХГСМЛ, термические обрабатываемые на структуру сорбита отпуска твердостью HV3000…3800 МПа. В России и странах СНГ коронки и зубья изготавливают из сталей марки 110Г13Л аустенитного класса твердостью HV 2400…2700 МПа. Также используют стали марок 30ХМЛ, 27ХНМЛ, 30ХНФЛ, термообработанные на сорбит отпуска твердостью HV2800…3600 МПа.

Конструкционно-технологический анализ режущих элементов землеройных машин отечественного и зарубежного производства позволяет заключить, что создание долговечных рабочих органов возможно на основе выбора функционально-градиентных материалов. Такие материалы обеспечивают рациональное сочетание противоположных свойств – твердости, обусловливающий повышенную износостойкость трущихся поверхностей, и ударной вязкости, ответственной за надежность изделия. Указанные свойства необходимо закладывать на стадии проектирования и изготовления деталей.

На кафедре «Механическое оборудование, детали машин и технология металлов» (МОДМТМ) МГСУ разработана и усовершенствуется методика выбора конструкционных триботехнических материалов по синергетическим прочностно-пластическим критериям. Установлено, что между объемными и поверхностными свойствами сталей и сплавов существует взаимосвязь вида [4]:

$$HB = (CS_k)^2 \sigma_B, \quad (1)$$

где σ_B – временное сопротивление разрыву; S_k – истинное сопротивление разрыву; НВ – твердость; $C = \sigma_T / \sigma_B + \delta / \psi$; δ, ψ – соответственно относительное удлинение и сужение.

Истинное сопротивление разрыву определяется выражением:

$$S_k = \sigma_B [1 + \psi / (1 - \psi_p)], \quad (2)$$

где $\psi_p = \delta_p / (1 + \delta_p)$ – равномерное относительное сужение;

δ_p – равномерное относительное удлинение, вычисляется по формуле:

$$\delta_p = ((1 + \delta) / c^{\nu})^{0.5} - 1, \quad (3)$$

где $\nu = \psi(1 + \delta)$.

При выборе рационального материала для режущих элементов следует учитывать микротвердость абразивных частиц ($H_{абр}$), относительно которой микротвердость металла должна составлять: K_T=0,6…1,0. Согласно (1), условием выбора материала является:

$$0{,}6 < [(cS_k)^2 / \sigma_B] / \cdot H_{абр} < 1. \quad (4)$$

В случае K_T>1 наблюдается поверхностное разупрочнение рабочих поверхностей. Оптимальным является случай практического равенства исходной технологической H_o и эксплуатационной поверхностной H_s твердости.

Эксплуатационная поверхностная твердость и соответственно относительная степень трибодеформационного упрочнения (или разупрочнения) $K_s = H_s/H_o$ определяются по микротопографии поверхности трения общей зависимостью для упрочняющихся (K_s>1) и разупрочняющихся (K_s<1) металлов:

$$K_S = (D_a / D_m)^{D_m / D_a}, \quad (5)$$

где $D_{m\gamma}$ = 0,618, D_m, D_a – парциальные величины микрометалла (микровыступов) и микроизноса (микровпадин) в пределах шероховатого слоя поверхности трения (рис. 1).

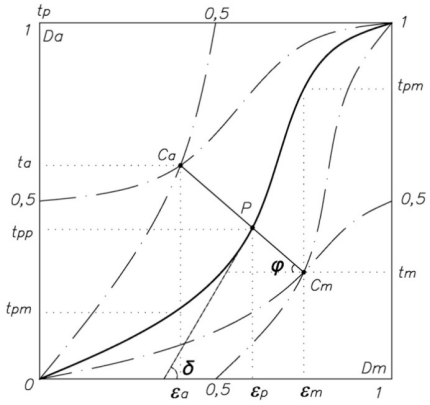


Рис. 1. Гипсограмма поверхности трения

Указанный в выражении (1) критерий С применительно к трибомеханическим характеристикам поверхностей трения определяется уравнением вида:

$$K_S^{-1} + \delta / D_a = C, \tag{6}$$

где $\delta = 0{,}5(1 - t_{pp})$ – относительное удлинение металла при полюсном сближении ε_p.

В результате эксплуатационных испытаний ножей автогрейдера получены следующие показатели:

Для левого ножа – $K_s = 1{,}292$; $D_a = 0{,}546$; $\delta = 0{,}5(1 - 0{,}775) = 0{,}1125$;

Для среднего ножа – $K_s = 1{,}351$; $D_a = 0{,}629$; $\delta = 0{,}5(1 - 0{,}52) = 0{,}24$;

Для правого ножа – $K_s = 1{,}362$; $D_a = 0{,}687$; $\delta = 0{,}5(1 - 0{,}8) = 0{,}10$.

Согласно [5], прирост температуры на поверхности трения за счет трибодеформационного упрочнения K_s определяется выражением:

$$\Delta t_s = e_s / \alpha = \ln K_s / \alpha, \tag{7}$$

где $\alpha = 2{,}15 \cdot 10^{-3} 1/^{o}C$ – среднее значение температурного коэффициента для металлов диапазона $\alpha = (1{,}72 - 2{,}57) \cdot 10^{-3} 1/^{o}C$ [6]. При указанных значениях K_s показатели деформации e_s соответственно равны 0,256; 0,301; 0,309.

Прирост температуры в изношенном слое (продуктах износа) составляет:

$$\Delta t_a = e_a / \alpha = \ln K_a / \alpha, \tag{8}$$

где $K_a = K_s[K_s^{0,5} + (K_s - 1)^{0,5}]$ – степень трибодеформационного упрочнения продуктов износа.

Температура на поверхности трения достигает значения:

$$t_s = t_o + \Delta t_s. \tag{9}$$

Температура продуктов износа будет:

$$t_a = t_o + \Delta t_a, \tag{10}$$

где t_o – температура окружающей среды

Средняя температура на поверхности трения ножей составляет:

$t_{лев} = t_o + 119^{o}C$; $t_{ср} = t_o + 140^{o}C$; $t_{пр} = t_o + 149^{o}C$.

Максимальная температура соответственно равна:

$t_{лев} = t_o + 149^{o}C$; $t_{ср} = t_o + 175^{o}C$; $t_{пр} = t_o + 180^{o}C$.

В летнее время при температуре t_o = 20-30 ^{o}C максимальная температура на поверхности трения достигает 200-210 ^{o}C.

Она соответствует температуре низкого отпуска для углеродных сталей, но не достигает температуры рекристаллизации [7]. Это означает, с одной стороны, возможность уменьшения твердости закаленных углеродистых сталей и, с другой стороны, сохранение технологического и эксплуатационного деформационного упрочнения (наклепа) ножей.

Средняя температура продуктов износа ножей достигает значений:

$t_{лев} = t_o + 360^{o}C$; $t_{ср} = t_o + 401^{o}C$; $t_{пр} = t_o + 409^{o}C$.

Максимальные температуры равны:

$t_{лев} = t_o + 450^{o}C$; $t_{ср} = t_o + 502^{o}C$; $t_{пр} = t_o + 511^{o}C$.

Они соответствуют температурам среднего отпуска, которые могут привести к термическому разупрочнению частиц износа. По-видимому, оценка трибодеформационного упрочнения частиц износа (в 3-4 раза выше исходной твердости) выполнена с учетом их термического разупрочнения [8].

Для оценки механических свойств материалов и эксплуатационных показателей деталей строительной техники возможно использовать систему золотой пропорции через понятие двойного отношения – вурфа [9, 10].

В частности, с указанной целью можно использовать вурф вида:

$$W_k = K_a / K_s(1 + K_s + K_a), \quad (11)$$

где $K_s = H_s/H_o$ – степень поверхностного трибоупрочнения детали, $K_a = H_a/H_o$ – степень трибодеформационного упрочнения продуктов износа, H_o – исходная твердость детали.

Указанные величины K_s и K_a определяются по формулам [10]:

$$K_s = (0{,}618/D_m)^{D_m/D_a}, K_a = K_s[K_s^{0.5} + (K_s - 1)^{0.5}]. \quad (12)$$

Значения W_k для ножей дорожной фрезы Д-530 приведены в таблице.

Двойные отношения (вурфы) ножей дорожной фрезы.

Таблица

Материалы	H_o, ГПа	K_s	K_a	W_k	J_h, мм
Сталь 45	2,2	1,51	2,93	1,383	61,56
110Г13Л	4,2	1,37	2,44	1,380	39,06
И-1	6,0	1,21	1,89	1,367	36,7
И-2	4,45	1,26	2,06	1,376	36,18
Э-3	4,3	1,20	1,85	1,367	21,71
ВСН-6+ВСН-8	5,0	1,20	1,85	1,367	17,58
СКБ	5,0	1,19	1,82	1,365	22,4
ЦН-16	5,5	1,18	1,78	1,364	20,7
ПЛ-У40Х38Г3РТЮ	8,0	1,25	2,02	1,372	16,3
Т-620	8,2	0,905	0,707	1,299	17,1
КБХ-45	10,6	0,882	0,677	1,300	13,44
Х-5	11,3	0,85	0,605	1,290	10,43

По табличным результатам можно заключить, что вурф-критерий для исследованных материалов изменяется в пределах $W_k = 1{,}290 \div 1{,}383$. При этом наиболее близкие значения к «золотому вурфу» $W_o = 1{,}309$ [9] имеют наплавленные металлы Х-5, Т-620, КБХ-45. Эти материалы обеспечили наименьший износ $J_h = 10{,}43$; 17,1; 13,44 мм соответственно.

Основные выводы:

1. Обзорный анализ материалов и упрочняющих технологий для рабочих органов строительной техники показал эффективность применения износостойких наплавленных металлов эвтектического типа.
2. Разработанный деформационно-топографический метод позволяет определить основные эксплуатационные показатели режущих элементов при взаимодействии с абразивной средой.
3. Для выбора рационального триботехнического материала можно использовать вурф-критерий при его соответствии «золотому вурфу» $W_o = 1{,}309$.

Список библиографических ссылок

1. Astakhov V. Tribology of Metal Cutting: Tribology Series. Elsevier Science Ltd, 2006. 392 ISBN: 0444528814.
2. Mechanical wear fundamentals and testing – R.G. (Raymond George), Bayer (2004). Book Details. ISBN 0824746201.
3. Biresaw G., Mittal K. Surfactants in Tribology. Volume 3 PDF Taylor & Francis Group, LLC, CRC Press, 2013, XVII. ISBN-13: 978-1-4398-8961-9.

4. Густов Ю.И., Орехов А.А., Ярмолик Н.В. Конструкционно-технологический анализ режущих элементов землеройных машин // Материалы международной научно-технической конференции «Интерстроймех-2009» Кырг. гос. ун-т строите-ва, трансп. и архит. – Бишкек, 2009. – С. 279-281.
5. Густов Ю.И. Повышение износостойкости рабочих органов и сопряжений строительных машин. – М. – 529 с.
6. Бабичев А.П., Бабушкина Н.А., Братковский А.М. Физические величины: Справочник. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 1232 с.
7. Арзамасов Б.Н., Макарова З.И., Мухин Г.Г. Материаловедение. – М.: Изд-ва МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2008. – 648 с.
8. Хрущов М.М., Бабичев М.А. Абразивное изнашивание. – М.: Наука 1970. – 252 с.
9. Коробко В.И. Золотое сечение и проблемы гармонии систем. Изд. АСВ. Стран СНГ. – М., 1998. – 373 с.
10. Густов Ю.И., Густов Д.Ю., Воронина И.В. Методология определения триботехнических показателей металлических материалов // Сборник докладов XVI словацко-российско-польского семинара «Теоретические основы строительства». – М., 2007. – С. 339-342.

Gustov Yu.I. – doctor of technical sciences, associate professor
Orekhov A.A. – post-graduate student
E-mail: aleksejjok@rambler.ru
Moscow State University of Civil Engineering
The organization address: 129337, Russia, Moscow, Yaroslavskoe shosse, 26

Research construction-technological and operational performance of construction equipment

Resume

The analysis of structural and tribological materials, geometry and efficiency of working bodies of domestic and foreign construction machinery is given. The results of research performance indicators and road grader blades cutters developed based on strain-topographic method and dual degrees tribodeformative hardening attitude of the golden ratio.

There is broad use of heat-treated alloy steel in the manufacture of crowns for attachments bulldozers and excavator bucket teeth on the domestic and foreign manufacturers. Effective use is austenitic steel hardness HV 2400...2700 MPa and austenitic steel hardness of HV 2800...3600 MPa.

The expediency of technological design of functionally graded materials, providing a rational combination of opposing properties – hardness and toughness.

Shows the relationship of bulk and surface properties of metallic materials, allow you to select structural and tribological steels and alloys purpose.

As a result of the performance test grader blades set the maximum temperature on the friction surface at 200-210 °C, the temperature of the wear products 530-540 °C.

To select the sound tribological material recommended wurf criterion when it meets golden wurf W_o=1,309. A review of materials and strengthening technologies for construction equipment working bodies showed the effectiveness of wear-resistant weld metal eutectic type.

Designed topographical deformation method to determine the basic operating characteristics of the cutting elements in interaction with abrasive media.

Keywords: tribology, tribodeformative hardening tribological characteristics, surface friction, construction machinery.

Reference list

1. Astakhov V. Tribology of Metal Cutting: Tribology Series. Elsevier Science Ltd, 2006. 392 ISBN: 0444528814.

2. Mechanical wear fundamentals and testing – R.G. (Raymond George), Bayer (2004). Book Details. ISBN 0824746201.
3. Biresaw G., Mittal K. Surfactants in Tribology. Volume 3 PDF Taylor & Francis Group, LLC., CRC Press, 2013, XVII, ISBN-13: 978-1-4398-8961-9.
4. Gustov Yu.I., Orekhov A.A., Yarmolik N.V. Constructional and technological analysis of the cutting elements of earth-moving machines // Proceedings of the International Scientific and Technical Conference «Interstroymeh 2009» Kyrg. gos. un-t stroite-va, transp. i arkhit. – Bishkek, 2009. – P. 279-281.
5. Gustov Yu.I. Improving the durability of working bodies and interfaces of construction machinery. – M. – 529 p.
6. Babichev A.P., Babushkina N.A., Bratkovskiy A.M. Physical quantities: Spravochnik. – M.: Energoatomizdat, 1991. – 1232 p.
7. Arzamasov B.N., Makarova Z.I., Mukhin G.G. Materials Engineering. – M.: Izd-va MGTU im. N.E. Baumana, 2008. – 648 p.
8. Khrushchov M.M., Babichev M.A. Abraziv wear. – M.: Nauka 1970. – 252 p.
9. Korobko V.I. Golden Section and the problem of harmony systems. Izd. ASV. Stran SNG. – M., 1998. – 373 p.
10. Gustov Yu.I., Gustov D.Yu., Voronina I.V. Methodology for determining the tribological performance of metallic materials// Collection of XVI Slovak-Russian-Polish Seminar «Theoretical Foundations of construction». – M., 2007. – P. 339-342.

УДК 69.002
Доценко А.И. – доктор технических наук, профессор
Зотов В.А. – кандидат технических наук, доцент
Озеров В.В. – кандидат технических наук, доцент
E-mail: kafedra.tmegad@mail.ru
Московский государственный строительный университет
Адрес организации: 129337, Россия, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26

Динамические параметры конструкции современных мусоровозов

Аннотация

В статье рассмотрена энергетика технологических процессов при работе машин для удаления твердых (ТБО) и жидких (ЖБО) бытовых отходов.

Приводятся следующие расчетные параметры машин, в наибольшей степени влияющие на конструктивные решения их наиболее нагруженных при работе узлов:

Мусоровозы для ТБО – полезная грузоподъемность машины; расчетные усилия на штоке гидроцилиндра уплотняющей плиты; мощность привода уплотняющей плиты.

Мусоровозы для ЖБО – вместимость цистерны; глубина забора нечистот из колодцев и выгребных ям.

Ключевые слова: коммунальные машины, мусоровозы, конструктивные узлы, динамические параметры.

Технологический процесс «Санитарная очистка городских территорий» включает работы по удалению двух видов отходов – твердых бытовых отходов (ТБО) и жидких бытовых отходов (ЖБО).

При этом используются два типа машин – мусоровозы для ТБО и мусоровозы для ЖБО (где нет канализационных сетей).

Конструктивные и технологические преимущества машин определяются применением в конструкциях мусоровозов для ТБО кузовной механической схемы сбора, уплотнения и разгрузки отходов, а в мусоровозах для ЖБО – вакуумной схемы забора технологической жидкости и ее удаления из собирающей машины.

При проектировании кузовных мусоровозов рассчитываются следующие три динамических параметра машины, в наибольшей степени влияющие на конструктивные решения ее наиболее нагруженных при работе узлов:

– масса перемещаемого груза или полезная грузоподъемность машины, определяющая при проектировании выбор ее базового шасси;

– максимальное расчетное усилие на штоке гидроцилиндра уплотняющей плиты, влияющее на выбор конструктивных решений уплотняющей плиты и кузова мусоровоза;

– необходимая для оценки энергетического баланса машины мощность привода уплотняющей плиты.

Выбор базового шасси мусоровоза осуществляется по критерию грузоподъемности, который определяет максимальную величину полезной грузоподъемности машины с учетом массы спецоборудования и соответствующего ей полезного объема кузова.

Если задается главный параметр мусоровоза – вместимость его кузова (полезный объем) – $V_к$, то полезная расчетная грузоподъемность машины – $G_п$:

$$G_п = G_н - G_с, \text{ т}, \quad (1)$$

где $G_с$ – расчетная номинальная грузоподъемность базового шасси мусоровоза, т:

$$G_н = V_к \cdot \gamma \cdot K_{нап} (1 + C_{уд.к}) / K_{пер}, \text{ т}, \quad (2)$$

где $V_к$ – вместимость кузова – 6…24 м^3, γ – объемная масса неуплотненных твердых отходов – 0,16…0,23 т/м^3, $K_{нап}$ – коэффициент наполнения кузова неуплотненными отходами, учитывающий наличие пустот в верхней части загруженного кузова и неравномерность уплотнения отходов внутри объема кузова – 0,85…0,92, $C_{уд.к}$ – удельная масса спецоборудования на единицу массы перевозимых отходов:

$$C_{уд.к} = G_с / \rho_м \cdot V_к \rightarrow \min,$$

G_c – масса спецоборудования, т (график рис. 1), $\rho_м$ – плотность мусора (т/м^3) в зависимости (график рис. 2) от коэффициента уплотнения $К_{упл}$ – 2…6, $К_{пер}$ – коэффициент допустимой перегрузки шасси по сравнению с его номинальной грузоподъемностью – 1,1…1,2.

Зная расчетную номинальную грузоподъемность базового шасси – $G_н$ и массу его спецоборудования – G_c, находим полезную расчетную грузоподъемность мусоровоза – $G_п$ (формула (1)) – массу груза, которую одновременно может перемещать одна машина.

Из размерного ряда грузоподъемности – $G_г$ грузовых автомобилей выбирается шасси, наиболее соответствующее по параметрам номинальной расчетной грузоподъемности шасси мусоровоза – $G_н$.

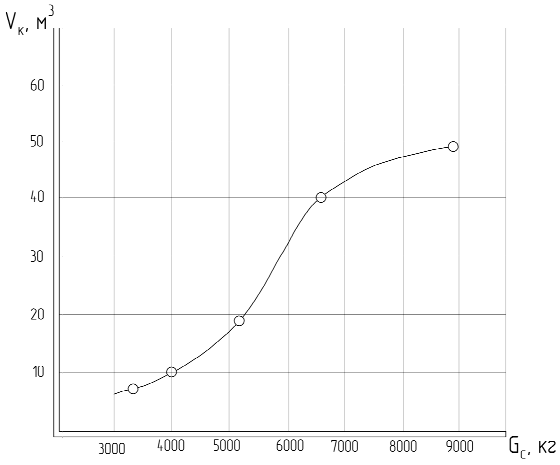


Рис. 1

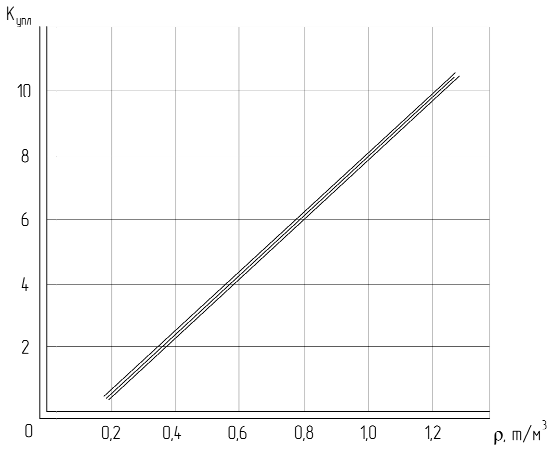


Рис. 2

Главной функцией уплотняющих устройств в машинах для сбора и транспортирования ТБО является перемещение отходов от загрузочного бункера или ковша системы загрузки машины внутрь кузова и уплотнение их до максимального значения, определяемого физико-механическими свойствами отходов и допустимыми показателями энергоемкости и материалоемкости процесса уплотнения.

Наибольшее распространение в конструкциях уплотняющих устройств мусоровозов получили два варианта конструкции привода уплотняющей плиты – уплотняющая плита с плоскопараллельным перемещением и уплотняющая плита поворотная в вертикальной плоскости.

Схема работы уплотняющей плиты с плоскопараллельным перемещением приведена на рис. 3.

Характерным расчетным случаем уплотнения отходов является заключительный этап уплотнения в кузове при максимальных значениях коэффициентов уплотнения и наполнения кузова отходами.

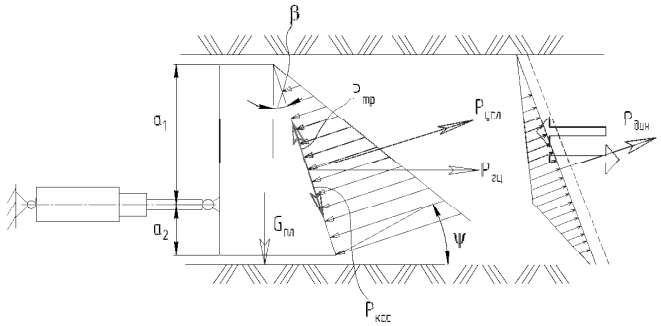


Рис. 3

Для увеличения коэффициента наполнения кузова рабочая поверхность плиты располагается под углом к вертикали – углом установки β (рис. 3). Средняя величина давления на рабочую поверхность плиты – p (МПа) определяется по эмпирической зависимости по заданной величине коэффициента уплотнения $К_{упл}$ – 2…6:

$$p = (0{,}183К_{упл})^{3{,}8}, \text{ МПа}.$$

Статическое полное усилие уплотнения – $Р_{упл}$ будет:

$$Р_{упл} = pF_{пл} = (0{,}183К_{упл})^{3{,}8} \cdot F_{пл} \cdot 10^6, \text{ Н},$$

где $F_{пл}$ – площадь рабочей поверхности плиты – 7…8 $м^2$.

Гидроцилиндр привода уплотняющей плиты подбирается по расчетному максимальному усилию на штоке гидроцилиндра при уплотнении мусора в кузове и выталкиванию его из кузова мусоровоза при разгрузке кузова.

Активное усилие – $Р_{гц}$ на штоке гидроцилиндра привода плиты (Н), расположенного горизонтально (рис. 3), при уплотнении определяется:

$$Р_{гц} = Р_{упл}/\cos\beta = \frac{(0{,}183 \cdot К_{упл})^{3{,}8} \cdot F_{пл} \cdot 10^6}{\cos\beta}, \text{ Н}. \quad (3)$$

Равновесие плиты в вертикальной плоскости обеспечивает условие:

$$G_{пл} = Р_{упл} \frac{\operatorname{tg}\delta - \operatorname{tg}\beta}{\cos\beta}, \text{ Н}, \quad (4)$$

где $G_{пл}$ – масса уплотняющей плиты, т (рис. 3), δ – угол внешнего трения отходов по поверхности плиты – 29…44 град., β – угол установки плиты – 16…19 град.

Для прочностных расчетов используется динамическое усилие уплотнения – $Р_{дин}$:

$$Р_{дин} = Р_{гц} \cdot К_{дин}, \text{ Н}, \quad (5)$$

где $К_{дин}$ – коэффициент динамичности – 1,3…1,7.

Мощность привода уплотняющей плиты – $N_{пл}$, кВт, определяется:

$$N_{пл} = 10^3 \cdot Р_{дин} \cdot V_{пл}, \text{ кВт}, \quad (6)$$

где $V_{пл}$ – линейная скорость перемещения плиты, равная скорости выдвижения штока приводного гидроцилиндра плиты – 0,1…0,2 м/с.

Разгрузка кузова мусоровоза

В конструкциях мусоровозов наибольшее распространение получила принудительная разгрузка кузова с помощью уплотняющей плиты. Максимальное усилие вытеснения массы мусора из кузова мусоровоза – $Р_{выт}$ определяется для предельного случая сдвига всей массы мусора в кузове, сопротивлением холостого перемещения плиты, силой трения мусора по дну кузова и силой трения о боковые стенки кузова вследствие заклинивания массы мусора боковыми стенками:

$$Р_{выт} = G_{пл} \cdot f + \frac{V_к \gamma \cdot К_{упл} \cdot \operatorname{tg}\delta}{1 - 2К_{бок} \cdot l \,/\, B\operatorname{tg}\delta}, \text{ Н}, \quad (7)$$

где $G_{пл}$ – масса выталкивающей (уплотняющей) плиты, т; должна быть не меньше массы, подсчитываемой по формуле (4), f – коэффициент сопротивления перекатыванию

опорных роликов выталкивающей плиты вдоль направляющих или днища кузова – 0,03…0,06, $V_к$ – полезный объем кузова мусоровоза – 6–24 м^3, γ – плотность неуплотненных (насыпных) отходов – 0,16…0,23 т/м^3, $К_{упл}$ – коэффициент уплотнения отходов 2…6, $К_{бок}$ – коэффициент бокового давления мусора на стенки кузова – 0,4…0,6, l – длина полезного объема кузова мусоровоза, м; l = (2,5…4) В, В – ширина полезного объема кузова мусоровоза – 2,2…2,9, м, δ – угол внешнего трения отходов по поверхности выталкивающей плиты – 22…44 град.

Мощность привода выталкивающей плиты – $N_{выт}$, кВт:

$$N_{выт} = 10^{-3} \cdot P_{выт} \cdot V_{выт}, \text{ кВт}, \quad (8)$$

где $P_{выт}$ – усилие вытеснения массы мусора из кузова мусоровоза, Н (формула (7)), $V_{выт}$ – скорость выталкивания плиты под нагрузкой – 0,1…0,2 м/с.

За максимальное расчетное усилие на штоке гидроцилиндра привода уплотняющей плиты при конструировании гидроцилиндра привода принимается наибольшее усилие, определяемой по формулам (5) и (7). Соответственно, принимается и расчетная мощность привода плиты.

Схема работы уплотняющей плиты поворотной в вертикальной плоскости приведена на рис. 4.

Характерным расчетным случаем уплотнения отходов плитой данной конструкции является заключительный этап уплотнения отходов в кузове при максимальных значениях коэффициентов уплотнения и наполнения. Предельное равновесие уплотнения соответствует максимальному углу поворота плиты относительно вертикали внутрь кузова $\alpha_{max} \approx 22^o$, что обеспечивает сдвиг отходов в кузове под углом сдвига ψ к горизонту.

Рассматривая отходы, как сыпучую среду с некоторым сцеплением их частиц друг с другом, можно принять:

$$\psi = \pi/4 - 0{,}5g, \text{ град},$$

где g – угол внутреннего трения твердых отходов, град.

Давление уплотнения действует нормально к поверхности уплотняющей плиты и изменяется от минимального – в верхней части плиты до максимального у ее нижней кромки по эпюре приблизительно треугольного характера.

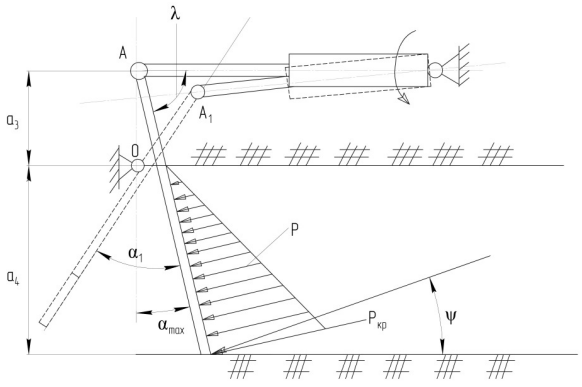


Рис. 4

Главной силовой характеристикой процесса уплотнения отходов поворотной плитой является усилие на внешней кромке плиты $P_{кр}$ (рис. 4), которое соответствует интегральным силам давления, развиваемым этой плитой.

Момент сопротивления поворота плиты $M_{пов}$ (нм) будет:

$$M_{пов} = 2/3 \, pF_{пл} \cdot a_н, \text{ Н·м}, \quad (9)$$

где p – средняя величина давления плиты на отходы, обеспечивающая заданный коэффициент уплотнения, МПа;

$$p = (0{,}183 \, К_{упл})^{3,8},$$

$F_{пл}$ – площадь рабочей поверхности уплотняющей плиты – 7…8 м^2:

$F_{пл} = a_н \cdot В$,

a_4 – максимальная высота рабочей поверхности плиты, м;

В – ширина уплотняющей плиты – 2,2…2,9 м.

Тогда усилие $P_{кр}$ на кромке уплотняющей плиты (н) будет:

$$P_{кр} = M_{пов} / a_н;\ P_{кр} = 2/3\ (0{,}183К_{упл})^{3{,}8} \cdot F_{пл} \cdot 10^6,\ н,$$

где $К_{упл}$ – коэффициент уплотнения – 2…6.

Выбор гидроцилиндров поворота уплотняющей плиты производится по величине хода штока, определяемого кинематическим анализом, и максимального усилия, создаваемого гидроцилиндром (н) – $P_{гц}$:

$$P_{гц} = \frac{M_{пов}}{a_3 \cdot \sin\lambda} = \frac{2a_4 \cdot F_{пл}}{3a_3 \cdot \sin\lambda}(0{,}183 \cdot К_{упл})^{3{,}8} \cdot 10^6,\ Н, \qquad (10)$$

где a_3 – плечо приложения силы поворота уплотняющей плиты – 1,2…1,4 м (рис. 4), a_4 – высота уплотняющей плиты, м (рис. 4), λ – угол между продольной осью гидроцилиндра и продольной осью рычага уплотняющей плиты – 8…12 град (рис. 4).

При проектировании машин для транспортирования жидких бытовых отходов задаются параметрами, определяющими условия эксплуатации машины.

Таких параметров два:

– вместимость цистерны ассенизационной машины;

– глубина забора нечистот из колодцев и выгребных ям.

В соответствии с заданными эксплуатационными показателями определяют:

– параметры и режимы работы вакуум-насоса машины;

– полезную грузоподъемность ассенизационной машины и класс ее базового шасси.

Расчетное разряжение в цистерне определяют для двух возможных режимов работы вакуум-насоса:

– разряжение в цистерне, которое необходимо создать на начальном этапе заполнения цистерны нечистотами – в начале движения нечистот по рукаву;

– разряжение в конце заполнения цистерны нечистотами.

Разряжение в цистерне численно равно сумме сопротивлений, возникающих при заборе нечистот из колодца и движении их по рукаву.

Для первого случая в самом начале забора нечистот машиной сумму возникающих сопротивлений H_o находят по формуле:

$$H_o = \rho g\ (H_в + h_1 + h_2),\ Па, \qquad (11)$$

где H_o – разряжение в цистерне, которое требуется создать, чтобы началось движение по рукаву, Па, ρ – плотность нечистот – 1100, кг/м^3, g – ускорение силы тяжести, кг/см^2, $H_в$ – расстояние от точки забора нечистот в выгребе до нижней части цистерны, м, h_1 – потери напора, возникающие при движении нечистот по всасывающему рукаву, м.

Потери h_1 вызываются трением нечистот о стенки рукава и определяются по формуле:

$$h_1 = \frac{V^2 \cdot l}{d \cdot 2g}\lambda,\ м, \qquad (12)$$

где V – средняя скорость движения нечистот по рукаву, м/с; V > 1,5…2,5 м/с, l – длина рукава, м, d – внутренний диаметр рукава, м, λ – коэффициент сопротивления:

$$\lambda = 0{,}11\left(\frac{К_э}{d} + \frac{68}{Re}\right)^{0{,}25}, \qquad (13)$$

или

$$\lambda = 0{,}11\left(\frac{К_э}{d}\right)^{0{,}25}, \qquad (14)$$

где $К_э$ – коэффициент, характеризующий шероховатость рукава, принимается равным:
$К_э$ = 0,4…0,6;

Re – число Рейнольдса:

$Re = V_{ср} \cdot d/\upsilon$,

$V_{ср}$ – средняя скорость движения нечистот в рукаве, м/с; $V_{ср}$ = 1,5…2,5 м/с,

υ – кинематическая вязкость жидкости. Принимается υ = 0,8…1 м^2/с.

Вторую формулу, определяющую коэффициент сопротивления λ, применяют, если Re > 700;

h_2 (формула (12)) – местные потери напора, возникающие при входе нечистот во всасывающий рукав и выходе из него.

Для расчетов принимают следующее равенство:

$$h_1 + h_2 = 1{,}2\ h_1. \quad (15)$$

Разряжение H_Σ в конце заполнения цистерны нечистотами находят по формуле:

$$H_\Sigma = \rho g\ (H + h_1 + h_2),\ \text{Па}, \quad (16)$$

где $\rho \approx 1100$ кг/м^3 – плотность нечистот, H – максимальная высота подъема нечистот в конце процесса заполнения цистерны, м:

$$H = H_в + H_м,\ \text{м}, \quad (17)$$

где $H_в$ – заданная максимальная глубина очищаемого колодца или выгреба, м, $H_м$ – заданная максимальная высота подъема нечистот над дорожным покрытием, м.

Параметры и режимы работы вакуум-насоса

Главный параметр вакуум-машины – вместимость цистерны $V_ц$ определяет подачу вакуум-насоса. Приближенно подача вакуум-насоса определяется зависимостью:

$$Q_{о.н} = (1{,}5 \div 2)\ V_ц,\ \text{м}^3/\text{мин}, \quad (18)$$

где $Q_{о.н}$ – подача вакуум-насоса, м^3/мин, $V_ц$ – вместимость цистерны, м^3.

Определив необходимые режимы работы вакуум-насоса, т.е. расчетное разряжение в начале работы насоса (формула (11)) и в конце его работы (формула (16)), и необходимую подачу вакуум-насоса (формула (18)) из размерного ряда вакуум-насосов, выпускаемых промышленностью (табл.), находят необходимый вакуум-насос, параметры которого соответствуют требованиям эксплуатации ассенизационных машин.

Таблица

Производительность, м^3/мин	Мощность, кВт	Давление всасывания (разряжения), МПа
4,0	7,0	0,08
6,0	15,0	0,08
5,1	12,0	0,08
0,75	2,2	0,04
1,5	5,5	0,04
3,0	7,5	0,04
6,0	15,0	0,04
17,0	30,0	0,04
25,0	55,0	0,04
50,0	110,0	0,04

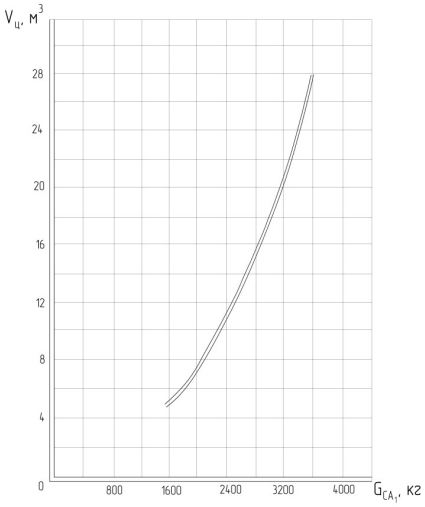


Рис. 5

Полезную расчетную грузоподъемность ассенизационной машины $G_{ПА}$ находят по формуле:

$$G_{ПА} = G_{НА} - G_{СА},\ \text{т}, \quad (19)$$

где $G_{НА}$ – расчетная номинальная грузоподъемность базового шасси ассенизационной машины, т:

$$G_{НА} = V_ц \cdot \gamma_ж \cdot К_{нап} (1 + C_{уд.к}) / К_{пер}, \quad (20)$$

где $V_ц$ – полезный объем цистерны вакуум-машины – 8…17 м^3, $\gamma_ж$ – объемная масса жидких отходов – 0,9…1,2, т/м^3, $К_{нап}$ – коэффициент наполнения кузова жидкими отходами, учитывающий наличие пустот в верхней части загруженной цистерны-0,8…0,9, $C_{уд.к}$ – удельная масса спецоборудования на единицу массы полезных отходов:

$$C_{уд.к} = G_{СА} / \gamma_ж \cdot V_ц \rightarrow \min,$$

$G_{СА}$ – масса спецоборудования, т (находится из графика рис. 5);

$К_{пер}$ – коэффициент допустимой перегрузки шасси по сравнению с его номинальной грузоподъемностью 1,1…1,2.

Зная расчетную номинальную грузоподъемность базового шасси машины $G_{НА}$ и массу ее спецоборудования $G_{СА}$, находим полезную расчетную грузоподъемность ассенизационной машины $G_{ПА}$ (формула (19)) – массу груза, которую может одновременно перемещать одна машина.

Выбираем класс базового шасси ассенизационной машины

Из размерного ряда грузоподъемности $G_г$ грузовых автомобилей выбираем шасси, по параметрам наиболее соответствующее расчетной номинальной грузоподъемности $G_{НА}$ базового шасси ассенизационной машины (формула (20)).

Список библиографических ссылок

1. Доценко А.И., Зотов В.А. Машины и оборудование природообустройства и охраны окружающей среды города. Издание второе – М.: Высшая школа, 2014.
2. Доценко А.И., Рыбьев В.И., Зотов В.А. Коммунальные машины и оборудование, Ч. 1. – М.: МИКХиС, 1997.
3. Баловнев В.И., Кустарев Г.В. и др. Дорожно-строительные машины и комплексы. – Москва-Омск: Издательство «СИБАДИ», 2001.
4. Ярошевский Д.А., Мельников Ю.Ф., Корсакова И.Н. Санитарная техника городов. – М.: Стройиздат, 1990. – 319 с.
5. Александровская З.И., Букреев Е.М., Медведев Я.В., Юскевич Н.Н. Благоустройство городов. – М.: Стройиздат, 1984. – 341 с.
6. Александровская З.И., Кузьменкова А.М., Гуляев Н.Ф., Крхамбаев Я.И. Санитарная очистка городов от твердых бытовых отходов. – М.: Стройиздат, 1985. – 245 с.
7. Тарнижевский М.В. Жилищно-коммунальное хозяйство. – М.: Строймздат, 1986. – 248 с.

Dotsenko A.I. – doctor of technical sciences, professor
Zotov V.A. – candidate of technical sciences, associate professor
Ozerov V.V. – candidate of technical sciences, associate professor
E-mail: kafedra.tmegad@mail.ru
Moscow State University of Civil Engineering
The organization address: 129337, Russia, Moscow, Yaroslavskoye sh., 26

Dynamic parameters of the design of modern garbage trucks

Resume

Article is devoted to very topical issue connected with an operational assessment of parameters, the main machine parts influencing on constructive solutions for sanitary cleaning of the cities. By means of this assessment it is possible to optimize designs of machines in relation to conditions of their operation.

The main questions of power of some technological processes carried out by machines for removal of waste products of the population of the city are considered. For these purposes are used two types of machines – garbage trucks for removal of the solid household waste (SHW)

and machines for removal of the liquid household waste (LHW) in residential areas with lack of the centralized sewer system.

The work tool of garbage trucks for removal of TBO is the body with the consolidation system consisting of a packer plate with the drive built in it.

In the article the design parameters of machines which are most influencing on constructive solutions of their parts, the most loaded during the work, rated forces on a rod of a hydraulic cylinder of a packer plate and the power of the drive of a packer plate are given.

At garbage trucks for removal of LHW by work tool the pump working in two modes with the drive from the engine of the basic machine is. To key parameters of these machines possible to carry the capacity of the tank and depth of intake of sewage from wells and cesspools.

Settlement decisions provided in article are intended for use at design of machines for removal of solid and liquid household waste, and also for a choice of repair parts proved as replacement with ready analogs of the fulfilled parts.

Keywords: municipal cars, garbage trucks, constructive knots, dynamic parameters.

Reference list

1. Dotsenko A.I., Zotov V.A. Vehicle and equipment for environmental engineering and protection city environment. Second edition. – M.: Vysshaya shkola, 2014.
2. Dotsenko A.I., Ryb'ev V.I., Zotov V.A. Municipal vehicle and equipment. Ch. 1. – M.: MIKHiS, 1997.
3. Balovnev V.I., Kustarev G.V. and other. Road-building cars and complexes. – Moscow-Omsk: Publishing house «SIBADI», 2001.
4. Yaroshevsky D.A., Millers Yu.F., Korsakova I.N. Sanitary equipment of the cities. – M.: Stroyizdat, 1990. – 319 p.
5. Aleksandrovskaya Z.I., Bukreev E.M., Medvedev Ya.V., Yuskevich N.N. Improvement of the cities. – M.: Stroyizdat, 1984. – 341 p.
6. Aleksandrovskaya Z.I., Kuzmenkova A.M., Gulyaev N.F., Krkhambayev Ya.I. Sanitary cleaning of the cities of solid household waste. – M.: Stroyizdat, 1985. – 245 p.
7. Tarnizhevsky M.V. Housing and communal services. – M.: Stroyizdat, 1986. – 248 p.

УДК 625.76 08
Земдиханов М.М. – кандидат технических наук
E-mail: mr.minsur@mail.ru
Казанский (Приволжский) федеральный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Кремлевская, д. 18
Габдуллин Т.Р. – кандидат технических наук, доцент
E-mail: talgat2204@mail.ru
Казанский (Приволжский) федеральный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1

Обоснование схемы и параметров центробежного разбрасывателя песка и реагентов

Аннотация
В статье проведен анализ существующих центробежных разбрасывающих устройств и отражателей. На основе анализа предложено теоретическое обоснование формы сечения и размеров высевной щели, установленной над разбрасывающим диском. Также получены формулы, определяющие форму и конструктивные параметры отражателя. Отражатель имеет форму параболы, на фокусе которой размещен разбрасывающий диск. Приведен пример расчета параметров разбрасывающего устройства для конкретной конструкции машины, а также общий вид навесного центробежного разбрасывателя.
Ключевые слова: центробежный разбрасыватель, равномерность распределения, разбрасывающий диск, отражатель, высевная щель, парабола.

Создание более совершенных машин по обслуживанию дорожного покрытия является важнейшей задачей разработчиков дорожной техники.

Улучшение качества работы машин для разбрасывания песка и реагентов, а именно повышение равномерности распределения материала по поверхности дорожного покрытия, имеет важное значение по обеспечению безопасности дорожного движения, а также по экономическим и экологическим показателям [1].

Известны конструкции разбрасывателей, а также отражателей, целью которых является повышение равномерности распределения материала по поверхности дороги [2…5. Повышение равномерности распределения материала, при использовании данных устройств, не имеет достаточного обоснования.

В статье теоретически обоснованы форма сечения и размеры высевной щели, расположенной на дне бункера над разбрасывающим диском, которая обеспечивает подачу потока материала на поверхность данного диска. Получены уравнения, описывающие форму высевной щели. При этом за разбрасывающим диском машины установлен отражатель, имеющий в горизонтальной плоскости форму параболы. Разбрасывающий диск находится в фокусе параболического отражателя, и частицы отражаются от его поверхности в направлении поступательного движения машины, а не хаотично, что также улучшает равномерность распределения материала по ширине захвата машины.

Также определены численные значения параметров высевной щели и размеры отражателя для конкретного примера исполнения конструкции разбрасывателя.

Ниже приведены обоснования основных параметров центробежного разбрасывателя.

Угловое перемещение частицы во время пребывания на разбрасывающем диске определяется по выражению:

$$\alpha = \omega \cdot t_{пр}, \quad (1)$$

где ω – угловая скорость вращения разбрасывающего диска;

$t_{пр}$ – время нахождения частицы на диске, с.

При определении $t_{пр}$, для горизонтального, вращающегося относительно вертикальной оси диска с прямыми и вертикально укрепленными радиальными лопатками, необходимо значение наружного радиуса $R_н$ разбрасывающего диска подставить в следующее уравнение [6]:

$$R_н = \left(\frac{fg}{\omega^2} + r_0\right)\left[\frac{1}{\lambda_2 - \lambda_1}\left(\lambda_2 e^{\lambda_1 t_{пр}} - \lambda_1 e^{\lambda_2 t_{пр}}\right) - 1\right] + R_0, \quad (2)$$

где f – коэффициент трения частицы материала о поверхность диска; *g* – ускорение свободного падения, м/с; R_0 – средний радиуса подачи материала от оси вращения диска.

Для определения λ_1 и λ_2 необходимо использовать формулы [6]:

$$\lambda_1 = \omega\left(\sqrt{1+f^2} - f\right), \quad (3)$$

$$\lambda_2 = \omega\left(-\sqrt{1+f^2} - f\right). \quad (4)$$

Из выражения (2), можно определить $t_{пр}$, и затем угол α.

Частицы материала, попадая на поверхность диска на расстоянии R_0 от его оси вращения, выходят из разбрасывающего диска, после его поворота на угол α. Поэтому, высевная щель должна быть развернута по отношению к отражателю на этот угол против направления вращения разбрасывающего диска.

Абсолютная скорость частицы в момент ее схода с диска определяется по выражению:

$$v_a = v_e + v_r, \quad (5)$$

где v_e – переносная скорость, м/с; v_a - относительная скорость, м/с.

Так как величина v_r незначительна по сравнению v_e, то можно принять, что в момент схода частицы с диска $v_a = v_e$.

После схода с разбрасывающего диска, на частицу в полете будут действовать сила тяжести $P = mg$ (рис. 1) и сопротивление воздуха:

$$R_{xy} = mk_n v_a^2, \quad (6)$$

где k_n – коэффициент парусности частицы; m – масса частицы.

При ориентировочных расчетах, без учета сопротивления воздуха, движение частиц в вертикальной плоскости может быть определено параметрическими уравнениями [7]:

$$x = v_a t;$$

$$y = \frac{gt^2}{2}. \quad (7)$$

Исключив время, получим уравнение траектории движения:

$$x = v_a\sqrt{\frac{2y}{g}}. \quad (8)$$

Это также уравнение параболы, описывающее траекторию полета частицы материала в вертикальной плоскости (рис. 1). Хотя X_{min} и X_{max} расположены взаимно перпендикулярных направлениях, для наглядности показаны на одной плоскости.

$$l_{max} = v_a\sqrt{\frac{2H}{g}}. \quad (9)$$

Далее для определения ширины отражателя в вертикальной плоскости, используем также формулу 8.

Выразив *y* через *x*, получим:

$$y = \frac{x^2 g}{2v_a^2}. \quad (10)$$

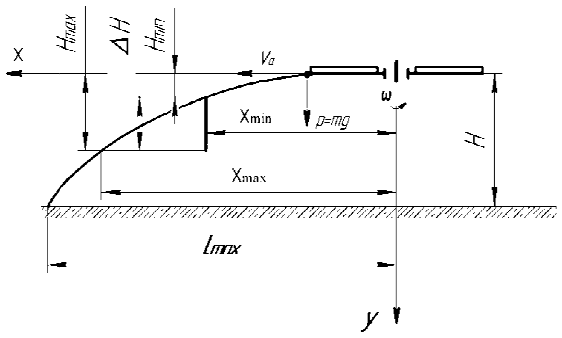


Рис. 1. Схема к определению дальности полета частицы материала

Как известно, уравнение параболы, описывающее форму отражателя в горизонтальной плоскости (рис. 2) в полярной системе координат имеет вид [8]:

$$r = \frac{p}{1-\cos\varphi}, \qquad (11)$$

здесь r – полярный радиус параболы; φ – полярный угол, когда полярная ось проходит через продольную ось симметрии агрегата и направлена вдоль направления его движения; p – фокальный параметр параболы.

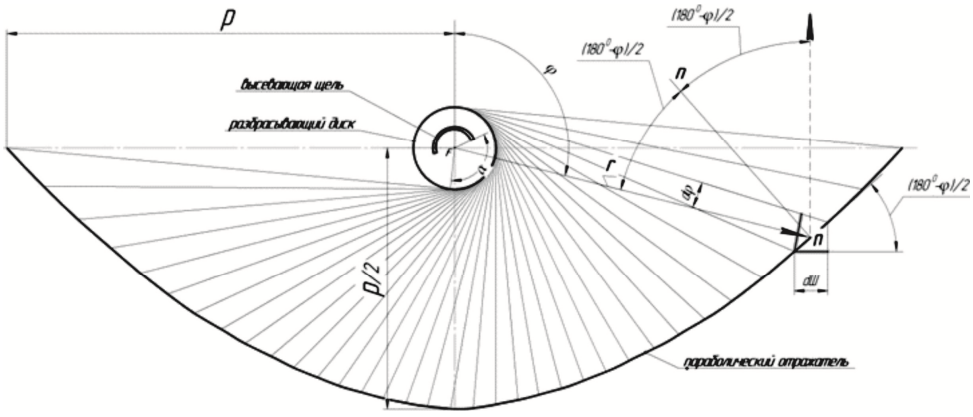


Рис. 2. Схема отражателя

Как видно из рис. 2, ширина захвата машины, в данном случае, B = 2p. Следовательно, минимальная дальность полета частицы материала от центра диска до отражателя x_{min}=p/2, максимальное значение x_{max}=p.

Тогда, подставив в формулу 10 значения x_{min} и x_{max} можем определить $H_{min}=y_{min}$ и $H_{max}=y_{max}$.

Далее минимальная ширина отражателя ΔH в вертикальной плоскости определяется по выражению (рис. 1):

$$\Delta H = H_{max} - H_{min}. \qquad (12)$$

Рассмотрим далее теоретическое обоснование параметров высевной щели, размещенной на дне бункера над разбрасывающим диском (рис. 3).

На малом угловом секторе $d\varphi$ обозначим ширину высевной щели E и длину dL, которая соответствует угловому сектору $d\varphi$. Песок и реагенты, высеянные через высевную щель с площадью сечения $dS = EdL$ при угле $d\varphi$, попадают на разбрасывающий диск, и далее отбрасываются на поверхность отражателя и затем распределяются на полосу дорожного покрытия шириной dШ (рис. 2). Так как $dL = R_0 d\varphi$, то $dS = ER_0 d\varphi$. С другой стороны $dШ = rd\varphi$.

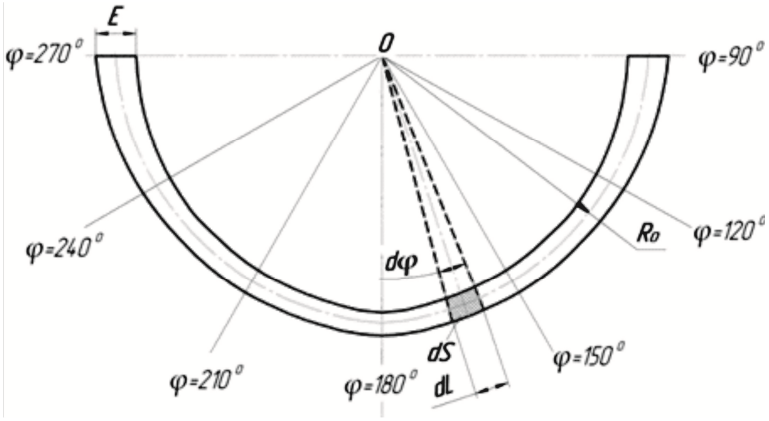


Рис. 3. Схема к определению размеров высевной щели

Для обеспечения равномерного внесения материала по ширине дороги должно выполнятся условие:

$$k = \frac{dS}{dШ} = \text{const.} \cdot \tag{13}$$

Подставив, получим:

$$k = \frac{dS}{dШ} = \frac{R_0 d\varphi\, E}{r d\varphi} = \frac{R_0 E}{r}, \tag{14}$$

где k – постоянная; r – расстояние от центра вращения диска до отражателя.

Подставив из формулы (11) выражение для r, преобразуем формулу (14) к виду:

$$E = k\frac{p}{R_0(1-\cos\varphi)}. \tag{15}$$

Рассмотрим пример расчета размеров высевной щели. Так как в середине агрегата радиус r отражающего кожуха наименьший, и равен p/2, то и ширина высевной щели E, в средней ее части также будет наименьшим, поэтому величину E в середине высевной щели можно задать из конструктивных соображений, например равной 0,015м. Также надо задать размеры R_0 и B например, R_0 = 0,1 м и B =7 м. Тогда r_{min} =1,75 м.

Для машины с заданными параметрами определим величину постоянной k:

$$k = \frac{R_0 E}{r_{min}} = \frac{0{,}1 \cdot 0{,}015}{1{,}75} = 0{,}00086 \text{ м.}$$

В таблице приведены параметры ширины высевной щели через каждые 30^0 для данного значения k .

Таблица

Параметры ширины высевной щели

φ, град	90º	120º	150º	180º	210º	240º	270º
r, м	3,50	2,33	1,88	1,75	1,88	2,33	3,50
E, м	0,03	0,02	0,016	0,15	0,016	0,02	0,03

Разработан чертеж общего вида навесного разбрасывателя песка и реагентов, который приведен на рис. 4.

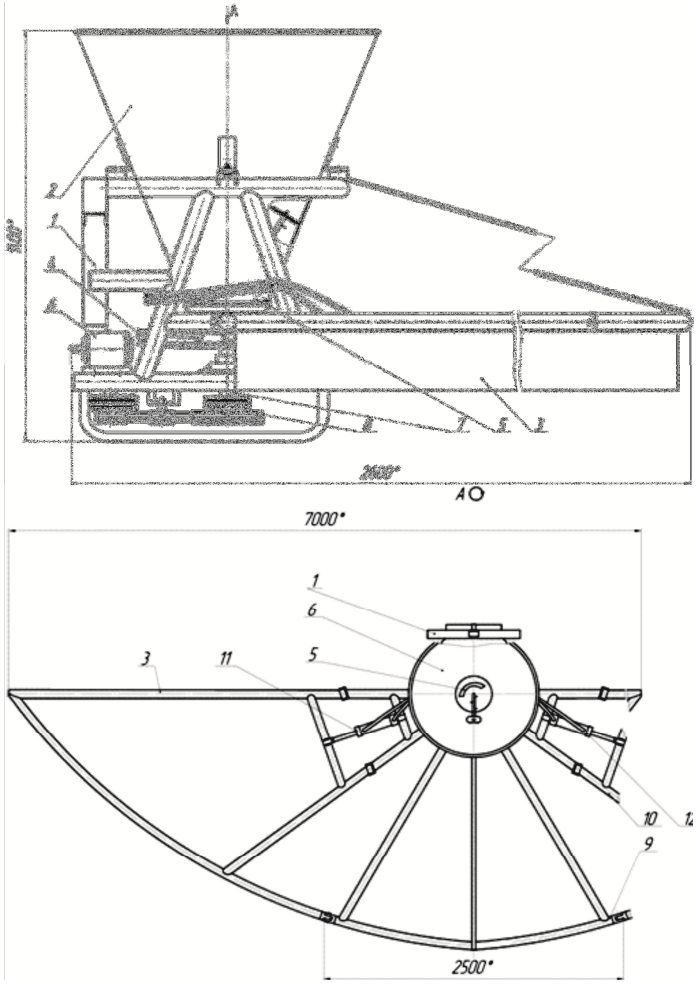


Рис. 4. Общий вид навесного разбрасывателя песка и реагентов:
1 – рама; 2 – бунер; 3 – щит отражающий левый; 4 – диск разбрасывающий;
5 – диск с высевающей щелью; 6 – редуктор привода; 7 – вал диска разбрасывающего;
8 – передача ременная; 9 – щит отражающий центральный; 10 – щит отражающий правый;
11 – гидроцилиндр подъема правый; 12 – гидроцилиндр подъема правый

Список библиографических ссылок

1. Сахапов Р.Л., Абсялямова С.Г. Инновационная пауза как шанс на технологическую модернизацию российской экономики // Известия КГАСУ, 2013, № 4 (26). – С. 92-100.
2. Устройство для поверхностного рассева минеральных удобрений и других сыпучих материалов: пат. 2177216 Рос. Федерация. № 2000106333/13; заявл. 14.03.00; опубл. 27.12.01. Бюл. № 36. – 5 с.
3. Рабочий орган для рассева сыпучих материалов: пат. 2177218 Рос. Федерация. № 2000106407/13; заявл. 14.03.00; опубл. 27.12.01. Бюл. № 36. – 3 с.
4. Распределитель противогололедных материалов: пат. 2083755 Рос. Федерация. № 95102007/03; заявл. 09.02.95; опубл. 10.07.97. Бюл. № 19. – 3 с.
5. Распределитель противогололедных материалов: пат. 93026031 Рос. Федерация. № 93026031/33; заявл. 19.05.93; опубл. 10.08.95. Бюл. № 22. – 3 с.
6. Василенко П.М. Теория движения частицы по шероховатой поверхности сельскохозяйственных машин. – Киев: Изд-во украинской академии сельскохозяйственных наук, 1990. – 283 с.
7. Тарг С.М. Краткий курс теоретической механики. – М.: Высш. шк., 2010. – 415 с.
8. Бронштейн И.Н., Семендяев К.А. Справочник по математике для инженеров и учащихся втузов. – М.: Наука, 1986. – 545 с.

Zemdikhanov M.M. – candidate of technical sciences
E-mail: mr.minsur@mail.ru
Kazan (Volga Region) Federal University
The organization address: 420008, Russia, Kazan, Kremlevskaia st., 18
Gabdullin T.R. – candidate of technical sciences, associate professor
E-mail: talgat2204@mail.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Justification of the scheme and the parameters spinner reagents and sand

Resume

The article analyzes the existing centrifugal spreader devices and reflectors. Based on the analysis, the authors offer a theoretical basis for cross-sectional shape and size of the calibration slot mounted above the spreading discs. We also obtain formulas that determine the shape and the design parameters of the reflector. The reflector has the shape of a parabola, which is placed on the focus of spreading disc. An example of calculating the parameters of the spreading device for a particular design of the machine, as well as a general view of the attachment spinner is given.

Keywords: centrifugal spreader, uniform distribution, spreading disc, reflector, seeding slot, parabolic reflector.

Reference list

1. Sahapov R.L., Absyalyamova S.G. Innovation pause as a chance for the technological modernization of the Russian economy // News of the KGASU, 2013, № 4 (26). – P. 92-100.
2. Sieving device for surface mineral fertilizers and other bulk materials: the patent 2177216 Russian Federation. № 2000106333/13; it is declared 14.03.00; it is published 27.12.01. The bulletin № 36. – 5 p.
3. Working body for screening bulk materials: the patent 2177218 Russian Federation. № 2000106407/13; it is declared 14.03.00; it is published 27.12.01. The bulletin № 36. – 3 p.
4. Distributor anti-icing materials: the patent 93026031 Russian Federation. № 2083755/03; it is declared 09.02.95; it is published 10.07.97. The bulletin № 19. – 3 p.
5. Distributor anti-icing materials: the patent 93026031 Russian Federation. № 93026031/33; it is declared 19.05.93; it is published 10.08.95. The bulletin № 22. – 3 p.
6. Vasilenko P.M. The theory of motion of a particle on a rough surface of agricultural machinery. – Kiev: Izd Ukrainian Academy of Agricultural Sciences, 1990. – 283 p.
7. Targ S.M. A short course of theoretical mechanics. – M.: higher edication, 2010. – 415 p.
8. Bronstein I.N., Semendyaev K.A. Spravochnik of mathematics for engineers and students of technical colleges. – M.: Nauka, 1986. – 545 p.

УДК 625.08
Мухаметшина Р.М. – кандидат химических наук
E-mail: rumya211@yandex.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

Влияние климатических факторов на свойства материалов и надежность дорожно-строительных машин

Аннотация
Статья посвящена проблеме климатической надежности дорожно-строительных машин. Рассмотрены виды и характеристики отказов машин, определяемых воздействием климатических факторов. Установлена взаимосвязь изменения прочностных свойств под воздействием климатических нагрузок со структурными превращениями, происходящими в материале. На основе изучения закономерностей влияния климатических факторов на свойства материалов и показатели надежности машин сформулированы рекомендации для обеспечения климатической надежности дорожно-строительных машин.
Ключевые слова: климатические факторы, надежность машин, конструкционные и эксплуатационные материалы, техническая жесткость климата, дорожно-строительные машины.

Обеспечение безопасной эксплуатации дорожно-строительной техники предъявляет жесткие требования к надежности материалов, используемых в конструкциях изделий. Современные дорожно-строительные машины характеризуются выполнением сложных технологических процессов в различных климатических условиях. Низкая и высокая температуры, влажность среды, запыленность атмосферы, солнечная радиация, сильный ветер, дождь, снег и другие атмосферные факторы оказывают существенное влияние на физико-механические свойства материалов и за время эксплуатации изделий могут значительно снизить их прочностные свойства. Поэтому одним из важнейших критериев выбора материалов при создании машин является их стойкость к воздействию климатических факторов. Изучение закономерностей влияния климатических факторов на свойства материалов и надежность машин представляет значительный интерес и привлекает к себе все большее внимание исследователей [1-3].

Детали и узлы дорожно-строительных машин подвергаются влиянию различных видов климатических воздействий (рис. 1). Рассмотрим виды и характеристики отказов машин, определяемых воздействием климатических факторов. Отказы машин подразделяют на пусковые, нагрузочные и рабочие. Пусковыми отказами являются такие, вследствие которых детали, узлы, агрегаты машин при их исправном состоянии не могут быть запущены в работу. Климатические пусковые отказы распространены при эксплуатации машин в условиях низких температур. Нагрузочные отказы машин являются следствием нарушения функциональных связей между элементами машины или между машиной и эксплуатационной средой, например, дорогой, под действием перепада температур, гололеда, влаги и др. При возникновении нагрузочных отказов машина не может в полной мере выполнять расчетные нагрузки. Климатические рабочие отказы возникают в процессе работы машины и заключаются в нарушении работоспособного состояния машины из-за воздействия климатических факторов на свойства конструкционных материалов деталей машин, эксплуатационные материалы, топливо. Климатические факторы оказывают негативное воздействие на машину не только в период ее пуска и работы, но и в периоды хранения. При хранении машины под действием климатических факторов развиваются деградационные процессы, которые в процессе работы машины по назначению ускоряют возникновение ее отказов.

Климатическая система Земли является сложной и характеризуется большим разнообразием климата. Характерными особенностями климатических условий России являются низкие температуры и высокая влажность воздуха в зимнее время на большей части

ее территории, высокая интенсивность ветровых потоков, высокие температуры воздуха в летние месяцы, континентальность климата. Континентальность климата характеризуется годовыми размахами температуры воздуха и определяется по формуле (1) [4]:

$$к = \frac{A_г}{\varphi} \cdot 100\ \%, \quad (1)$$

где к – континентальность климата;
$A_г$ – годовой размах температуры воздуха;
φ – географическая широта.

Рис. 1. Классификация климатических факторов

Анализ причин отказов машин основан на рассмотрении вида воздействующих климатических нагрузок, длительности воздействия и закономерностей изменения нагрузок во времени. При низких температурах основной причиной увеличения потока отказов машин являются хрупкие разрушения металлических деталей, полимерных материалов вследствие возникновения низкотемпературной хрупкости материалов. Для машин, работающих на открытом воздухе, значения низких температур находятся в пределах от 0 до -40 °С, а в северных районах охлаждение материалов может достигать -60 °С. У многих конструкционных сталей и пластмасс порог хладноломкости лежит в диапазоне этих температур. Наиболее характерным при низких температурах является увеличение числа отказов несущих и ходовых систем, деталей бульдозеров, стрел, ковшей, рукоятей экскаваторов, валов и зубчатых колес машин [5]. В результате этого производительность дорожно-строительных машин в зимнее время года значительно снижается. Отсутствие хладноломкости является главным требованием к конструкционным материалам, работающим в условиях низких температур. При проектировании машин для работы в условиях отрицательных температур в конструкциях изделий используют стали без примесей азота и серы, которые снижают ее пластичность и повышают хладноломкость. Холодный климат негативно влияет и на свойства эксплуатационных материалов, вызывая застывание технических жидкостей, масел и смазок. Эксплуатационные материалы должны назначаться в строгом соответствии с требованиями по применению для конкретных климатических условий.

Высокие температуры воздуха также в значительной степени влияют на структуру и свойства материалов. Длительное время воздействия высокой температуры приводит к значительным структурным изменениям в материалах, ухудшению их физических и механических свойств. При высокой температуре ускоряются диффузионные процессы, которые влияют на дефектную структуру изделия. Во всех используемых деталях машин из кристаллических твердых материалов имеются элементарные дефекты кристаллической решетки, которые при определенных условиях эксплуатации могут

быть причиной отказов. Образование дефектов и их перемещение в твердом теле под воздействием температуры может привести к деформации элементов машин и их разрушению. Дефекты приводят также к изменению электрофизических свойств материалов. Для изделий машиностроения наиболее распространенным видом дефектов являются вакансии, которые оказывают решающее влияние на процессы ползучести, обезуглероживания, графитизации и другие физико-химические процессы разрушения материалов. Работоспособность машин при высоких температурах обеспечивают применением специальных жаростойких материалов и изделий. Конструктивными мероприятиями по обеспечению надежности при эксплуатации в условиях жаркого сухого климата является использование высоконадежных фильтров для всех рабочих систем машин, применение эффективных систем охлаждения и вентиляции.

Современная теория физики твердого тела определяет процесс разрушения материала как постепенный кинетический термоактивационный процесс, развивающийся в материале с момента приложения нагрузки. В настоящее время экспериментально получена зависимость между ресурсом материала и температурой [6]:

$$t_p = \tau_0 \exp[-(W_0 - \gamma\sigma) / RT], \quad (2)$$

где t_p – наработка до отказа; R – универсальная газовая постоянная; T – температура; τ_0 – параметр, совпадающий по значению с периодом собственных тепловых колебаний атомов в кристаллической решетке твердого тела; σ – действующее напряжение; γ – характеристика чувствительности материала к напряжению; W_0 – начальная энергия активации процесса разрушения при $\sigma = 0$, постоянная для данного материала в широкой области температур; $(W_0 - \gamma\sigma)$ – энергия активации разрушения. Эта формула справедлива для чистых металлов, сплавов, полимерных материалов, полупроводников. Из формулы (2) видно, что с увеличением температуры интенсивность отказов экспоненциально возрастает. При уменьшении температуры до нуля время разрушения увеличивается до бесконечности. Это означает, что разрушение при нагрузках ниже критической температуры не может происходить в отсутствие теплового движения атомов. У металлов разрушение определяется в основном двумя процессами: разрывом межатомных связей в кристаллической решетке за счет тепловых колебаний и направленной диффузией вакансий к трещинам, что приводит к росту трещин за счет притока вакансий. Разрушение полимерных материалов при температурных воздействиях обусловлено процессами разрыва внутримолекулярных химических связей в результате тепловых колебаний.

Температурное воздействие на свойства материалов и надежность машин определяется влиянием солнечной радиации на тепловой режим воздуха. Скорость нагрева тел зависит от интенсивности солнечной радиации, температуры окружающей среды и отражательной способности поверхности. Количество энергии E, излучаемое поверхностью машины, определяется согласно закону Стефана-Больцмана по формуле (3):

$$E = \sigma \cdot F \cdot T^4, \quad (3)$$

где σ – коэффициент пропорциональности;
F – поверхность машины;
T – абсолютная температура излучающей поверхности.

Отражательная способность зависит от цвета и шероховатости поверхности. Чем более гладкую поверхность имеет машина, тем больше лучей она отражает. Эксплуатация дорожно-строительных машин на открытом воздухе обуславливает неблагоприятное воздействие ветровых нагрузок на показатели надежности машин и безопасное их функционирование. Ветер ухудшает условия работы машин, особенно при выполнении подъемно-транспортных работ. Скорость ветра во времени изменяется непрерывно в широком интервале значений. В соответствии с этим изменяется и динамическое давление ветра. Ветровые нагрузки на детали машин могут достигать значительной величины. Наиболее опасным является динамическое воздействие ветра в тех случаях, когда частота пульсации ветра совпадает с частотой собственных колебаний элементов машин. В нормативной документации допустимые ветровые нагрузки регламентируются в зависимости от конструкции дорожно-строительной техники. Используется система автоматической сигнализации при достижении нагрузки равной предельно расчетной. В

зарубежной практике широко применяют снижение нагрузок на машины путем неполной загрузки рабочих органов, например, путем уменьшения объема ковшей экскаваторов.

Существенное влияние на показатели надежности машин оказывает влажность окружающей среды. Воздействие относительной влажности воздуха на дорожно-строительные машины обуславливается процентным содержанием влаги в воздухе. При повышенной влажности молекулы воды проникают внутрь материала. Механизм проникновения влаги в материалы может быть капиллярным и диффузионным. Капиллярное проникновение происходит при наличии в материале микроскопических пор, трещин и других дефектов. При диффузионном проникновении молекулы воды заполняют промежутки между структурными частицами материала. Скорость проникновения влаги в материал увеличивается при повышении температуры окружающего воздуха. Длительное воздействие высокой влажности вызывает изменение свойств изоляционных материалов. Поглощение влаги диэлектриком ведет к уменьшению его сопротивления, ухудшению диэлектрических свойств, набуханию, механическим повреждениям. Повышенная влажность способствует также интенсивному разрушению деталей машин вследствие электрохимической коррозии [7]. При малом содержании влаги в воздухе (меньше 50 %) в сухой теплой атмосфере перемещение молекул воды происходит из материала в воздух, что также изменяет свойства материалов. При низкой влажности материалы становятся хрупкими, ломкими, в них интенсивнее развиваются трещины и микроразрушения. Нормальной влажностью считается относительная влажность 60…75 % при температуре 20…25 ^{o}C. Для защиты поверхности изделий от неблагоприятной внешней среды применяют различные металлические и неметаллические покрытия. Выбор вида покрытия в каждом конкретном случае зависит от материала детали, ее функционального назначения и условий эксплуатации. Используют также различные способы герметизации с помощью изоляционных материалов и непроницаемых для влаги оболочек.

В реальных условиях климатическая надежность дорожно-строительных машин характеризуется комплексным воздействием климатических факторов (рис.2).

Интенсивность воздействия комплекса климатических факторов на свойства материалов и надежность технических систем определяется как техническая жесткость климата [4]. Техническую жесткость климата для дорожно-строительных машин можно представить в виде функционального выражения:

$$S = f(Q,t, \varphi,\sigma,\upsilon), \quad (4)$$

где S – техническая жесткость климата;
Q – суммарная солнечная радиация;
t – температура воздуха;
φ – относительная влажность воздуха;
σ – средняя амплитуда суточных колебаний температуры воздуха;
υ – средняя скорость ветра.

В выражении (4) отражены наиболее значимые климатические факторы, существенно влияющие на изменение свойств материалов и надежность машин. Изменения свойств материалов зависят от интенсивности и продолжительности воздействия перечисленных факторов. Необходимо отметить, что во многих случаях определяющее влияние на свойства и состояние материалов оказывают не отдельные климатические факторы, а их неблагоприятные сочетания. Наиболее неблагоприятными являются сочетания таких факторов как низкие температуры воздуха и ветер, высокие температуры воздуха и низкая влажность и др. Комплексное воздействие солнечной радиации, тепла и влаги воздуха ускоряет процессы старения полимерных материалов: пластмасс, резины, изоляционных материалов и др. При старении технических полимеров изменяются структура, химический состав, взаимодействие макромолекул, определяющие физико-механические свойства этих материалов: твердость, прочность, эластичность, пластичность, растворимость, диэлектрические свойства.

Рис. 2. Схема комплексного влияния основных климатических факторов на свойства материалов и отказы машин

Таким образом, длительная работа материалов в конструкциях дорожно-строительной техники связана с накоплением необратимых повреждений в материалах. Под воздействием климатических факторов происходят процессы разупрочнения, снижения твердости и износостойкости материалов, которые приводят к микроповреждениям рабочих поверхностей деталей. Эти изменения, постепенно накапливаясь, способствуют нарушению нормальных режимов работы деталей, сборочных единиц и машины в целом, что в конечном итоге приводит к уменьшению их надежности и увеличению количества и стоимости работ по техническому обслуживанию и ремонту.

Климатическая надежность машин определяет степень их приспособленности к обеспечению показателей надежности в условиях влияния климатических факторов. В современных условиях глобального изменения климата проблема обеспечения высокого уровня климатической надежности является одной из первоочередных при создании и эксплуатации дорожно-строительных машин. Решение этой проблемы связано с проведением комплекса мероприятий, направленных на повышение стойкости изделий к климатическим воздействиям. Развитие дорожно-строительной техники предъявляет повышенные требования к конструкционным и эксплуатационным материалам. В последние годы наметились новые направления улучшения свойств используемых материалов за счет формирования микро- и нанокристаллической структуры [8]. Наноструктурные материалы на основе ультрадисперсных порошков используются в качестве различных видов наполнителей каучука и резины, присадок к смазочным маслам. Нанопорошки из керамики применяются в качестве исходного материала для получения наноструктурных покрытий на различных деталях. Система эксплуатации и технического обслуживания дорожно-строительных машин должна учитывать особенности климатических условий, адаптировать их к климатическим изменениям и тем самым повысить экономическую эффективность использования машин. При современном развитии климатических изменений наиболее перспективным направлением представляется создание машин с наличием информационных систем о ее состоянии и рациональных условиях функционирования.

Список библиографических ссылок

1. Каблов Е.Н. Стратегические направления развития материалов и технологий их переработки на период до 2030 года. // Авиационные материалы и технологии, 2012, № 5. – С. 7-17.
2. Баловнев В.И., Данилов Р.Г. Создание дорожно-строительных машин с интеллектуальным управлением. // Строительные и дорожные машины, 2014, № 2. – С. 57-59.
3. Кравченко И.Н., Гайдар С.М., Жуков Л.В., Ларин П.Г. Обоснование факторов, оказывающих влияние на надежность специальной техники в особых условиях эксплуатации. // Фундаментальные исследования, 2014, № 3. – С. 262-266.
4. Щурин К.В. Надежность мобильных машин. – Оренбург: ОГУ, 2010. – 585 с.
5. Карнаухов Н.Н., Круг А.Р. Особенности эксплуатации гидравлических экскаваторов в холодных климатических условиях. // Строительные и дорожные машины, 2013, № 9. – С. 37-43.
6. Кубарев А.И. Надежность в машиностроении. – М.: Изд-во стандартов, 1989. – 224 с.
7. Мухаметшина Р.М. Отказы дорожно-строительных машин по параметрам коррозии. // Известия КГАСУ, 2013, № 4 (26). – С. 403-408.
8. Суходоля А.В., Одинокова И.В. Современные подходы к прогнозированию долговечности лакокрасочных покрытий строительных и дорожных машин. // Строительные и дорожные машины, 2014, № 5. – С. 26-29.

Mukhametshina R.M. – candidate of chemical sciences
E-mail: rumya211@yandex.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya, st. 1

The impact of climatic factors on materials properties and road building machines reliability

Resume

The problem of climatic reliability assurance is one of the primary ones in machines producing and exploitation. Modern road building machines operating conditions set up claims of materials reliability and strength in a wide range of climatic factors. On the quality of applied materials, their correspondence to the particular exploitation conditions depend reliability, productivity and durability of the machines. The main properties of structural and engineering maintenance materials do not remain constant and change in course of time in consequence of physical chemical impact of the environment where materials operate. Estimating relationship of strengthening properties changings under the influence of climatic factors with structural transformations happening in the material allows to estimate the working capacity area of the material as a part of actual product. Under the influence of climatic factors take place such processes, as loss of strength, softening and durability of the materials, which lead to microdamages of the details working surfaces. These changes gradually amassing course abnormal operation of the details, assembly units and machine as a whole, and this finally leads to decreasing the level of their reliability and increasing work quantity and cost of technical servicing and repair. Guaranteeing a high level of climatic reliability is concerned with carrying out a complex of activities aimed at increasing the mechanical article resistance to climatic impacts.

Keywords: climatic factors, machines reliability, structural and engineering maintenance materials, technical climate rigidity, road building machines.

Reference list

1. Kablov E.N. Strategic directions of materials development and technologies of their processing for the period up to 2030 // Aviation materials and technologies, 2012, № 5. – P. 7-17.
2. Balovnev V.I. Intellectualization of Road Construction Machinery // Construction and Road Building Machinery, 2014, № 2. – P. 57-59.
3. Kravchenko I.N., Gaydar S.M., Zhukov L.V., Larin P.G. Justification of the factors affecting the reliability of special equipment in special conditions exploitation // Fundamental Research, 2014, № 3. – P. 262-266.
4. Schurin K.V. Mobile Machines Reliability. – Orenburg: OGU, 2010. – 585 p.
5. Karnaukhov N.N., Krug A.R. Features of exploitation of hydraulic excavators in cold climates // Construction and Road Building Machinery, 2013, № 9. – P. 37-43.
6. Kubarev A.I. Reliability Engineering. – M.: Publishing House of Standards, 1989. – 224 p.
7. Mukhametshina R.M. Road Building Machines Glitches on Corrosion Parameters // Izvestiya KGASU, 2013, № 4 (26). – P. 403-408.
8. Sukhodolia A.V., Odinokova I.V. Modern approaches to the prediction of paint-and-lacquer coatings durability in production and repair construction and road building machinery // Construction and Road Building Machinery, 2014, № 5. – P. 26-29.

УДК 629.114
Сахапов Р.Л. – доктор технических наук, профессор
E-mail: rustem@sakhapov.ru
Махмутов М.М. – кандидат технических наук, старший преподаватель
E-mail: maratmax@yandex.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

Влияние исследуемых факторов на производительность дорожной фрезы

Аннотация

В статье приведены факторы, влияющие на производительность дорожной фрезы. При проведении экспериментальных исследований разработан эксперимент [1], то есть уровни варьирования факторов изменяли целенаправленно в зависимости от условий проведения каждого опыта. Были реализованы композиционные В-планы (планы Бокса) второго порядка.

Получена модель, отражающая в закодированном виде влияние значимых факторов на производительность дорожной фрезы. На основании экспериментальных данных были построены графики зависимости радиуса барабана, частоты вращения фрезы, глубины фрезерования и поступательной скорости на производительность дорожной фрезы. Проверка с помощью критерия Фишера и Стьюдента (F_t=2,30) гипотезы (F_p=2,27) адекватности модели (1) (табл. 4) показала пригодность ее использования в качестве прогнозирования производительности дорожной фрезы с доверительной вероятностью 95 %.

Ключевые слова: дорожная фреза, радиус барабана, частота вращения фрезы, глубина фрезерования, КПД, критерий Фишера.

При проведении экспериментальных исследований разработан эксперимент [1], то есть уровни варьирования факторов изменяли целенаправленно в зависимости от условий проведения каждого опыта. Были реализованы композиционные В-планы (планы Бокса) второго порядка.

В табл. 1 представлены уровни и интервалы варьирования факторов.

Таблица 1

Уровни и интервалы варьирования факторов

Наименование уровней	Обозначения	Факторы			
		X_1	X_2	X_3	X_4
Нижний	-1	0,3	60	40	0,1
Центральный	0	0,35	80	50	0,15
Верхний	+1	0,4	100	60	0,2
Интерв. варьир.	ΔX	0,05	20	10	0,05

Исследуемые факторы были в закодированном виде и рассчитывались по следующим формулам:

$$X_1 = \frac{R - 0{,}35}{0{,}05},\ X_2 = \frac{n - 80}{20},\ X_3 = \frac{h_o - 50}{10},\ X_4 = \frac{V_n - 0{,}15}{0{,}05}.$$

Влияние радиуса барабана, частоты вращения фрезы, глубины фрезерования, поступательной скорости на производительность оценивалось после обработки результатов опытов (табл. 1) по разработанному плану матрицы четырехфакторного эксперимента [1, 7].

Сравнение коэффициентов регрессии при факторах, рассчитанных по плану второго порядка с соответствующим доверительным интервалом, показывает, что наибольшее влияние на величину производительности оказывает фактор поступательной скорости, а наименьшее оказывает фактор глубины фрезерования и составляет 27,8 % от наиболее значимого фактора. Влияние радиуса барабана и частоты вращения фрезы соответственно ниже в 2,9 и 2,1 раза от наиболее значимого фактора (табл. 3).

Постановка эксперимента с реализацией центральных композиционных планов второго порядка позволяет также выявить влияние квадратов. Практически одинаковое влияние на производительность оказывают факторы радиуса барабана и поступательной скорости. Значение частоты вращения фрезы ниже в 1,4 раза от наиболее значимого

фактора. Остальные значения коэффициентов регрессии глубины фрезерования в условиях проведения экспериментальных исследований имели показатели ниже доверительного интервала [3, 4, 5], значения, которых приведены в таблице 4.

Что же касается коэффициентов факторов при парных взаимодействиях, то значимыми среди исследуемых факторов являются радиус барабана с поступательной скоростью. Влияние парных факторов радиуса барабана и частоты вращения и частоты вращения одинаково и составляет 25 % от наиболее значимых факторов. Значимость остальных факторов в рассматриваемых диапазонах варьирования меньше доверительного интервала и не представляет интереса для исследования.

Таким образом, модель, отражающая в закодированном виде влияние значимых факторов на производительность, будет иметь вид:

$$W_{ч} = 108{,}17 - 0{,}18X_1 + 0{,}13X_2 + 0{,}1X_3 + 0{,}378X_4 + 0{,}05X_1^2 + 0{,}05X_4^2 + 0{,}008X_1X_4. \quad (1)$$

В результате анализа математической модели (1) установлено, что с увеличением радиуса барабана производительность повышается по экспоненциальной зависимости (рис. 1). При частоте вращения фрезы n=80 об/мин и с увеличением радиуса барабана R в диапазоне $0{,}3 \le R \le 0{,}35$ м производительность увеличивается на 0,25 м^3/ч.

Таблица 2

Результаты значений производительности

№ п/п	Исследуемые параметры				Результаты значений производительности $W_ч$, м^3/ч			Сред. знач. $W_ч$, м^3/ч	Сред. квад. откл.	Абс. погр. ΔX,%	Отн. погр. δ,%
	X_1	X_2	X_3	X_4	1	2	3				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	-	-	-	-	107,17	107,15	107,19	107,17	0,011	0,049	0,04
2	+	-	-	-	107,33	107,35	107,37	107,35	0,0116	0,049	0,04
3	-	+	-	-	107,36	107,40	107,38	107,38	0,0116	0,049	0,04
4	-	-	+	-	107,2	107,4	107,3	107,3	0,00577	0,25	0,23
5	+	+	-	+	108,1	107,9	108,0	108,0	0,00577	0,25	0,23
6	-	+	+	-	107,37	107,36	107,38	107,37	0,00577	0,24	0,23
7	+	-	+	-	107,37	107,41	107,39	107,39	0,0115	0,049	0,04
8	+	+	+	+	108,4	108,7	109,0	108,7	0,173	0,75	0,69
9	-	0	0	-	107,34	107,36	107,38	107,36	0,0115	0,049	0,04
10	+	0	0	+	108,15	108,14	108,13	108,14	0,000577	0,24	0,23
11	0	-	0	+	108,09	108,07	109,1	108,09	0,34	1,46	0,0135
12	0	+	0	-	107,37	107,38	107,36	107,37	0,00577	0,24	0,023
13	0	0	-	+	108,16	108,18	109,0	108,18	0,3234	1,39	0,0128
14	0	0	+	+	109,0	108,09	108,08	108,09	0,305	1,31	0,0121
15	0	0	0	+	108,10	108,12	108,14	108,12	0,0155	0,049	0,046
16	0	0	0	+	108,2	108,3	108,4	108,3	0,0577	0,25	0,23
17	0	0	0	0	108,76	108,75	108,74	108,76	0,0577	0,024	0,02
18	0	0	0	0	107,73	107,71	107,75	107,73	0,01155	0,049	0,046
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
19	0	0	0	0	107,4	107,6	107,2	107,4	0,115	0,5	0,0046
20	0	0	0	0	107,7	107,5	107,6	107,6	0,0577	0,25	0,0023
21	0	0	0	0	107,74	107,72	107,76	107,74	0,01155	0,049	0,04
22	0	0	0	0	107,74	107,75	107,76	107,75	0,0577	0,024	0,0023
23	0	0	0	0	107,37	107,38	107,36	107,37	0,000577	0,024	0,23
24	0	0	0	0	108,1	108,3	108,2	108,2	1,0	4,3	0,04
25	0	0	0	0	107,72	107,75	107,78	107,75	0,017	0,074	0,069

Таблица 3

Коэффициенты уравнения регрессии производительности

№ п/п	Наименование коэффициентов	Обозначение	Значение коэффиц.
1	2	3	4
1	Свободный член	B_0	+ 108,17
Коэффициенты при факторах			
2	Радиус барабана, R	B_1	+0,18
3	Частоты вращения фрезы, n	B_2	+0,13
4	Глубина фрезерования, h_o	B_3	+0,10
5	Поступательная скорость, $V_п$	B_4	+0,378
Коэффициенты квадратов при факторах			
6	Радиус барабана, R	B_{11}	+0,05
7	Частоты вращения фрезы, n	B_{22}	+0,035
8	Глубина фрезерования, h_o	B_{33}	+0,004
9	Поступательная скорость, $V_п$	B_{44}	+0,05
Коэффициенты факторов при парных взаимодействиях			
10	R и n	B_{12}	+0,006
11	R и h_o	B_{13}	+ 0,004
12	R и $V_п$	B_{14}	+ 0,008
13	n и h_o	B_{23}	+0,005
14	n и $V_п$	B_{24}	+0,006
15	h_o и $V_п$	B_{34}	+0,005

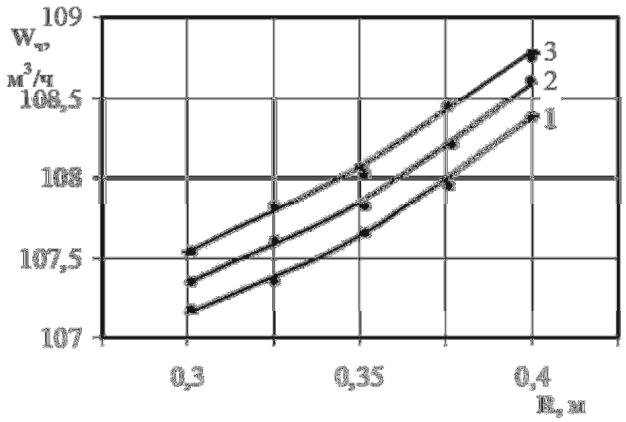


Рис. 1. Влияние радиуса барабана фрезы на производительность при:
1 – n = 60 об/мин; 2 – n = 80 об/мин; 3 – n = 100 об/мин

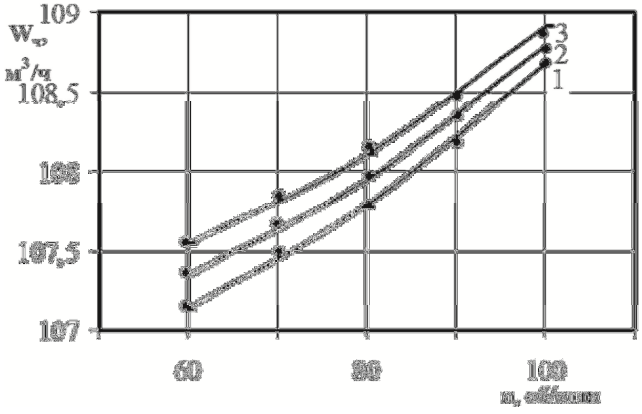


Рис. 2. Влияние частоты вращения фрезы на производительность
в зависимости от радиуса барабана: 1 – R = 0,3 м; 2 – R = 0,35м; 3 – R = 0,4 м

При частоте вращения фрезы n=60 об/мин и с увеличением радиуса барабана R в диапазоне 0,3≤R≤0,35м производительность увеличивается на 0,2 м^3/ч, а при 0,35≤ R≤ 0,4 м – на 0,29 м^3/ч. При частоте вращения фрезы n=100 об/мин и с увеличением радиуса барабана R в диапазоне 0,3≤R≤0,35 м производительность увеличивается на 0,16 м^3/ч, а при 0,35≤ R≤ 0,4 м – на 0,17 м^3/ч.

На рис. 2 представлена графическая зависимость влияния частоты вращения фрезы на производительность. Установлено, что с увеличением частоты вращения фрезы производительность увеличивается по экспоненциальной зависимости. При радиусе барабана R=0,3 м производительность для интервала 60≤ n≤80 об/мин, увеличивается на 0,5 м^3/ч, а при 80≤n≤100 об/мин – на 0,6 м^3/ч. При радиусе барабана R производительность для интервала 60≤ n≤80 об/мин, увеличивается на 0,15 м^3/ч, а при 80≤n≤100 об/мин – на 0,10 м^3/ч.

На рис. 3 представлена графическая зависимость влияния глубины фрезерования на производительность. Установлено, что с увеличением глубины фрезерования производительность независимо от радиуса барабана уменьшается по параболической зависимости. При радиусе барабана R=0,3 м производительность при глубине фрезерования 40≤h_o ≤50 мм, уменьшается на 0,13 м^3/ч, а при 50≤ h_o ≤60 мм – на 0,14 м^3/ч. При радиусе барабана R = 0,35 м производительность для интервала 40≤ h_o ≤50 мм, снижается на 0,17 м^3/ч, а при 50≤ h_o ≤60 мм – на 0,19 м^3/ч. При радиусе барабана R=0,4 м производительность для интервала 40≤ h_o ≤50 мм, снижается на 0,45 м^3/ч, а при 0,15≤ h_o ≤0,2 м – на 0,35 м^3/ч.

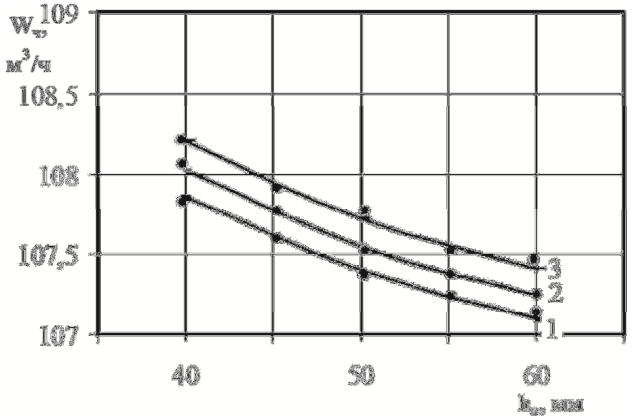


Рис. 3. Влияние глубины фрезерования на производительность в зависимости от радиуса барабана: 1 – R = 0,3 м; 2 – R = 0,35 м; 3 – R = 0,4 м

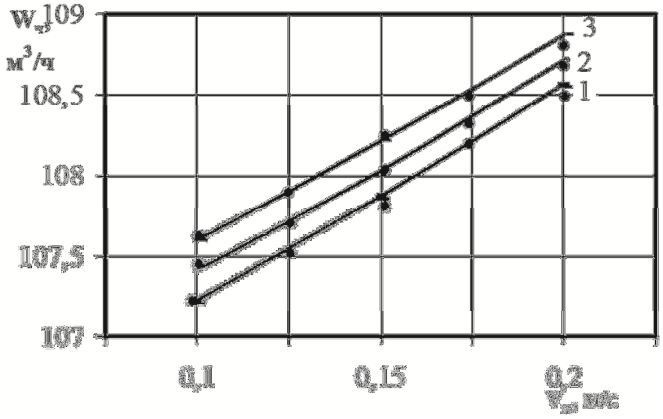


Рис. 4. Влияние поступательной скорости на производительность в зависимости от радиуса барабана: 1 – R = 0,3 м; 2 – R = 0,35 м; 3 – R = 0,4 м

На рис. 4 представлена графическая зависимость влияния поступательной скорости на производительность. Установлено, что с увеличением поступательной скорости

производительность увеличивается линейно. При радиусе барабана R=0,3 м производительность при поступательной скорости $0,1 \leq V_п \leq 0,15$ м/с, увеличивается на 0,2 м^3/ч, а при $0,15 \leq V_п \leq 0,2$ м/с – на 0,30 м^3/ч. При радиусе барабана R=0,35 м производительность для интервала $0,1 \leq V_п \leq 0,15$ м/с, увеличивается на 0,2 м^3/ч, а при $0,15 \leq V_п \leq 0,2$ м/с – на 0,21 м^3/ч. Для интервала $0,1 \leq V_п \leq 0,15$ м/с и при радиусе барабана производительность увеличивается на 0,27 м^3/ч, а при $0,15 \leq V_п \leq 0,2$ м/с – на 0,29 м^3/ч.

Таблица 4

Значения критических областей коэффициентов регрессии и критерия Фишера экспериментальных уравнений регрессии при доверительной вероятности 95 %

№ п/п	Название экспериментальной модели и ее номер	Коэффициенты			Крит. Фишера расчет.
		факторов	квадратов	парных взаимод.	
1	2	3	4	5	6
1	Производительность дорожной фрезы $W_ч$, м^3/ч	0,41	0,03	0,006	0,57

Заключение

1. В результате математической модели (1) установлено, что повышение производительности агрегата объясняется увеличением КПД дорожной фрезы [8], повышением действия подталкивающей силы за счет увеличения его параметров. При радиусе барабана R=0,3 м производительность при поступательной скорости $0,1 \leq V_п \leq 0,15$ м/с, увеличивается на 0,2 м^3/ч, а при $0,15 \leq V_п \leq 0,2$ м/с – на 0,30 м^3/ч. При радиусе барабана R=0,35 м производительность для интервала $0,1 \leq V_п \leq 0,15$ м/с, увеличивается на 0,2 м^3/ч, а при $0,15 \leq V_п \leq 0,2$ м/с – на 0,21 м^3/ч. Для интервала $0,1 \leq V_п \leq 0,15$ м/с и при радиусе барабана производительность увеличивается на 0,27 м^3/ч, а при $0,15 \leq V_п \leq 0,2$ м/с – на 0,29 м^3/ч.

2. Проверка с помощью критерия Фишера и Стьюдента (F_t=2,30) гипотезы ($F_р$=2,27) адекватности модели (1) (таблица П.4) показала пригодность ее использования в качестве прогнозирования производительности дорожной фрезы с доверительной вероятностью 95 %.

Список библиографических ссылок

1. Адлер Ю.П., Маркова Е.В., Грановский Ю.В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. – М.: Наука, 1976. – 279 с.
2. Алексеева Т.В., Артемьев К.А., Бромберг А.А. и др. Машины для земляных работ. – М.: Машиностроение, 1964. – 467 с.
3. ГОСТ 11.004-2011. Прикладная статистика. Правила определения оценок и доверительных границ для параметров нормального распределения. – М.: Изд-во стандартов, 1979. – 20 с.
4. ГОСТ 8.207-76 Государственная система обеспечения единства измерений. Прямые измерения с многократными наблюдениями. Методы обработки результатов наблюдений. – М.: Изд-во стандартов, 1976. – 7 с.
5. ГОСТ 24026-80. Исследовательские испытания. Планирование эксперимента. Термины и определения. – М.: Изд-во стандартов, 1980. – 18 с.
6. ГОСТ 27247-87. (ИСО 7464-83) Метод определения тяговой характеристики. – М.: Изд-во стандартов, 1988. – 15 с.
7. Дружинин Н.К. Выборочное наблюдение и эксперимент. – М.: Статистика, 1977. – 176 с.
8. Карошкин А.А., Краснолудский А.В. Диссертация на соискание ученой степени канд. техн. наук: определение рациональных параметров эксцентричной дорожной фрезой. – 95 с.

Sakhapov R.L. – doctor of technical sciences, professor
E-mail: rustem@sakhapov.ru
Makhmutov M.M. – candidate of technical sciences, senior lecturer
E-mail: maratmax@yandex.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Analysis of factors affecting the reference of cross road-building machine

Resume

The article describes the factors that affect the performance of road cutters. When conducting experimental research developed an experiment [1], i.e. the variation levels of the factors changed purposeful-but depending on the conditions of each experience. Compositional-plans (Boxing) the second order were implemented.

The resulting model, reflecting in coded form, the influence of relevant factors on performance of road cutters. On the basis of experimental data were graphs of the dependence of the radius of the drum, the rotational speed of the cutter, the milling depth and forward speed on the performance of road cutters.

Validation using Fisher's exact test and student's t (Ft=2,30) hypothesis (Fp=2,27) the adequacy of the model (1) (table 4) showed the suitability of its use as a forecasting performance road cutters with confidence probability of 95 %.

Keywords: road milling machine, the radius of the drum, the rotational speed of the milling cutter, milling depth, efficiency, Fisher's criterion.

Reference list

1. Adler Iu.P., Markova E.V., Granovsky Iu.V. Planning experiment in the search for optimal conditions. – M.: Nauka, 1976. – 279 p.
2. Alekseeva T.V., Artemyev K.A., Bromberg A.A. and other. Machines for excavation RA-bot. – M.: Mashinostroenie, 1964. – 467 p.
3. GOST 11.004-2011. Applied statistics. The rules for determining assessments and credentials bounds for parameters of the normal distribution. – M.: Publishing house of standards, 1979. – 20 p.
4. GOST 8.207-76 State system for ensuring the uniformity of measurements. Direct measurement with multiple observations. Methods of processing results to the observations. – M.: Publishing house of standards, 1976. – 7 p.
5. GOST 24026-80. Research trials. The planning of the experiment. Terms and definitions. – M.: Publishing house of standards, 1980. – 18 p.
6. GOST 27247-87. (ISO 7464-83) the Method of determining the tractive force. – M.: Publishing house of standards, 1988. – 15 p.
7. Druzhinin N.K. Selective observation and experiment. – M.: Statistics, 1977. – 176 p.
8. Kurochkin A.A., Krasnolutski A.V. Diss. of research scientific degree cand. tech. sci.: determination of rational parameters eccentric mill road. – 95 p.

ПРАВИЛА ПРЕДСТАВЛЕНИЯ СТАТЕЙ ДЛЯ ПУБЛИКАЦИИ В НАУЧНОМ ЖУРНАЛЕ «ИЗВЕСТИЯ КАЗАНСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНОГО УНИВЕРСИТЕТА»

Статья должна быть набрана в программе Microsoft Word (версия не ранее MS Word 97). Файл, названный именем автора статьи, представить с расширением RTF.

Параметры страницы:

- размер страницы – 297х210 мм (формат А4);
- поля: сверху – 20 мм, снизу – 20 мм, слева – 30 мм, справа – 30 мм;
- ориентация страницы – книжная.

Параметры форматирования текста:

- шрифт – Times New Roman;
- размер шрифта – 11 пт;
- абзацный отступ – 10 мм (не задавать пробелами);
- выравнивание – по ширине;
- заголовки полужирным шрифтом, с выравниванием по центру;
- междустрочный интервал – одинарный.

При наборе статьи исключить автоматический перенос слов. Запрещено уплотнение интервалов шрифта.

Объем публикации – не менее 5 полных страниц и не более 10 страниц, включая таблицы и иллюстрации. Иллюстративный материал не должен перегружать статью (не более 4 рис.). Таблицы и иллюстрации скомпоновать с учетом вышеуказанных полей.

Таблицы создать средствами Microsoft Word и присвоить им имена: Таблица 1, Таблица 2 и т.д. Название таблицы с порядковым номером (или номер таблицы без названия) располагается над таблицей. Текст таблицы должен быть набран шрифтом размером 10 пт с одинарным межстрочным интервалом.

Иллюстрации представить в основных графических форматах (tif, jpg, bmp, gif) с именами Рис. 1, Рис. 2 и т.д. Все объекты должны быть черно-белыми (градации серого), четкого качества. Выравнивание – по центру. Рекомендуемое разрешение - 300 dpi. Названия иллюстраций и подписи к ним набираются шрифтом размером 10 пт с одинарным межстрочным интервалом. Не допускается выполнение рисунков в редакторе Microsoft Word. Минимальный размер иллюстраций – 80х80 мм, максимальный – 170х240 мм.

Для набора формул, которые не возможно набрать в Word, и вставки символов использовать встроенный в Microsoft Word редактор формул Microsoft Equation или Math Type. Формулы в статье, подтверждающие физическую суть исследования (процесса), представляются без развернутых математических преобразований. Формулы компонуются с учетом вышеуказанных полей (при необходимости использовать перенос формулы на следующую строку), помещаются по центру строки, в конце которой в круглых скобках ставится порядковый номер формулы (формулы и их порядковые номера - в таблицах с невидимыми границами). Ссылку на номер формулы в тексте также следует брать в круглые скобки. Следует применять физические величины, соответствующие стандарту СТ СЭВ 1052-78 (СН 528-80).

Иллюстрации, формулы, таблицы и ссылки на цитированные источники, встречающиеся в статье, должны быть пронумерованы в соответствии с порядком цитирования в тексте. При этом, ссылка на литературные источники берётся в квадратные скобки.

Уникальность текста статьи должна составлять не менее 75 %.

ОБРАЗЕЦ ОФОРМЛЕНИЯ СТАТЬИ

УДК 691.33
Иванов И.И. – кандидат технических наук, доцент
E-mail: ivanov@kgasu.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1
разделительный интервал
Современные строительные материалы
разделительный интервал
Аннотация
Текст аннотации (50-100 слов)
Ключевые слова: теплоизоляционные материалы, карбамидные пенопласты, модификация
разделительный интервал
Текст статьи
разделительный интервал
Список библиографических ссылок
разделительный интервал
Ivanov I.I. – candidate of technical sciences, associate professor
E-mail: ivanov@kgasu.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1
разделительный интервал

Modern building material
разделительный интервал

Resume

Текст резюме (150-200 слов)

Keywords: thermal insulating materials, of carbamide foams, updating
разделительный интервал

Reference list*

* Перечень ссылок, переведённый на английский язык (названия изданий не переводить – писать в латинской транскрипции).

Перечень библиографических ссылок обязателен!

Библиографические ссылки представить в соответствии с ГОСТ Р 7.0.5-2008.

Примеры:

1. Баженов Ю.М. Технология бетона. – М.: Изд-во АСВ, 2002. – 500 с.
2. Драновский А.Н. Динамические параметры прочности песков // Сб. научных трудов «Материалы 49-й Республиканской научной конференции». – Казань: КГАСА, 1998. – С. 186-191.
3. Завадский В.Ф., Путро Н.Б., Максимова Ю.С. Поризованная строительная керамика // Строительные материалы, 2004, № 2. – С. 21-22.
4. Корчагина В.И. Исследование в области модификации ПВХ и биполимерных систем на его основе // Автореферат канд. дисс. на соиск. степени канд. хим. наук. – Казань, 1974. – 22 с.
5. Химическая технология керамики: Учеб. пособие для вузов / Под ред. проф. И.Я. Гузмана. – М.: ООО РИФ «Стройматериалы», 2003. – 496 с.
6. Приемопередающее устройство: пат. 2187888 Рос. Федерация. № 2000131736/09; заявл. 18.12.00; опубл. 20.08.02. Бюл. № 23 (II ч.). – 3 с.
7. ГОСТ 9128-97. Смеси асфальтобетонные дорожные, аэродромные и асфальтобетон. – М., 2000. – 15 с.
8. Отчёт по НИР. Инв. № 02200703350. Соколов Б.С. и др. Разработка новых и совершенствование существующих методов расчёта железобетонных и каменных элементов, конструкций зданий и сооружений.
9. Инвестиции останутся сырьевыми // PROGNOSIS.RU: ежедн. интернет-изд. 2006. 25 янв. URL: http://www.prognosis.ru/print.html?id=6464 (дата обращения: 19.03.2007).

Примеры перевода перечня ссылок на английский язык:

1. Bazhenov Yu.M. Technology of concrete. – M: Publishers ASV, 2002. – 500 p.
2. Dranovsky A.N. Dynamic parametres of durability of sand // The collection of proceedings «Materials of 49th Republican scientific conference». – Kazan: KSABA, 1998. – P. 186-191.
3. Zavadsky V.F., Putro N.B., Maksimova Yu.S. Porous building ceramics // Stroitelnye materialy, 2004, № 2. – P. 21-22.
4. Korchagina V.I. Research in the field of updating of PVC and bipolymerous systems on its basis // The master's thesis author's abstract on competition of degree of a Cand. Chem. Sci. – Kazan, 1974. – 22 p.
5. Chemical technology of ceramics: Studies. The grant for high schools / Under the editorship of prof. I.J. Guzmana. – M: LTD RIF « Stroymaterialy», 2003. – 496 p.
6. The send-receive device: the patent 2187888 Russian Federation. № 2000131736/09; It is declared 18.12.00; it is published 20.08.02. The bulletin № 23 (II part). – 3 p.
7. GOST 9128-97. Mixes asphalt-concrete road, air field and asphalt-concrete. – M., 2000. – 15 p.
8. The report on research work. Inv. № 02200703350. Sokolov B.S. and others. Working out new and perfection of existing methods of calculation of ferro-concrete and stone elements, designs of buildings and constructions.
9. Investments remain raw // PROGNOSIS.RU: the daily Internet-edition 2006. 25 jan. URL: http://www.prognosis.ru/print.html?id=6464 (reference date: 19.03.2007).

В список литературы вносятся только опубликованные работы.

Название статьи должно отражать основную идею выполненного исследования, быть по возможности кратким. Аннотация (1 абзац от 500 до 1000 знаков с пробелами) должна ясно излагать содержание статьи и быть пригодной для самостоятельного опубликования.

В разделе **«Введение»** рекомендуется указать нерешенные ранее вопросы, сформулировать и обосновать цель работы и, если необходимо, рассмотреть ее связь с важными научными и практическими направлениями. Могут присутствовать ссылки на публикации последних лет в данной области, включая зарубежных авторов.

Основная часть статьи должна подробно освещать содержание исследований, проведенных автором (авторами). Полученные результаты должны быть освещены с точки зрения их научной новизны и сопоставлены с соответствующими известными данными. Основная часть статьи может делиться на подразделы (с разъяснительными заголовками) и содержать анализ последних публикаций, посвященных решению вопросов, относящихся к данным подразделам.

В разделе **«Заключение»** должны быть в сжатом виде сформулированы основные полученные результаты с указанием их новизны, преимуществ и возможностей применения.

Язык публикации: русский или английский.

Тезисы к публикации не принимаются!

Если статья была или будет направлена в другое издание, необходимо сообщить об этом редакции. Ранее опубликованные статьи к рассмотрению не принимаются.

От авторов в редакцию журнала предоставляются следующие материалы:

- **Два экземпляра статьи в четко распечатанном виде, скрепленные степлером, подписанные автором (ами);**
- **Электронный носитель (**CD-диск. Электронная версия статьи должна соответствовать варианту на бумажном носителе);
- **Две рецензии** (соответствующего уровня) от двух независимых организаций;
- **Экспертное заключение о возможности опубликования, оформленное в организации, откуда исходит рукопись**;
- **Анкета автора (ов) в предлагаемой форме** (заполнить на русском и английском языке).

Материалы к публикации вложить в полиэтиленовый файл.

Датой поступления статьи считается день представления последнего из вышеуказанных материалов.

Представленные авторами научные статьи направляются на независимое закрытое рецензирование специалистам по профилю исследования, членам редакционной коллегии. Основными критериями целесообразности публикации являются новизна полученных результатов, их практическая значимость, информативность. В случае, когда по рекомендации рецензента статья возвращается на доработку, датой поступления считается день получения редакцией ее доработанного варианта. К доработанной статье в обязательном порядке прикладываются ответы на все замечания рецензента. Статьи, получившие отрицательные заключения рецензентов и не соответствующие указанным требованиям, решением редакционной коллегии журнала не публикуются и не возвращаются (почтовой пересылкой). Редакционная коллегия оставляет за собой право на редактирование статей с сохранением авторского варианта научного содержания.

После уведомления редакцией принятия рукописи и согласования сроков её публикации с ответственным исполнителем журнала авторы представляют копию платежной квитанции или справку, подтверждающую обучение автора (ов) в аспирантуре на момент подачи статьи.

Расчет стоимости не зависит от объема текста статьи на странице.

Журнал «Известия КГАСУ» выходит 4 раза в год, тиражом 500 экз. Журнал является подписным изданием и включен в общероссийский каталог ОАО Агентства «РОСПЕЧАТЬ», индекс издания – 36939.

АВТОРЫ, ЯВЛЯЮЩИЕСЯ ЧЛЕНАМИ РЕДКОЛЛЕГИИ И (ИЛИ) ПОДПИСЧИКАМИ ЖУРНАЛА, ИМЕЮТ ПРЕИМУЩЕСТВЕННОЕ ПРАВО НА ОПУБЛИКОВАНИЕ СВОИХ СТАТЕЙ.

СТАТЬИ АСПИРАНТОВ ПУБЛИКУЮТСЯ БЕСПЛАТНО.

Научная статья в полном объеме будет также размещена на официальном сайте «Известия КГАСУ» – электронном научном издании (ЭНИ) http://izvestija.kgasu.ru/ (Свидетельство о регистрации средства массовой информации Эл № ФС 77-31046 от 25.01.2008).

Все материалы направлять по адресу: 420043, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1, ОПИР, комн. 79. Телефон (843) 510-46-39, 236-26-88 (тел./факс). E-mail: patent@kgasu.ru. Ответственный исполнитель журнала – Хабибулин Марат Максутович.

Банковские реквизиты:
КГАСУ
420043, г. Казань, ул. Зеленая, 1
ИНН 1655018025 КПП 165501001
Сч. 40501810292052000002
в ГРКЦ НБ РТ Банка России г. Казань
БИК 049205001
Л/с 20116Х06860

Указать назначение платежа: Код дохода: 00000000000000000130 реализация изд. деят-ти.

АНКЕТА АВТОРА(ОВ)

(заполняется в электронном виде отдельным файлом, названным «Анкета», с расширением RTF)

Фамилия, имя, отчество (полностью), **учёная степень,** **звание,** **должность.** **Полное наименование организации, город** (указывается, если не следует из названия организации) (для каждого автора) **Адрес организации**	
Название статьи	
Аннотация (от 50 до 100 слов)	
Ключевые слова (от 5 до 10 слов или словосочетаний)	
Научная тематика статьи	Впишите одну из представленных: – Теория и история архитектуры, реставрация и реконструкция историко-архитектурного наследия; – Архитектура зданий и сооружений. Творческие концепции архитектурной деятельности; – Градостроительство, планировка сельских населенных пунктов; – Строительные конструкции, здания и сооружения; – Основания и фундаменты, подземные сооружения; – Теплоснабжение, вентиляция, кондиционирование воздуха, газоснабжение и освещение; – Водоснабжение, канализация, строительные системы охраны водных ресурсов; – Строительные материалы и изделия; – Гидротехническое строительство; – Технология и организация строительства; – Проектирование и строительство дорог, метрополитенов, аэродромов, мостов и транспортных тоннелей; – Гидравлика и инженерная гидрология; – Строительная механика; – Экология (в строительстве); – Экономика и управление народным хозяйством (в строительстве); – Системный анализ, управление и обработка информации (в строительстве); – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ (в строительстве); – Теория и методика профессионального образования (в строительном вузе); – Подъемно-транспортные, строительные, дорожные машины и оборудование.
Паспортные данные (номер, кем выдан, дата выдачи, адрес регистрации), **ИНН**	
Адрес для переписки	
E-mail	
Контактные телефоны	

AUTHOR'S QUESTIONNAIRE

(it is filled in electronic type by separate file named «Questionnaire» with expansion RTF)

Full Last name First name, Middle name **Scientific degree,** **Scientific rank,** **Current position.** **Full name of the organization**, **City** (it is noticed if it is not clear from the name of organization) (for each author) **The organization address**	
Title of the article	
Resume (The volume from 150 to 200 words)	
Keywords (from 5 to 10 words or phrases)	
Scientific topic of the article	Include one of the presented: – Theory and history of architecture, restoration and reconstruction of historical-architectural heritage; – Architecture of buildings and constructions. Creative conceptions of architectural activity; – Town-planning, planning of rural settlements; – Building constructions, buildings and structures; – Ground works and foundations, underground constructions; – Heating, ventilation, air conditioning, gas supply and illumination; – Water-supply, water drain, building systems of water resources protection; – Building materials and making; – Hydraulic engineering construction; – Technology and organization of building; – Design and construction of roads, metropolitan railways, airdromes, bridges and transport tunnels; – Hydraulics and engineering hydrology; – Building mechanics; – Ecology (in building); – Economy and management of a national economy (in building); – System analysis, management and information processing (in building); – Mathematical modelling, numerical methods and complexes of programs (in building); – Theory and vocational training technique (in engineering higher educational institution); – Hoisting, building, road machines and equipment.
Mailing address	
Telephone numbers for communication	

Известия КГАСУ
2014 г., № 4 (30)

Гл. редактор: Низамов Р.К.
Учредитель и издатель:
ФГБОУ ВПО «Казанский государственный архитектурно-строительный университет»

Макет и редактирование: Бибикина А.Р.

Адрес редакции: 420043, г. Казань, ул. Зеленая, 1
Тел. для справок: (843) 510-46-39

Журнал зарегистрирован: Регистр. ПИ № ФС77-25136
Электронное периодическое издание: http://izvestija.kgasu.ru Регистр. Эл № ФС 77-31046
Федеральная служба
по надзору за соблюдением законодательства в сфере массовых коммуникаций
и охране культурного наследия.
Индекс издания – 36939
Общероссийский каталог ОАО Агентства «РОСПЕЧАТЬ»

Подп. к печати 11.12.2014 Формат 60x84/8
Заказ 478 Бумага тип. № 1
Усл.-печ. л. 63,5 Уч.-изд. л. 64,0
Тираж 500 экз.
I завод-100

Отпечатано в Издательстве КГАСУ, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1