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

2016 г., № 4 (38)

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:

Ахмадиев Ф.Г., д-р техн. наук, проф.;
Есаулов Г.В., д-р архитектуры, проф., академик РААСН;
Ильичев В.А., д-р техн. наук, проф., первый вице-президент РААСН;
Каюмов Р.А., д-р физ.-мат. наук, проф.;
Королев Е.В., д-р техн. наук, проф.;
Мирсаяпов И.Т., д-р техн. наук, проф.;
Строганов В.Ф., д-р хим. наук, проф., почетный член РААСН;
Хозин В.Г., д-р техн. наук, проф.

МЕЖДУНАРОДНЫЙ РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ:

Фиговский О.Л., д-р техн. наук, проф., член Европейской АН, иностранный член РААСН (Израиль);
Фишер Х.-Б., доктор-инженер (Германия);
Хассан Абдалла, д-р наук (PhD), проф. (Великобритания);
Янотка И., канд. техн. наук, с.н.с. (Словакия).

УЧРЕДИТЕЛЬ И ИЗДАТЕЛЬ:
ФГБОУ ВО «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, 2016

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
2016, № 4 (38)

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:

Ahmadiev F.G., Dr. tech. sci., prof.,
Esaulov G.V., Dr. arch. sci., prof., member of the Academy of RAACS;
Ilichev V.A., Dr. tech. sci., prof., First Vice President of RAACS;
Kayumov R.A., Dr. phys-mat. sci., prof.;
Korolev E.V., Dr. tech. sci., prof.;
Mirsayapov I.T., Dr. tech. sci., prof.;
Stroganov V.F., Dr. chem. sci., prof., honorary m. of RAACS;
Khozin V.G., Dr. tech. sci., prof.

INTERNATIONAL EDITORIAL BOARD:

Figovskiy O.L., Dr. tech. sci., prof., member of EAS, foreign member of RAACS (Israel);
Fischer H.-B., Dr.-Ing (Germany);
Hassan Abdalla, PhD, prof. (Great Britain);
Janotka I., Cand. tech. sci., head of unit (Slovakia).

THE FOUNDER AND THE PUBLISHER:
FSBEI of HE «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 JSC «ROSPECHAT» Agency; subscription number 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, 2016

СОДЕРЖАНИЕ

ТЕОРИЯ И ИСТОРИЯ АРХИТЕКТУРЫ, РЕСТАВРАЦИЯ И РЕКОНСТРУКЦИЯ ИСТОРИКО-АРХИТЕКТУРНОГО НАСЛЕДИЯ	
Балабанова Ю.П. Комплексные научные исследования объекта культурного наследия – ансамбль «Усадьба Татищева, I пол. XVIII в.»	9
Денисенко Е.В. Структурные аспекты в архитектуре XX-XXI вв.	19
Надырова Х.Г., Русинова А.А. Архитектурно-пространственная организация уездных городов Казанской губернии конца XVII-XVIII вв.	26
Назарова И.В. К вопросу построения сторожевых городов Волго-Камского региона середины XVI-XVII столетий	35
Русинова А.А. Архитектурно-планировочная организация домовладений в уездных городах Казанской губернии во второй половине XIX века	44
Сайфуллина Л.Ш. Дворец культуры им. В.И. Ленина в Казани. К истории создания	52
Серебряная В.В. Дубовский в честь Вознесения Господня женский монастырь – памятник архитектуры конца XIX-начала XX веков (исследование и реконструкция)	60
Фазлеев М.Ш. Традиции и приемы формирования архитектурно-ландшафтной среды исторического центра города Елабуга	69
АРХИТЕКТУРА ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ. ТВОРЧЕСКИЕ КОНЦЕПЦИИ АРХИТЕКТУРНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ	
Белов М.И., Михайлова А.С., Надыршин Н.М. Творческий метод Наума Габо и его влияние на формообразование в архитектуре и искусстве	75
Гайдук А.Р. Реновация промышленных объектов и адаптация индустриальных зон городов к современным условиям (на примере г. Казань)	83
Князева А.Р., Смирнова С.Н. Архитектурно-планировочные приемы энергосбережения в традиционном жилище	89
Михайлова А.С., Надыршин Н.М. Бионические паттерны в архитектуре и дизайне	96
Мхитарян К.О. Многоэтажный вертикальный парк «MFO»	104
Рачкова О.Г. Использования формообразующей оболочки покрытия для проектирования гелиоэнергоактивного здания	110
Сагатдинова А.М. Формирование инновационной инфраструктуры в высших учебных заведениях архитектурно-строительного направления	115
Серебренникова Т.А. Типология информационных пространств в архитектуре как основа организации творческого процесса	126
Степанчук А.В. Основные принципы архитектурной организации объектов культурного туризма с ремесленно-креативной функцией	134
Чебинев А.И., Чебинева Е.В. Эволюция скульптурного убранства в архитектуре зданий	139
ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО, ПЛАНИРОВКА СЕЛЬСКИХ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ	
Балакина Л.А. Архитектура обитаемого пространства: библейский ракурс	147
Закиева Л.Ф. Особенности формирования биотехнологических территориальных кластеров в крупногородских агломерациях	155
Исмагилова С.Х., Залетова Е.А. К вопросу градостроительного развития малого города	162
Краснобаев И.В., Федорович А.В. Современные тенденции гуманизации общественных пространств городов	167
Михайлов С.М. Индуктивный подход в организации предметно-пространственной среды города	177
Рябов О.Р. Зеленые микрозоны в урбанизированной среде	185
Хабибулина А.Г., Хабибулина А.М. Анализ направлений развития логистических распределительных центров в градостроительной практике Республики Татарстан	192
СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ, ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ	
Антаков А.Б., Антаков И.А. Анализ методик расчета изгибаемых элементов, армированных полимеркомпозитной арматурой, по второй группе предельных состояний	200
Валиуллин Д.А., Надршина А.Р., Майстренко И.Ю., Зиннуров Т.А., Майстренко Т.И. Оценка остаточного ресурса стальной конструкции, эксплуатируемой в агрессивной среде	208
Енюшин В.Н., Нурмухаметова А.Д., Хаеретдинова А.Д. Энергоэффективность современных ограждающих конструкций	217
Замалиев Ф.С. К расчету сопряжения плиты с балкой в сталежелезобетонных конструкциях	222
Миронова Ю.В., Абдрахимова Н.С., Халиуллин А.Р. Повышение сопротивляемости несущей системы бескаркасного здания с бессварными вертикальными стыками прогрессирующему разрушению	229
Салахутдинов М.А., Кузнецов И.Л., Саянов С.Ф. Стальные фермы с поясами из труб многогранного сечения	236
Седов А.Н. Трехслойный профилированный брус для малоэтажного строительства	243
Симаков В.Д. Трещиностойкость контактных стыков колонн	248
Фабричная К.А., Абдрахимова Н.С., Альтапов С.Р. Особенности моделирования каркаса здания с учетом податливости узлов сопряжения при ветровых воздействиях	255

ОСНОВАНИЯ И ФУНДАМЕНТЫ, ПОДЗЕМНЫЕ СООРУЖЕНИЯ	
Мирсаяпов И.Т., Нуриева Д.М., Королева И.В. Исследование влияния строительства жилого комплекса в овраге на изменение технического состояния зданий существующей застройки	262
Мирсаяпов И.Т., Хасанов Р.Р., Сафин Д.Р. Геотехнический мониторинг здания при реконструкции памятника истории и архитектуры	270
Шакиров И.Ф., Гайфуллина В.А. Применение метода напорной цементации при усилении фундаментов в вытрамбованных котлованах	277
ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ, ВЕНТИЛЯЦИЯ, КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ ВОЗДУХА, ГАЗОСНАБЖЕНИЕ И ОСВЕЩЕНИЕ	
Барышева О.Б., Садыков Р.А. Оптимизация конфигурации газораспределительной сети	284
Бройда В.А., Закамский С.О., Сафиуллин Ф.Ф. Экспериментальное исследование устройства с турбинкой для стабилизации расхода вентиляционного воздуха	290
Вачагина Е.К., Золотоносов Я.Д., Мустакимова С.А., Крутова И.А. Определение эквивалентного диаметра винтовых каналов типа «конфузор-диффузор»	295
Замалеев З.Х., Валиуллин М.А., Димиева А.И. Исследование теплотехнических и гидравлических характеристик внутрипольных конвекторов с естественной конвекцией	303
Кодылев А.В., Лозинов А.Н., Садыков Р.А. Кинетика конвективной сушки сыпучих и дисперсных строительных материалов в сушильной установке с рекуперацией теплоносителя	308
ВОДОСНАБЖЕНИЕ, КАНАЛИЗАЦИЯ, СТРОИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ОХРАНЫ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ	
Андреева С.А., Хузиахметова К.Р. Каталитические методы очистки сточных вод производства стирола и оксида пропилена на действующем предприятии	315
Бусарев А.В., Шешегова И.Г., Сундукова Е.Н., Гарифьянова Г.Р. Некоторые аспекты применения малогабаритных установок для доочистки водопроводной воды	320
Урмитова Н.С., Абитов Р.Н. Движение вязкой жидкости в порах гранулированной коалесцирующей насадки при нелинейном законе сопротивления	327
СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ	
Галаутдинов А.Р., Мухаметрахимов Р.Х. Повышение водостойкости гипсоцементно-пуццоланового вяжущего на основе низкомарочного гипса	333
Ермилова Е.Ю., Камалова З.А., Гильфанов Р.М. Исследование влияния комплексных добавок на основе термоактивированных глин и карбонатных пород на свойства композиционного цемента	344
Ермилова Е.Ю., Камалова З.А., Рахимов Р.З., Хантимиров А.Г., Габбасов Д.А. Исследование влияния добавок карбонатных пород на физико-механические свойства композиционного цемента	351
Исламов А.М., Габбасов Д.А., Хантимиров А.Г., Хозин В.Г., Абдрахманова Л.А., Низамов Р.К. Древесно-полимерные композиты на основе поливинилхлорида, модифицированные аэросилом	359
Медяник Ю.В. Свойства штукатурных растворов с добавкой-наполнителем из шламовых отходов теплоэлектростанций	365
Морозов Н.М., Боровских И.В., Галеев А.Ф. Влияние вида песка на свойства мелкозернистого бетона	370
Морозов Н.М., Галеев А.Ф. Роль суперпластифицирующих добавок в формировании прочности самоуплотняющегося бетона	376
Мухаметрахимов Р.Х., Галаутдинов А.Р. Лукманова Л.В. Влияния пластифицирующих добавок на основные свойства гипсоцементно-пуццоланового вяжущего на основе низкомарочного и техногенного сырья	382
Рахимов Р.З., Рахимова Н.Р., Гайфуллин А.Р., Морозов В.П. Дегидратация глин различного минерального состава при прокаливании	388
Файзрахманов И.И., Халиуллин М.И., Леклу А.-Н., Амири О. Использование тонкодисперсных отсевов бетонного лома в цементных композициях для получения строительных растворов	395
Шарипов Б.Ф., Абдрахманова Л.А., Артамонов А.В., Гаркави М.С., Нефедьев А.П., Немых Г.А. Влияние гидроксидов металлов на свойства ПВХ-композиции	402
Шелихов Н.С., Зарезнов Д.А., Сагдиев Р.Р. Модификация гидравлических вяжущих низкотемпературного обжига	409
ТЕХНОЛОГИЯ И ОРГАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА	
Ибрагимов Р.А., Богданов Р.Р., Шебанова С.Н. Анализ современных технологических решений напольных покрытий промышленных зданий	416
Ибрагимов Р.А., Салимова Г.Р. Анализ и оптимизация нормирования продолжительности строительства крупнопанельных жилых зданий в г. Казань	422
Коклюгина Л.А., Коклюгин А.В., Шилова Е.А. Проблемы планирования и организации работ по капремонту и реконструкции	428
Ладнушкин А.А. Технология бескранового монтажа при капитальном ремонте и модернизации башенных градирен ТЭЦ	433
Мавлюбердинов А.Р., Бирюлева Д.К. К вопросу «восстановления» проектной документации на надземные крановые пути на предприятиях строительной отрасли	439
Мудров А.Г. Способ и устройство для приготовления цветного бетона	444

Семенов Д.А., Вахрушев С.И. Методика выбора земснаряда для выемки песчано-гравийной смеси со дна реки Кама	451
Хузиахметов Р.А., Хузиахметова К.Р., Шарапова Н.Б. Обеспечение повышения уровня безопасности труда при организации и выполнении строительных работ	459
ПРОЕКТИРОВАНИЕ И СТРОИТЕЛЬСТВО ДОРОГ, МЕТРОПОЛИТЕНОВ, АЭРОДРОМОВ, МОСТОВ И ТРАНСПОРТНЫХ ТОННЕЛЕЙ	
Буланов П.Е., Мавлиев Л.Ф., Вдовин Е.А., Захаров В.В., Гимазов А.Р. Исследование влияния поликарбоксилатных суперпластификаторов на физические и прочностные свойства глинистых грунтов различного минерального состава	469
Ильина О.Н., Ильин И.Б., Ахметзянов Д.И., Каримов С.А., Автономов А.Ю. Устройство экспериментального участка автомобильной дороги с использованием разработанного способа утилизации нефтяного шлама	477
Логинова О.А. Автомобильные дороги Японии	481
СТРОИТЕЛЬНАЯ МЕХАНИКА	
Махмутов М.М., Сахапов Р.Л., Земдиханов М.М. Прямая и обратная задача кинематической точности строительных манипуляторов	485
Хамитов Т.К., Фатыхова Р.Р. Об устойчивости упругопластической цилиндрической оболочки при продольном ударе	490
Правила представления материалов для публикации в научном журнале «Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета»	497

CONTENTS

ARCHITECTURE THEORY AND HISTORY, HISTORICAL AND ARCHITECTURAL HERITAGE RESTORATION AND RECONSTRUCTION	
Balabanova Iu.P. Complex research of cultural heritage – the ensemble «Tatishchev Manor, I floor. XVIII century»	9
Denisenko E.V. Structural aspects of the architecture of XX-XXI centuries	19
Nadyrova H.G., Rusinova A.A. Architecture and spatial organization of the county-level cities Kazan province during the late XVII-XVIII centuries	26
Nazarova I.V. To a question of creation of the sentry cities of the Volga-Kamya region of the middle of XVIth-XVIIth centuries	35
Rusinova A.A. Architectural and planning organization of households in the county-level cities of Kazan province in second half of XIX century	44
Saifullina L.S. Palace of culture named after V.I. Lenin in Kazan. New to the history of creation	52
Serebryanaya V.V. Dubovskii in honorof the Ascension Nunnery-architectural monument of the late XIX-early XX century (research and reconstruction)	60
Fazleev M.Sh. Traditions and methods of formation of architectural and landscape environment of the historic center Elabuga	69
HOUSES ARCHITECTURE. THE CREATIVE CONCEPT OF ARCHITECTURAL ACTIVITIES	
Belov M.I., Mikhaylova A.S., Nadyrshin N.M. Creative method of Naum Gabo and his influence on the shaping of architecture and art	75
Gaiduk A.R. Renovation of industrial facilities and adaptation of the industrial zones of the cities to modern conditions	83
Knyazeva A.R., Smirnova S.N. Traditional dwelling in the aspect of energy saving	89
Mikhaylova A.S., Nadyrshin N.M. Bionic pattern in architecture and design	96
Mkhitaryan K.O. Multi-storey vertical park «MFO»	104
Rachkova O.G. The use of shape-generating shell cover for designing of Helio energy active building	110
Sagatdinova A.M. Forming of innovative infrastructure in higher educational institutions of the architectural and construction direction	115
Serebrennikova T.A. Typology of information spaces in architecture as a basis of the organization of creative process	126
Stepanchuk A.V. Basic principles of architectural organization of cultural tourism objects with craft and creative function	134
Chebinev A.I., Chebineva E.V. Evolution of sculptural decoration in architecture	139
URBAN DEVELOPMENT, RURAL SETTLEMENTS PLANNING	
Balakina L.A. Architecture of the inhabited space: a biblical aspect	147
Zakieva L.F. The features of regional life science clusters formation in agglomerations	155
Ismagilova S.H., Zalyotova E.A. To the question of urban development of a small town	162
Krasnobaev I.V., Fedorovich A.V. Contemporary trends in humanization of public places in cities	167
Mikhaylov S.M. Inductive approach in the organization of the subject and spatial environment of the city	177
Riabov O.R. Green microzone in the urban environment	185
Khabibulina A.G., Khabibulina A.M. Analysis of trends in the development of logistics distribution centers in urban planning practice of the Republic of Tatarstan	192
BUILDING STRUCTURES, HOUSES	
Antakov A.B., Antakov I.A. Analysis of calculation methods flexural members, reinforced fiber-reinforced polymer bars, the serviceability limit states	200
Valiullin D.A., Nadrshina A.R., Maystrenko I.Y., Zinnurov T.A., Maystrenko T.I. Evaluation of remaining life of steel structure operated in a corrosion environment	208
Enyushin V.N., Nurmukhametova A.D., Haeretdinova A.D. The energetic efficacy of the modern building enveloping constructions	217
Zamaliev F.S. The calculation of the plate interface with the beam in steel-concrete composite structures	222
Mironova U.V., Abdrahimova N.S., Khaliullin A.R. The increasing resistance of the supporting system of the frameless building with a no-welding vertical joints to progressive collapse	229
Salakhoutdinov M.A., Kuznetsov I.L., Sayanov S.F. Steel truss with chords of multi-faceted cross-section tubes	236
Sedov A.N. Three-layer corrugated board for the low-rise building	243
Simakov V.D. Crack resistance in the contact joints of columns	248
Fabrichnaya K.A., Abdrakhimova N.S., Altapov S.R. Features of the building frame modeling taking into account compliance with the interface nodes wind impacts	255
FOUNDATIONS, UNDERGROUND STRUCTURES	
Mirsayapov I.T., Nurieva D.M., Koroleva I.V. Investigation of construction of a housing complex influence of in the ravine to change the technical condition of the existing building buildings	262
Mirsayapov I.T., Khasanov R.R., Safin D.R. Geotechnical monitoring of the building during the reconstruction of the monument of history and architecture	270

Shakirov I.F., Gaifullina V.A. Foundations strengthening by pressure cementation method in the rammed pits	277
HEATING, VENTILATION, AIR CONDITIONING, GAS SUPPLY AND LIGHTING	
Barysheva O.B., Sadykov R.A. Optimization of the configuration of the gas distribution network	284
Broyda V.A., Zakamsky S.O., Safiullin F.F. Experimental study of the device with the impeller for stabilization of the ventilation air flow	290
Vachagina E.K., Zolotonosov Ya.D., Mustakimova S.A., Krutova I.A. The definition of the equivalent diameter of the screw channels type «confuser-diffuser»	295
Zamaleev Z.Kh., Valiullin M.A., Dimieva A.I. Research on thermal and hydraulic characteristics of floor convectors with free convection	303
Kodylev A.V., Lozinov A.N., Sadykov R.A. Installation for convective drying loose and dispersed construction materials	308
WATER SUPPLY, SEWERAGE, WATER CONSERVATION CONSTRUCTION	
Andreeva S.A., Khuziakhmetova K.R. Catalytic methods of wastewater treatment from the production of styrene and propylene oxide at the operating enterprise	315
Busarev A.V., Sheshegova I.G., Sundukova E.N., Garifyanova G.R. Some aspects of the use of small-sized installations for purification of tap water	320
Urmitova N.S., Abitov R.N. Motion of a viscous liquid in the pores of the coarse granular coalescing nozzle with a nonlinear resistance law	327
BUILDING MATERIALS AND PRODUCTS	
Galautdinov A.R., Mukhametrakhimov R.Kh. Improving water resistance quality of gypsum cement-pozzolan binder based on low-strength gypsum	333
Ermilova E.U., Kamalova Z.A., Gilfanov R.M. The research of influence of complex additives based on of calcined clays and carbonate fillers on properties of blended cement	344
Ermilova E.U., Kamalova Z.A., Rakhimov R.Z., Khantimirov A.G., Gabbasov D.A. The research of the influence of carbonate additives on the physico-mechanical properties of the blended cement	351
Islamov A.M., Gabbasov D.A., Khantimirov A.G., Khozin V.G., Abdrahmanova L.A., Nizamov R.K. Wood-polymer composites based on polyvinylchloride modified by amorphous silica	359
Medyanik Y.V. Properties of plaster solutions with sludge waste additives from thermal power plants	365
Morozov N.M., Borovskich I.V., Galeev A.F. The influence of sand on properties of fine-grained concrete	370
Morozov N.M., Galeev A.F. The role of superplasticizers in the formation of self-compacting concrete strength	376
Mukhametrakhimov R.Kh., Galautdinov A.R., Lukmanova L.V. The effects of plasticizers on the basic properties of the gypsum cement-pozzolan binder based on low branded gypsum and technogenic raw materials	382
Rakhimov R.Z., Rakhimova N.R., Gaifullin A.R., Morozov V.P. Dehydration of the clays of the different mineral composition at calcination	388
Faizrakhmanov I.I., Khaliullin M.I., Leklou A.-N., Amiri O. Use the fine screenings of concrete waste in a cement composition for producing mortar	395
Sharipov B.F., Abdrakhmanov L.A., Artamonov A.V., Garkavi M.S., Nefedev A.P., Nemykh G.A. The influence on the properties of metal hydroxides PVC-composition	402
Shelikhov N.S., Zareznov D.A., Sagdiev R.R. Modification of hydraulic binders low temperature burning	409
CONSTRUCTION TECHNOLOGY AND ORGANIZATION	
Ibragimov R.A., Bogdanov R.R., Shebanova S.N. The analysis of modern technological concepts of flooring the industrial building	416
Ibragimov R.A., Salimova G.R. Analysis of the duration of the construction of modern large-panel residential buildings in Kazan	422
Kokliugina L.A., Kokliugin A.V., Shilova E.A. The problems of planning and works organization for capital repair and reconstruction	428
Ladnushkin A.A. Technology of without crane installation at overhaul and upgrade towers CHP	433
Mavlyuberdinov A.R., Biruleva D.K. Operation of overhead crane tracks in enterprises the construction industry	439
Mudrov A.G. A method and apparatus for making colored concrete	444
Semenov D.A., Vahrushev S.I. Method of selection of the dredger for dredging sand and gravel from the bottom of the River Kama	451
Khuziakhmetov R.A., Khuziakhmetova K.R., Sharapova N.B. Ensuring increase in level of safety of work at the organization and performance of construction works	459
ROADS, SUBWAYS, AIRPORTS, BRIDGES AND TUNNELS DESIGN AND CONSTRUCTION	
Bulanov P.E., Mavliev L.F., Vdovin E.A., Zaharov V.V., Gimazov A.R. The investigation of the effect of polycarboxylate superplasticizer on the physical and strength properties of clay soils with different mineral composition	469

Ilina O.N., Ilin I.B., Akhmetzyanov D.I., Karimov S.A., Avtonomov A.Y. The device of the experimental section of the road c using the method developed disposal of oil sludge	477
Loginova O.A. Roads of Japan	481
CONSTRUCTION MECHANICS	
Makhmutov M.M., Sakhapov R.L., Zemdikhanov M.M. Direct and inverse problem of kinematic accuracy of industrial robots	485
Khamitov T.K., Fatykhova R.R. On stability of elastic-plastic cylindrical shell under longitudinal impact	490
Rules of representation of materials for the publication in scientific journal «Kazan State University of Architecture and Engineering news»	497

УДК 712.253.03
Балабанова Ю.П. – кандидат архитектуры, старший преподаватель
E-mail: julbalabanova@mail.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

Комплексные научные исследования объекта культурного наследия – ансамбль «Усадьба Татищева, I пол. XVIII в.»

Аннотация

В статье отражены выводы по комплексным научным исследованиям о возникновении и развитии исторического усадебного ансамбля «Усадьба Татищева, I пол. XVIII в.», расположенного в Солнечногорском районе Московской области. Комплексные научные исследования легли в основу разработки предмета охраны объекта культурного наследия, предложения по приспособлению и воссозданию исторического усадебного ансамбля, выполнения выпускной квалификационной работы.

Ключевые слова: усадебный ансамбль, усадебный главный дом, усадебный парк.

Ансамбль «Усадьба Татищева, I пол. XVIII в.» является объектом культурного наследия федерального значения. Усадьба Татищева, I пол. XVIII в. – одна из старейших в Подмосковье, уникальный объект, расположенный в селе Болдино, в северо-западном направлении от города Москвы, по Ленинградскому шоссе, в 12 км от города Солнечногорск Московской области. На данный момент от некогда былого великолепия усадебного ансамбля осталось три здания в руинированном состоянии, заросший регулярный парк, который мало отличим от леса, частично сохранены водоемы, полностью утрачены хозяйственные зоны, скотный двор. На первый взгляд элементы усадебного ансамбля практически все утрачены.

Еще в сер. XX века хорошо читалась планировочная структура всего усадебного ансамбля, которая включала усадебные постройки, парадный двор, регулярный парк, копаные и проточные пруды, хозяйственные зоны, граничные валы, дамбы и граничащие с усадьбой исторические деревни Леонидово и Муравьево с историческими подъездными дорогами.

В 1981 году Министерством культуры РСФСР были составлены паспорта на три здания, парк и ансамбль. В 1995 году был составлен проект зон охраны памятника истории и культуры усадебно-паркового ансамбля – Болдино, усадьба Татищевых, XVIII-XIX вв., но не был согласован и принят к реализации. В 2011 году были разработаны и реализованы противоаварийные работы по сохранению объекта культурного значения – Усадьба Татищева «Болдино» – главный дом, служебный корпус «конюшня», флигель. Паспорт, составленный на ансамбль в 1981 г., является не полным, т.к. на тот момент были малоизученны архивные документы и по сути он составляет фиксацию территории на 1981 год и основной упор в документе сделан на сохранившиеся три здания. Тем самым, можно сказать, что ранее исследовательские и проектные работы велись только по зданиям усадебного ансамбля, т.е. исследования по территории усадебного ансамбля «Усадьба Татищева, I пол. XVIII в.», как единого целого, состоящего из разных элементов, проведены впервые.

Комплексные научные исследования по усадебному ансамблю Татищева, I пол. XVIII в. включили в себя всестороннее изучение объекта, на основе анализа историко-архивных, картографических, иконографических, библиографических источников и натурных, ландшафтных исследований. По результатам комплексных научных исследований составлены обобщенные исторические данные.

Обобщенные исторические данные и выводы по комплексным научным исследованиям

Усадебный ансамбль связан с имением основоположника русской историографии политического и общественного деятеля I пол. XVIII в., сподвижника Петра I, Татищева Василия Никитича (1686-1756 гг.). В 1746 году В.Н. Татищев был сослан в село Болдино,

где прожил до конца жизни и похоронен на Рождественском погосте [2]. Более подробно о владельцах, исторических событиях, культурологических аспектах связанных с ансамблем «Усадьба Татищева, I пол. XVIII в.» рассмотрено ранее в статье: «Болдино – подмосковный дворец в стиле барокко – здесь завершилась история одного из Рюриковичей и создана «история российская» [1].

Элементы предшествующего усадебного ансамбля, которые органично вписались в новый ансамбль 1780-х годов, частично сохранились в северо-западной части земельного участка – два копаных водоема и между ними насыпная дамба-аллея. Сохранились фундаменты церкви погоста Рождество и партер перед ней. Усадебный ансамбль «Усадьба Татищева, I пол. XVIII в.» 1780-х годов сохранился в следующем объёме: главный дом, конюшня, восточный флигель, и регулярный парк, расположенный на вершине покатого холма и развернутый к большому проточному пруду. Планировочная структура усадебного ансамбля – центрально-осевая. Главным ядром планировочной структуры ансамбля является парадный двор, который имеет симметричную посадку зданий по его периметру. Парадный двор практически замкнут зданиями со всех сторон, разомкнут только для ворот дорог-подъездов. Подъезды к парадному двору осуществлялись по центру северной линии построек прямая дорога, идущая от центра главного дома по направлению к деревне Шахматово и с юго-восточного и юго-западного углов парадного двора. Исторические границы усадебного ансамбля составляют 8,4 га. Вся территория усадьбы была ограничена межевыми земляными валами с древесной обсадкой лип и елей, которые устроены в XVIII-XIX вв., по границам территории ансамбля достигают 1-2 метров высоты. Так же частично сохранились земляные валы внутри усадебного ансамбля, ограждающие центральное ядро усадьбы – жилую зону.

Усадебный ансамбль Татищева I пол. XVIII в. и окрестностей представляет собой завершенную картину рукотворной природы, её чистый и благодатный мир. Пейзаж воспринимается как целостное явление, естественная изысканность деталей пейзажа выражает состояние гармонии. Месторасположение усадебного ансамбля очень живописное, рельеф холмистый, открытий. Главный дом, парадный двор, здания и регулярный парк расположены на одном холме. Живописные панорамы усадебных строений, регулярного парка с партером, каскада проточных прудов раскрываются с южной стороны территорий усадебного ансамбля, от деревни Леонидово и с исторических подъездов. С лучшей видовой точки – вершины противоположного холма усадебного дома, а, т.е. с юга, раскрывается панорама болдинского парка, с партером в центре, парковым массивом с окаймляющими их полянами от бывших фруктовых садов, ограниченными аллеями и обвалованием, сходящимися к главному дому в виде трапеции.

На территории усадебного ансамбля хорошо согласованы между собой все элементы: здания, служебные постройки, регулярный парк, водоёмы, исторические деревни Леонидово и Муравьево, окружающие леса, видовые раскрытия и панорамы. К сожалению, автор проекта строительства усадебного ансамбля не выявлен. Подъезды к парадному двору усадебного ансамбля были по Дулеповской и Вертлинской дорогам через ворота ограждения, которые примыкали к боковым фасада главного дома. На территорию усадебного ансамбля был еще один въезд – северный, который ориентирован по оси на главный дом. Северный подъезд проходил мимо служебных, хозяйственных сооружений и соединял усадебный ансамбль с расположенным в одном километре к северу от нее летним жилым комплексом в деревне Шахматово, а также с церковью и кладбищем на Рождественском погосте. Особенностью усадебного ансамбля, можно выделить то, что наиболее часто используемые подъезды находились под углом к главному дому: с запада – дороги из деревни Дулепово, с юга от Вертлинской дороги, через дамбу и парк (рис. 1).

На данный момент от усадебного ансамбля, некогда занимавшего большое пространство, сохранились только руины главного дома, флигеля и конюшни XVIII в., значительно заросший парк, изменившиеся пруды. Некогда усадебный ансамбль был значительнее и более развит. Было очень много построек – жилые, служебные, хозяйственные. Парк имел помпезный и одновременно естественный облик, прилегающие территории к усадьбе были ухожены и не напоминали дремучий лес.

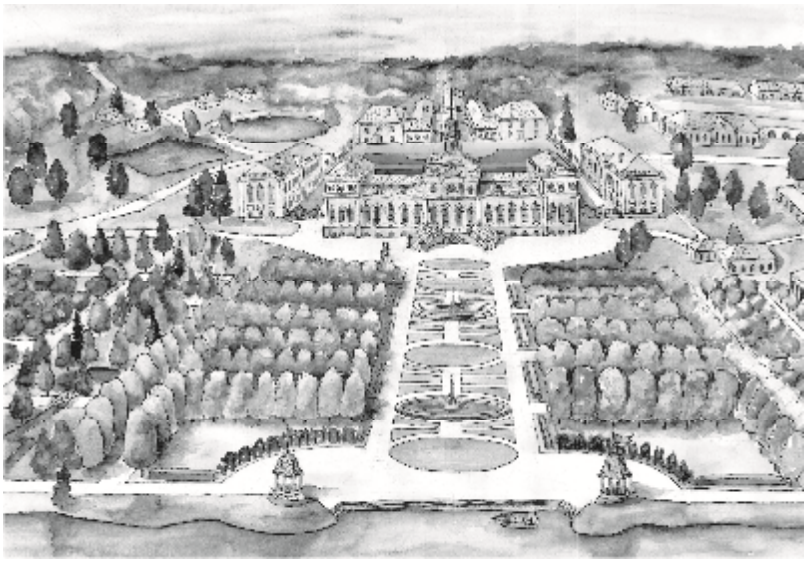


Рис. 1. Графическое воссоздание усадебного ансамбля «Усадьба Татищева, 1-я пол. XVIII в.» на основе комплексных научных исследованиях.
Вид на главный усадебный дом от нижнего проточного пруда (автор акварели Новиков С.В.)

Усадебный ансамбль условно делился на зоны: 1) копаные пруды (фрагмент более ранней планировочной структуры); 2) парадный двор; 3) парк; 4) окружение центрального жилого ядра – проточные пруды с деревнями и ограждающим лесным массивом; 5) хозяйственный и скотный дворы.

1) Копаные пруды, которые частично сохранились в северной части усадебного ансамбля, являются элементами первоначальной планировочной структуры, созданной еще при Татищеве В.Н. в I пол. XVIII века. Тем не менее, два копаных пруда и дамба между ними с остатками деревьев органично вписались в усадебный ансамбль, созданный в 1780-х годах. В этом месте, первоначально располагался деревянный главный дом Татищева В.Н. В архивном документе нач. 1780-х годов, когда существующий усадебный ансамбль еще не был возведен, упоминается «дом господский деревянный и при нем сад регулярный с плодовыми деревьями» [3, 7]. Первоначально в этой части ансамбля располагался и парк, пейзажной планировочной структуры.

2) Парадный двор – центральное ядро усадебного комплекса, ограничен земляным валом с обсадкой лип с двух сторон. Парадный двор имел симметрично-осевую композицию. На одной композиционной оси расположены – главный дом, служебные постройки, хозяйственные флигели. Главный дом по форме «покоя» является главным сооружением усадебного ансамбля, ему подчиняются все прочие здания и постройки. Торец сохранившегося восточного флигеля продолжает линию торца бокового фасада главного дома. Симметрично относительно главного дома располагался, и утраченный западный флигель. Торец конюшни, стоящей напротив главного дома, продолжает линию дворового фасада флигеля. Тем самым фасады и торцы зданий формируют границы парадного двора. На северной стороне парадного двора располагалось еще несколько построек вдоль дороги. Тем самым, парадный двор практически замкнут со всех сторон. Разомкнут только воротами по бокам и по центру с севера, там, где имел подъезды.

3) Парк. Регулярный парк разбит в 1780-1790 гг., при Татищеве Е.В. (сын Татищева В.Н.), одновременно с возведением служебных и хозяйственных построек, сформировавших парадный двор [8]. Один из старейших усадебных парков Подмосковья является примером регулярного паркостроения переходного периода эпох барокко и классицизма. С усадебными строениями составляет единый ансамбль. Регулярный, строго симметричный, характерный для эпохи барокко, липовый парк усадьбы расположен на покатом склоне холма, спускающегося от главного дома к речке Желидовке, на которой устроен каскад из двух проточных прудов. Регулярный парк – имеет строго симметричную композицию с открытой перспективой партера, террасами

спускающегося к проточному пруду. Первоначально регулярный парк включал открытые пространства, поляны, расположенные вдоль основных аллей, газоны различной формы, окаймленные рядами растительности. По мере движения по террасам паркового партера от проточного пруда открываются все новые виды на главный дом. Через ступенчатый партер от главного дома эффектно воспринимается водная гладь вытянутого с востока на запад огромного проточного пруда и находящаяся на другом берегу деревня Леонидово.

В описи имения 1825 года зафиксировано следующее: «Сад регулярный с аллеями, две оранжереи на каменном фундаменте» [9]. В позднем документе 1861 года встречается такая запись: «проходить через Господский сад, Вавилоны крестьянам деревень Леонидовой и Муравьевой воспрещается» [10]. Под «вавилонами» имеются в виду, спиралевидные, дорожки на насыпных горках у декоративных пристаней, напоминающие лабиринт. На данный момент, заросшие и оплывшие они частично сохранены.

Парковый партер, спускающийся ступеньками от главного дома усадебного ансамбля до пруда, включал в себя пять террас, пересекающихся с поперечными дорожками парка. Партер парка имел открытую перспективу, расширяющуюся к проточному пруду, где завершением служили «вавилоны» (земляными горками с бутовым камнем). Каждая терраса партера открывает новые видовые раскрытия главного дома и новые видовые раскрытия парка. От главного дома усадебного ансамбля открывается живописный вид на проточный пруд и деревню Леонидово.

Не смотря на сильно заросший парк, по фрагментам рядовых посадок лип еще можно проследить направления утраченных поперечных дорожек ступенчатого партера. Так же четко проглядывается геометрическая сетка аллей прямоугольного участка, расположенного к западу от партера.

Регулярный липовый парк усадебного ансамбля сформирован из старовозрастных деревьев, преимущественно из лип мелколистных. Присутствуют так же – береза плакучая, дуб черешчатый, ясень обыкновенный, ель – эти деревья являются представителями видов местной флоры. Возраст лип достигает 200 лет, берез 150. Данные сохранившиеся деревья можно считать «опорными» и они еще пока закрепляют первоначальную планировочную разбивку парка. Встречаются густые заросли кустарников – акация желтой. Среди насаждений усадебного ансамбля выявлен пока только одни экзотический вид [9].

На данный момент в парке утрачено около 50 % первоначальной крупномерной растительности. Значительно пострадали растения вдоль поперечных аллей ступенчатого партера и западная часть парка. Первоначальные липы погибают. Полностью утрачены цветники, партерные насаждения, фруктовые сады, оранжереи, архитектурные завершения пристаней и парковые сооружения.

Диссонансными, искажающими исторический и художественный облик усадебного регулярного парка являются поздние насаждения – как искусственного, так и естественного происхождения – борщевик, самосев, поросль. Поздняя растительность исказила объёмно-пространственную композицию насаждений парка и нарушила визуальные связи, а заросли борщевика вытесняют исторические посадки.

4) Окружение центрального жилого ядра – проточные пруды с деревнями и ограждающим лесным массивом. Неотъемлемой органической частью усадебного ансамбля с центральным ядром и парком, безусловно, является окружающий природный ландшафт в окрестностях – луга на пологих взгорках, речка Желидовка, опушки ближних лесов, сами леса. С южной стороны усадебного ансамбля интересен проточный пруд со сложной системой дренажных каналов между двух протоков речки Желидовки с небольшой дамбой, с рядовыми посадками деревьев по нему. Верхний проточный пруд – 170-180 на 500 м. и нижний проточный пруд 100-150 на 900 м. Берега проточных прудов имеют густые заросли осоки и камыша. На дамбе между верхним и нижним проточными прудами высажена роскошная аллея лип. Основные береговые посадки в усадебном ансамбле следует отнести к сер. XIX в. Нижний проточный пруд за главной дамбой и «оазисом» – гидропарком, свободных живописных очертаний с островом и небольшими группами деревьев, производит достаточно убедительное впечатление натурального пейзажного парка, контрастного основной регулярной планировочной структуре

ансамбля. Липовая аллея, высаженная вдоль исторической восточной хозяйственной дороги усадебного ансамбля, относится к нач. XX в.

5) Хозяйственный и скотный дворы были расположены с северо-восточной стороны относительно главного дома усадьбы, на данный момент они полностью утрачены. Их местоположение мы можем определить только по описям архивных документов. Хозяйственный и скотный дворы были возведены в 1780-1790 гг. Планировочная структура не установлена. Здания хозяйственного и скотного дворов имели не регулярный характер посадки на территории. По описям известно, что там располагались конный двор, псярня, мельница, пивоварня и избы крестьян, обслуживающих хозяйственный скотный дворы. Так же там располагались хозяйственные водоемы и бани [7, 8, 9, 10].

Комплексные научные исследования позволили разработать **предмет охраны объекта культурного наследия федерального значения: «Усадьба Татищева, I пол. XVIII в.»**, по адресу Московская область, Солнечногорский район, с. Болдино (рис. 2):

Исторические границы усадебного ансамбля площадью составляют 8,4 га.

Рис. 2. Схема предмета охраны усадебного ансамбля «Усадьба Татищева, I пол. XVIII в.»

Рельеф территории усадьбы:

– Рельеф окружающий усадебный ансамбль холмистый, но без резких перепадов и склонов, пейзаж открытый.

– Неотъемлемой органической частью усадебного ансамбля является характерный природный ландшафт в окрестностях – луга на пологих взгорках, речка Желидовка, леса.

– Рельеф усадебного ансамбля с северо-запада на юго-восток пологий и характеризуется общим уклоном от въезда на территорию (с перекрестка дорог на Дулепово, Рождественский погост и к деревне Шахматово) к проточным прудам на р. Желидовке.

– Наиболее интересные, важные и эффективные видовые раскрытия, панорамы усадебного ансамбля, как прямые, так и обратные (комплекса зданий и строений, регулярного парка, окружающих лесов, каскада проточных прудов) раскрываются с южной стороны, с холмов, от деревни Леонидово, с исторических дорог и подъездов, партера и с западной стороны копаных прудов. В том числе с главного въезда на территорию усадьбы на парадный двор с главным домом по центру.

Композиционная и планировочная структура усадебного ансамбля:

Местоположение и объемно-пространственная композиция усадебного ансамбля – строения, парк, пруды копаный и проточные, хозяйственные зоны в сочетании с окружающими лугами, лесами и историческими деревнями Муравьево и Леонидово. Усадебный ансамбль имеет симметричную, центрально-осевую планировочную структуру. Главный дом представляется важнейшим зданием усадебного ансамбля, относительно которого остальные здания и строения играют роль сопровождения. На территории усадебного ансамбля согласованы все элементы: здания, постройки, регулярный парк, водоемы, исторические деревни Муравьево и Леонидово, видовые раскрытия панорам. Ось композиции усадебного ансамбля начинается с перекрестка исторических дорог к деревням Шахматово, Дулепово и Рождественский погост и далее проходит с северо-запада на юго-восток через подъездную аллею и замкнутый парадный двор к центру главного дома. Далее, вниз по рельефу от главного дома к проточному пруду, через регулярный липовый парк на протяжении от дома к пруду ось композиции усадебного ансамбля поддерживает центральный партер. Все элементы усадебного ансамбля имеют четкую симметричную расстановку относительно центральной оси – подъездная аллея с двухрядной обсадкой деревьев, служебные постройки парадного двора, партер, регулярный парк, «Вавилоны».

Объекты культурного наследия:

1. Объект культурного наследия федерального значения Усадьба «Татищева» – главный дом, I пол. XVIII в. Московская область, Солнечногорский район, с. Болдино.

2. Объект культурного наследия федерального значения «Усадьба Татищева, I пол. XVIII в.: Служебный корпус». Московская область, Солнечногорский район, с. Болдино.

3. Объект культурного наследия федерального значения «Усадьба Татищева, I пол. XVIII в.: Флигель». Московская область, Солнечногорский район, с. Болдино.

4. Объект культурного наследия федерального значения «Усадьба Татищева, I пол. XVIII в.: Парк с прудом». Московская область, Солнечногорский район, с. Болдино.

4.1. Регулярный парк, липовые аллеи XVIII–XIX вв. Регулярный парк расположен со стороны юго-восточного фасада главного дома. Планировочная структура парка подчиняется центрально-осевой композиции усадебного ансамбля. Регулярный парк – имеет строго симметричную композицию с открытой перспективой партера, спускающегося от главного дома к проточному пруду. По мере движения по ним от проточного пруда открываются все новые виды на главный дом. Композиционная целостность регулярного парка в сочетании открытых и закрытых пространств в составе – насыпные валы (верхняя терраса парка, примыкающая к главному дому), линейные посадки вдоль аллей парка, партер, насыпные горки («Вавилоны»). Дорожки регулярного липового парка располагались с юго-восточной стороны относительно главного дома. Аллеи подчинялись центрально-осевой композиции и планировочной структуре усадебного ансамбля. Продольные аллеи параллельны центральной композиционной оси усадебного ансамбля, поперечные аллеи перпендикулярны.

4.2. Партер XVIII-XIX вв. Партер расположен со стороны юго-восточного фасада главного дома, и простирается от главного дома до проточного пруда через весь регулярный парк, который не засажен деревьями и кустарниками.

4.3. Местоположение «Вавилонов» – насыпные забутованные земляные горки XVIII-XIX вв. «Вавилоны» расположены с юго-восточной стороны относительно главного дома, расположены на месте стыка партера и проточного пруда.

Элементы территории и ландшафта усадебного ансамбля:

5. Земляные валы и рвы XVIII в. Рвы расположены с северо-западной стороны относительно главного дома на расстоянии 250 метров. Рвы служат предметом ограждения территории усадебного ансамбля и расположены вдоль дороги по направлениям к деревне Дулепово и Рождественский погост, расположенные перпендикулярно центральной композиционной оси. Земляные валы, как предмет ограждения территории жилой зоны усадебного ансамбля параллельны центральной композиционной оси усадебного ансамбля, простираются от северо-западной дороги от

дорог на Дулепово и Рожденственский погост до проточных прудов. Валы по границам центрального ядра усадебного ансамбля расположены с юго-западной и северо-восточной сторон относительно главного дома на расстоянии 160 метров.

6. Водоемы:

6.1 Два копаных пруда нач. XVIII в. – элементы первоначальной планировочной структуры усадебного ансамбля В.Н. Татищева I пол. XVIII в., которые вошли в ансамбль созданный в 1780-х годах. Сохранились в северо-западной части земельного участка усадебного ансамбля. Расположены с юго-западной стороны относительно главного дома на удалении 80 метров.

6.2 Проточный пруд кон. XVIII в. Проточный пруд расположен с юго-восточной стороны относительно главного дома, за регулярным парком усадебного ансамбля на р. Желидовка.

7. Замкнутый парадный двор XVIII-XIX вв. Центральное ядро усадебного ансамбля – парадный двор, с симметричной посадкой зданий. Замкнутый парадный двор формируют главный дом и служебные постройки усадебного ансамбля, расположенные симметрично. Замкнутый парадный двор прямоугольной формы ориентировочной площадью 5500 м², имел прямую дорогу в центре северной линии построек и подъезды по бокам – юго-восточного и юго-западного углов.

8. Деревья на территории усадебного ансамбля, возрастом более 50-200 лет. Деревья возрастом более 50 лет в основной массе расположены на территориях – регулярного парка, рядом с копаными прудами и вдоль земляных валов. Линейные посадки деревьев вдоль земляных валов, которые, в основной массе, расположены на территории с юго-западной стороны, относительно главного дома за земляным валом. Основной видовой состав деревьев представлен следующими: липа мелколистная (200 лет), береза (150 лет), дуб (150-200 лет), ясень обыкновенный, ель обыкновенная.

9. Сохранившиеся исторические дороги, подъезды к усадебному ансамблю XVIII-XIX вв. Исторические дороги вокруг усадебного ансамбля с севера на юг относительно главного дома по направлениям – на Рождественский погост, на Вертлино, д. Леонидово, на Дулепово, на Шахматово.

Утраченные элементы усадьбы:

10. Местоположение утраченных исторических служебных построек, формировавших парадный двор и усадебный ансамбль. Исторические служебные постройки располагались со стороны северо-западного фасада главного дома. Располагались симметрично, подчиняясь центрально-осевой композиции усадебного ансамбля, вместе с главным домом формировали замкнутый парадный двор.

11. Утраченные исторические дороги. Дорога, проходившая через замкнутый парадный двор усадебного ансамбля на юго-запад от главного дома на Дулепово и на северо-восток от главного дома на Воробьево. Дорога, проходившая вдоль восточного земляного вала усадебного ансамбля, соединяла между собой направления на Воробьево и на Вертлино.

12. Утраченные пруды и водоемы. Пруды и водоемы имели хозяйственный характер, были расположены с восточной стороны относительно главного дома на территориях регулярного плодового сада, хозяйственного двора, скотного двора.

13. Местоположение утраченного хозяйственного двора XVIII-XIX вв. Первый хозяйственный двор располагался с северо-восточной стороны относительно главного дома, на расстоянии 140 метров от главного дома. С востока и запада был ограничен земляными валами с рядовой обсадкой деревьев, с севера рвом, с южной стороны примыкал к скотному двору. Второй хозяйственный двор располагался со стороны восточного фасада главного дома на расстоянии 40 метров. С севера примыкал к скотному двору и дороге на Воробево, с востока был ограничен земляным валом. С южной стороны примыкал к территории регулярного плодового сада. С западной стороны ограничен служебной постройкой, формировавшей парадный двор усадебного ансамбля.

14. Местоположение утраченного скотного двора XVIII-XIX вв. Территория скотного двора со строениями располагалась с северо-восточной стороны относительно главного дома на удалении 60 метров от главного дома. С западной стороны была

ограничена служебными постройками, формировавшими парадный двор усадебного ансамбля. С восточной стороны была ограничена рядовой посадкой деревьев и земляным валом. С южной стороны примыкал к дороге на Воробьево.

15. Местоположение утраченного регулярного плодового сада XVIII-XIX вв. Первый регулярный плодовый сад со строениями располагался с юго-восточной стороны относительно главного дома, занимал территорию от главного дома до проточного пруда между регулярным липовым парком и земляным валом. На удалении 70 метров от юго-восточного фасада главного дома. Второй регулярный плодовый сад располагался с юго-западной стороны относительно главного дома, занимал территорию от главного дома до проточного пруда между регулярным липовым парком и земляным валом. На удалении 100 метров от юго-восточного фасада главного дома.

Комплексные научные исследования позволили восстановить архитектурно-планировочную организацию усадебного ансамбля «Усадьба Татищева, I пол. XVIII в.» на различных этапах существования, в том числе разработать схему приспособления и воссоздания исторического усадебного ансамбля (рис. 3).

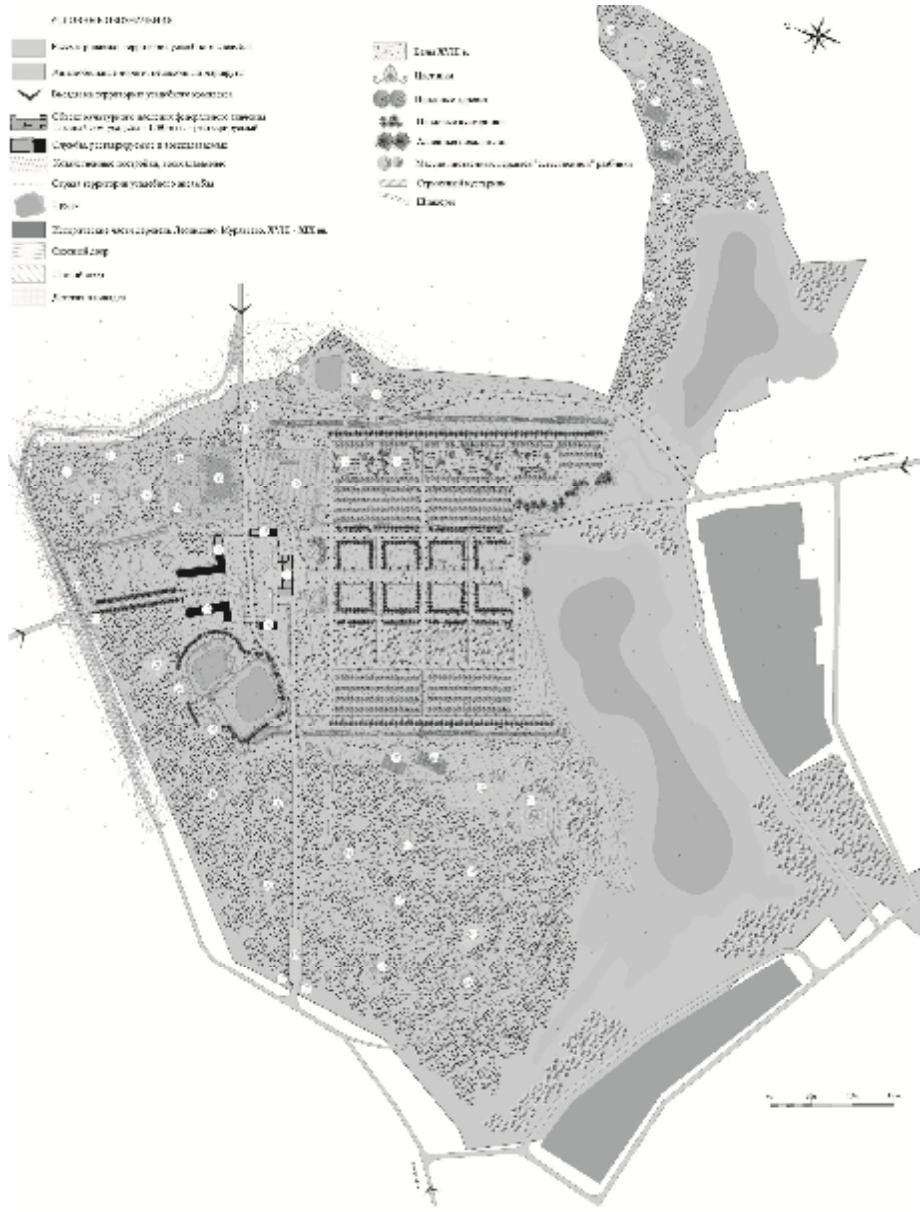


Рис. 3. Схема воссоздания и приспособления архитектурно-планировочной организации усадебного ансамбля «Усадьба Татищева, I пол. XVIII в.»

Схема воссоздания и приспособления архитектурно-планировочной организации усадебного ансамбля «Усадьба Татищева, I пол. XVIII в.» разрабатывалась на основе комплексных научных исследованиях. При реконструкции и воссоздании сохранена историческая осевая композиция в планировочной организации усадебного ансамбля. Предполагается реанимировать исторический парк, относящийся к «французскому» стилю устройства парков, где на месте утраченных лип, некогда формировавших регулярность парка, будут посажены новые. В том числе парк будет оснащен постройками – галереями, ротондами, беседками; малыми архитектурными формами – скульптурами, фонарями, садовой мебелью. На территории усадебного ансамбля предложено воссоздать парадный двор с зданиями, некогда формировавшие парадный двор, скотный двор, хозяйственный двор с пивоварней и мельницей, постоялый двор с избами и банями, конный двор. Помимо воссоздаваемых и реставрируемых строений на территории усадебного ансамбля планируется возвести развлекательные объекты: зеленый кабинет, зеленый театр, чайный домик, парковые павильоны и беседки, пункты проката лодок и катамаранов, велосипедов, спортивного инвентаря, оранжереи, зверинец-зоопарк, детскими и спортивные площадками с игровыми элементами свойственными кон. XIX-нач. XX вв. Основываясь на вышеизложенном, схема воссоздания и приспособления архитектурно-планировочной организации усадебного ансамбля учитывает историю места с учетом современных норм и требований. Основная направленность приспособления исторической территории усадебного ансамбля основывается на развитие туристических маршрутов по Подмосковью.

Комплексные научные исследования с исторической справкой применены в педагогической деятельности, где историческая справка послужила основой для выполнения выпускной квалификационной работы. А именно при выполнении бакалаврской выпускной квалификационной работы Гостевой Е.В. «Проект реставрации и приспособления объектов, входящих в ансамбль «Усадьба Татищева», первая половина XVIII века», выполненной под руководством доцента Васильевой Ю.В.

Список библиографических ссылок

1. Балабанова Ю.П., Новиков С.В. Болдино – подмосковный дворец в стиле барокко – здесь завершилась история одного из Рюриковичей и создана «история российская» // Мир искусств: вестник международного института антиквариата, 2015, № 02 (10), – С. 38-53.
2. Валк С.Н. В.Н. Татищев в своем Болдинском уединении. – Л.: Изд-во Ленингр. ун-та , 1971. – 271 с.
3. Нистрем К. Указатель селений и жителей уездов Московской губернии: Электронная версия. – М.: Типография ведомства Московской городской полиции, 1852. – 633с.
4. Полякова Г.А. Флора и растительность старых парков Подмосковья. – М.: Наука, 1992. – 225с.
5. РГАДА. План специального межевания с. Болдина. Экспликация, ф. 1854, оп. 253, ед. хр. В-22.
6. ЦГИА г. Москвы. Дело по прошению В.В. Татищева о разделе недвижимого имения, 1795г., ф. 100, оп. I, ед. хр. 150.
7. ЦГИА г. Москвы. Дело о даче военному советнику В.Е. Татищеву на залог его имения сельца Болдино свидетельства, 1805 г., ф. 100, оп. б, ед. хр. 82.
8. ЦГИА г. Москвы. Дело об учреждении опеки над имением В.Е. Татищева, 1819г., ф. 1316, оп. I, ед. хр. 476.
9. ЦГИА г. Москвы. Опись продаваемого с аукциона имения Татищева, находящегося в Клинском уезде, 1825 г., ф. 1872, оп. I, ед. хр. 4.
10. ЦГИА г. Москвы. Дело об опеке над наследным имуществом Татищева, 1827-1832 гг., ф. 1872, оп. I, ед. хр. I.

Balabanova Y.P. – candidate of architecture
E-mail: julbalabanova@mail.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Complex scientifical research of object of cultural heritage – the ensemble «Tatishchev Manor, the I half of the XVIII century»

Resume

This article draws conclusions about complex scientifical research on the origin and development of the historical manor ensemble «Tatishchev Manor, the I half of the XVIII century». Located in Solnechnogorsk district of the Moscow region, it is the object of cultural heritage of federal significance. Tatishchev Manor, the I half of the XVIII century – is the one of the oldest in Podmoskovye, it's a unique facility, located in Boldino village, in the north-west of the city of Moscow. At the moment, there are only three ruined buildings of the former glory of manor ensemble; an overgrown regular park, which differs little from the forest, ponds are partly preserved, household areas are completely lost and a farmyard. At first glance, the elements of the manor ensemble are almost lost. Historical data has been studied and summarized, and amounted to a brief historical summary. Complex research formed the basis for the development of the subject of protection of object of cultural heritage, the proposal for adaptation and reconstruction of historical manor ensemble and the performance of final qualifying work.

Keywords: manor ensemble, manor main house, manor park.

Reference list

1. Balabanova Y.P., Novikov S.V. Boldin – Moscow baroque palace – here ended the history of one of the Rurik, and established «Russian History» // World of Art: Gazette of International Institute of Antiques, 2015, № 02 (10). – P. 38-53.
2. Valk S.N. Boldin V.N. Tatishchev in his solitude. – L.: Publishing House of Leningrad University Press, 1971. – 271 p.
3. Nyström C. Pointer villages and districts of the Moscow province residents: Electronic version. – M.: Printing office of the Moscow city police, 1852. – 633 p.
4. Polyakova G.A. Flora and vegetation of the old park of Podmoskovye. – M.: Nauka, 1992. – 225 p.
5. Russian state archive of ancient documents. Plan with special surveying. Boldin. Legend, the fund in 1854, an inventory of 253, a storage unit B-22.
6. Central state historical archive in Moscow. The point on the petition V. Tatishchev's real estate section, 1795. f. 100, op. I, a storage unit 150.
7. Central state historical archive in Moscow. The thing about giving military adviser V.E. Tatischev to pledge his estate Boldino hamlet certificate, 1805, p. 100, op. b, a storage unit 82.
8. Central state historical archive in Moscow. The case for the establishment of the guardianship of the estate V.E. Tatishchev, 1819, F. 1316 Op. I, a storage unit 476.
9. Central state historical archive in Moscow. Inventory sold from the auction of Tatishchev estate located in the Klin district, 1825, p. 1872, Op. I, a storage unit 4.
10. Central state historical archive in Moscow. The case of custody of the crown property of Tatishcheva, 1827-1832, F. 1872, Op. I, a storage unit 1.

УДК 72.01
Денисенко Е.В. – кандидат архитектуры, старший преподаватель
E-mail: e.v.denisenko@bk.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1

Структурные аспекты в архитектуре XX-XXI вв.

Аннотация

Тенденции формирования архитектуры XX-XXI веков основаны на различных уровнях обращений к живой природе. Соответствие архитектурного объекта структурным аспектам характеризуется определением «явного» или «скрытого» транслирования связи со средой, природной формой, необходимых функций и процессов. Пространственный, контекстуальный, процессуальный и формообразующий аспекты в архитектуре организуют структурную систему, схожую с жизнедеятельностью (функционированием), формированием, взаимодействием со средой живого организма, что определяет разнообразие подходов к архитектурному проектированию по аналогии с природным миром.

Ключевые слова: аналогия природы и архитектуры, функциональность, интерпретация природных форм, контекстуализм, технологическое обеспечение.

«В условиях изменения климата, экологического и энергетического кризиса, при возросшей потребности в экоустойчивом развитии городов необходимо выработать такой подход к архитектуре и градостроительству, который будет адресован городу и отдельным зданиям как к комплексным интерактивным системам, взаимосвязанным и вступающим в симбиоз с природным окружением» [1].
Луиза Кокс, президент международного союза архитекторов

Тенденции развития современной архитектуры основаны на комплексном взаимодействии аналогии формирования архитектурного пространства и функционирования живой природы, их реализации с помощью возможностей технологического обеспечения. Данный подход в архитектурных проектах отражается на разных структурных уровнях и по-разному трактует архитектурное пространство. По мнению Ч. Дженкса здания Фрэнка Гери, Питера Эйзенмана и Даниэля Либескинда предвещают новую парадигму в архитектуре; проекты Рема Колхааса, MVRDV, Сантьяго Калатрава, Coop Himmelb(l)au и Нормана Фостера «балансируют на грани»; Заха Хадид, Эрик Мосс, группа Morphosis готовы к развитию новой философии; осваивают данную область группы ARM и LAB [2]. Несмотря на единые условия развития – временные, технические, пространственные, – архитекторы XXI века позиционируют различные подходы к формированию архитектурного пространства на основе различных уровней обращений к живой природе.

На основании анализа проектного материала (около 100 проектов) рассматриваемого среза архитектуры разработана классификация обращений к живой природе:

1. Внутреннее содержание, функциональность архитектурного пространства;
2. Интерпретация природных форм в архитектуре;
3. Взаимодействие архитектурного объекта с окружающим пространством;
4. Технологическое обеспечение, интеллектуальность архитектурного пространства.

Вышеперечисленные обращения к живой природе в формировании архитектурного пространства трактуется как структурный аспект в архитектуре: пространственный, формообразующий, контекстуальный и процессуальный аспекты.

Пространственный аспект отображает смысловое содержание архитектурного пространства. Данный аспект выражен в архитектурных проектах П. Эйзенмана, Д. Либескинда, Г. Линна, FOA, Р. Роджерса.

Питер Эйзенман философствует о понимании пространства как о процессе или игре, способного к самостоятельному развитию отдельно от человека; архитектура Даниэля Либескинда основана на ритмичном чередовании насыщенных и пустых пространств [3]. Иное осмысление пространства и формы поддерживает Грег Линн. Экспериментатор блоб-направления выявил «принципы формообразования: bleb (пузырь), blob (блоб), fold (складка), flower (цветок), shred (лоскут), branch (ветвь), skin (кожа), strand (переплетение), teeth (зубы), lattice (пространственная решетка)» [4]. В направлении внедрения процессов в архитектуру через морфогенетические и эволюционные принципы конструкции работает FOA. Формализм блоб-архитектуры дополняется информативностью, осмыслением и функциональностью блоб-пространства. Архитектурные проекты Ричарда Роджерса отражают идею взаимосвязанности и взаимозависимости формы-функции с позиции утилитарности (пространственности), что свидетельствует о его приверженности к «рационально обоснованной архитектуре» [5] (рис. 1).

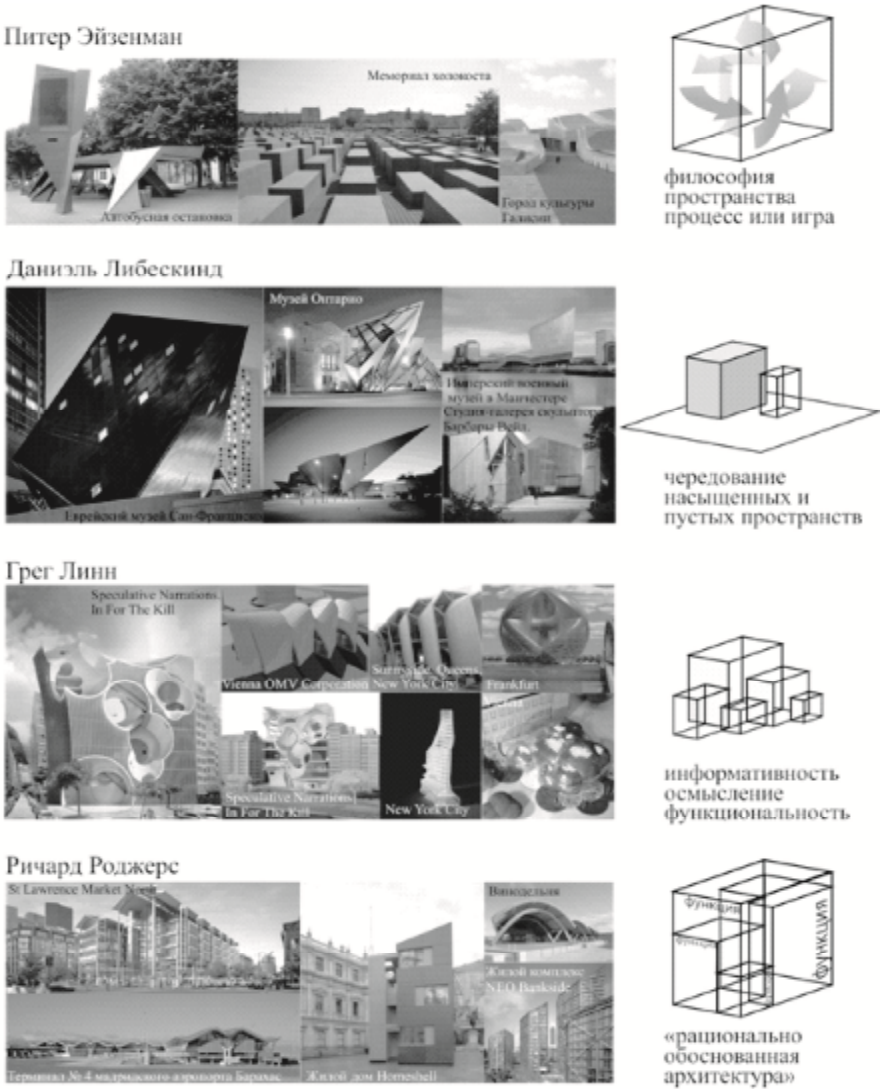


Рис. 1. Пространственный аспект в архитектуре XX-XXI вв.

Формообразующий аспект характеризуется интерпретацией природных форм, полученных с помощью компьютерных манипуляций и расчетов. Данный аспект выражен в архитектурных проектах Ф. Гери, С. Калатрава, З. Хадид. Архитектура Фрэнк Гери сформирована масштабной скульптурной композицией; Сантьяго Калатрава выражает метафору природной стихии в архитектурных «экзоскелетах»; творения Захи Хадид тяготеют к абстрактной пластичной форме (рис. 2).

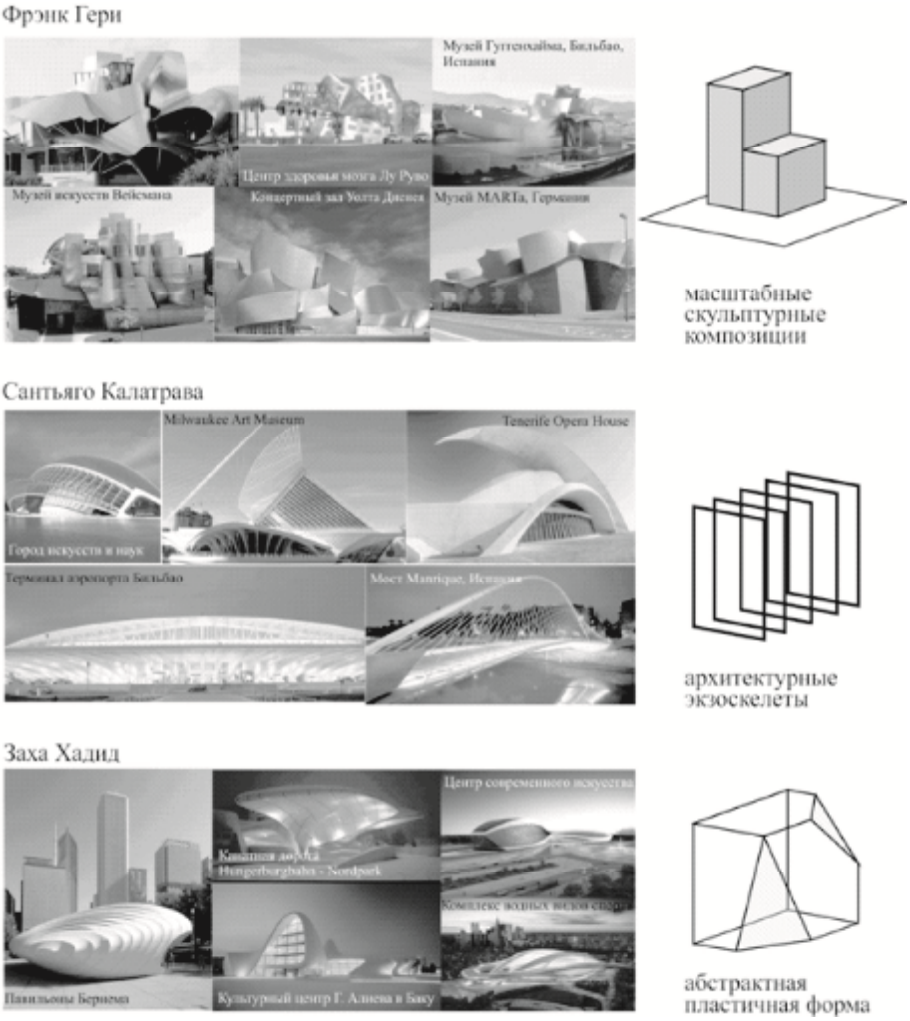


Рис. 2. Формообразующий аспект в архитектуре XX-XXI вв.

Контекстуальный аспект отражает степень и характер взаимодействия объекта с окружающей средой (городом, природной средой). Данный аспект выражен в архитектурных проектах Р. Колхаса, Р. Пияно, К. Янга, Н. Гримшоу. Контекстуальный аспект обозначен в архитектуре Рема Колхаса в культурной (социальной) и средовой конфигурациях. Намек на природное олицетворение проектов символизирует интеграцию архитектуры и среды [6]. По мнению Ренцо Пиано архитектура должна следовать принципу гармонии контекста и объекта; учитывать «технологический, экологический, и социальный аспекты» [7]. Кен Янг воссоздает «живую систему» объекта, функционирующего подобно «природным экосистемам», с помощью «биоклиматического подхода». Использование экологических и энергосберегающих принципов содействует организации интерактивно взаимодействующих с контекстом архитектурных сооружений. «Зеленая эстетика», по мнению архитектора, – это «технологическая и эстетическая задачи» [8]. Принципы архитектуры Николаса Гримшоу выражают комплексный подход архитектора к вопросам формообразования, экологии и контекста. Они заключаются в использовании аналогии «здания как организмов», способных к изменениям («гибкость»), ответственности за сохранение окружающей среды – минимизации ущерба для природы и соответствие «зеленым стандартам» [9]. Паоло Солери в основу концепции «аркологии» («архитектура и экология») [10] заложил аналогии природных характеристик и процессов [11] (рис. 3).

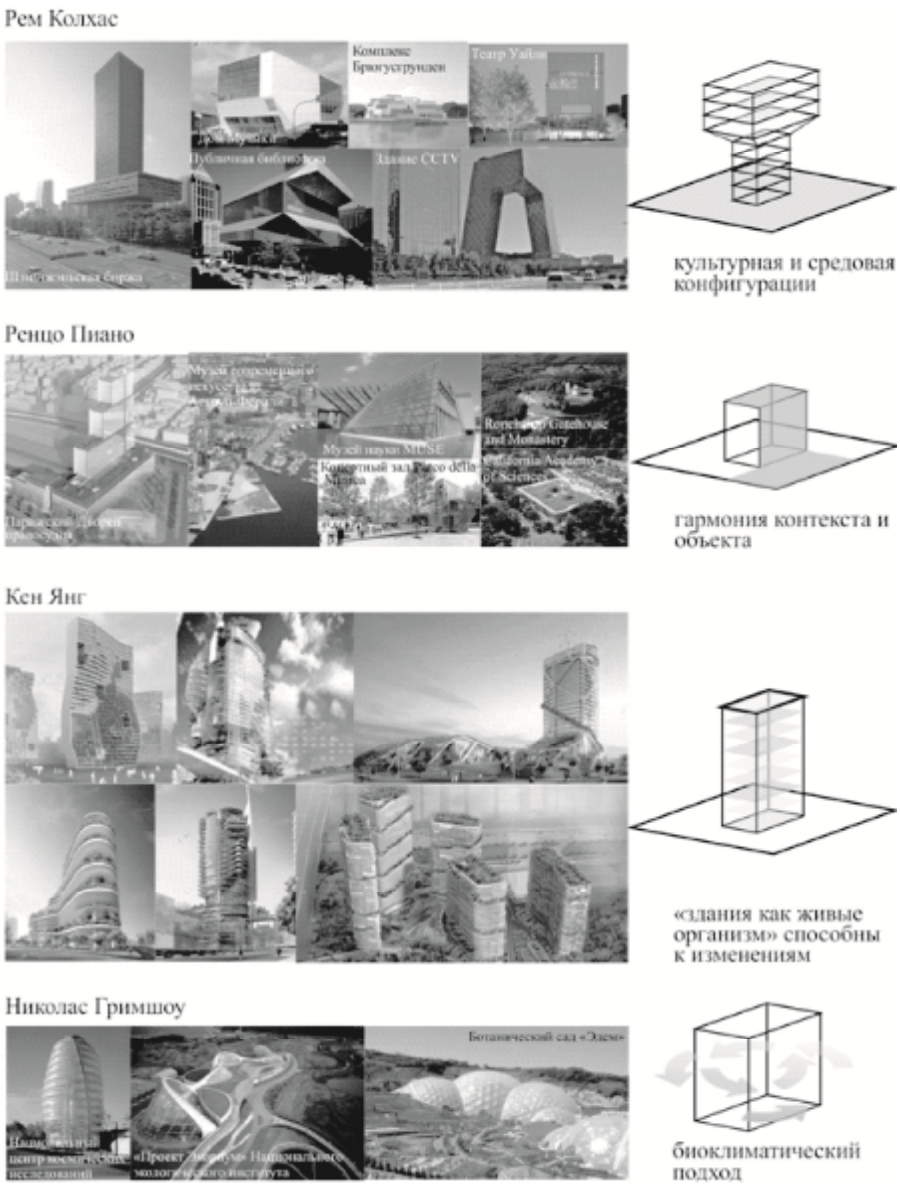


Рис. 3. Контекстуальный аспект в архитектуре XX-XXI вв.

Процессуальный аспект основан на внедрении технологических разработок и программного метода проектирования; формирование архитектурного пространства в соответствии с готовой программой его функционирования и «потребления» пространства человеком. Данный аспект выражен в архитектурных проектах групп MVRDV и Coop Himmelb(l)au, П. Цумтора и Н. Фостера. Голландская группа MVRDV стремится к практической реализации методических исследований и междисциплинарного подхода. По их мнению, «архитектура – это деятельность намного более широкая, чем просто возведение сооружений» [12]. Их проекты сочетают насыщение пространства информацией, комплексный учет факторов, программный метод проектирования и сохранение природного резерва [13]. Проекты группы Coop Himmelb(l)au отличаются динамичностью и выполнены с мечтой о реализации фантастических проектов, преодолевающих традиционные представления о порядке и гравитации. Петер Цумтор «синтезирует архитектуру, дизайн» [14], среду и потребности человека (утилитарные и эстетические), принимая их за взаимодействующие части единого целого. Архитектор «философствует» и визуализируют мысль о содержании архитектуры и происходящей в ней процессах и ситуациях [14]. Несмотря на уверенную линию хай-тека Нормана Фостера с четкостью, строгостью и определенной сухостью

образных решений, в его проектах фиксируются экологичные дополнения с применением энергосберегающих технологий (эко-тек) [15] (рис. 4).

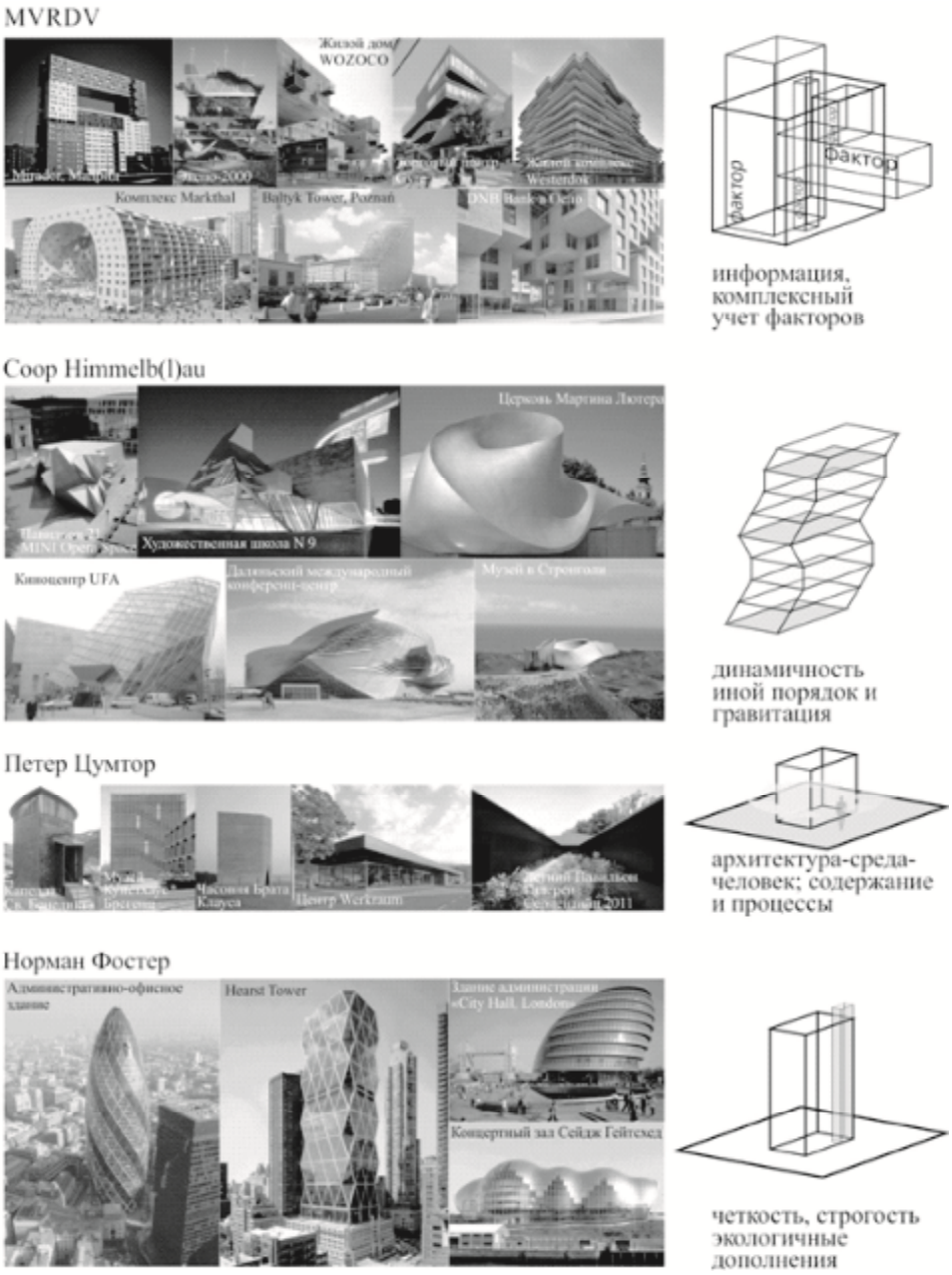


Рис. 4. Процессуальный аспект в архитектуре XX-XXI вв.

В проанализированных архитектурных проектах XX-XXI веков выявлены подходы к реализации структурных аспектов:

- пространственный аспект (внутреннее пространство). Концепция организации пространства, отражение внутренних свойств и потребностей; рациональность и логичность организации пространства внутри оболочки, возможность объединения или разделения пространства на функциональные блоки (зоны).

- формообразующий аспект (внешняя оболочка). Организация формы по виду и подобию живого организма (биообъекта) или его интерпретация; декоративность (пластичность), эмоциональность и экспрессивность форм.

- контекстуальный аспект (взаимодействие с природной средой). Взаимосвязь с окружением. Архитектура имеет несколько структурных связей с природой:

- принятие – слияние, растворение, поглощение, внедрение;

- равнозначное взаимоотношение – диалог;
- отрицание – противопоставление (данный тип структурной связи не рассматривается).
- процессуальный аспект (программное обеспечение). Архитектура технических и компьютерных разработок (интеллект).

Установлено, что в архитектуре XX-XXI веков структурные аспекты рассматриваются локально (применение одного аспекта) или глобально / комплексно (применение двух и более аспектов). Стоит отметить, что один и тот же структурный аспект в концепциях разных мастеров архитектуры не является идентичным, а дополняется, трансформируется и имеет индивидуальное выражение (авторский стиль). Комплексный подход к реализации пространственного, формообразующего, контекстуального и процессуального аспектов способствует формированию архитектурного пространства по аналогии с живой природой.

Список библиографических ссылок

1. Architecture and nature. Международный форум архитектура и природа. URL: http://assets.ecorussia.info/assets/paragraph_attaches/7566/paragraph_media_7566_original.pdf?1279743574 (дата обращения: 2.10.2016).
2. Дженкс Ч. Новая парадигма в архитектуре. Пер. с англ. А. Ложкин, С. Ситар // Проект international, 2005, № 5. – С. 98-111.
3. Даниэль Либескинд. URL: http://www.architime.ru/architects/a_daniel_libeskind.htm (дата обращения: 2.10.2016).
4. Greg Lynn. Architectural laboratories. URL: http://www.glform.com (дата обращения: 2.10.2016).
5. Ричард Роджерс. Хай-тек и экология среды. URL: http://www.forma.spb.ru/magazine/articles/rogers/Richard-rogers.shtml (дата обращения: 2.10.2016).
6. Рем Колхас. URL: http://www.archandarch.ru/архитекторы/рем-колхас/ (дата обращения: 2.10.2016).
7. Ренцо Пиано – архитектор воздушных домов. URL: http://www.dw.de/ренцо-пиано-архитектор-воздушных-домов/a-16222009 (дата обращения: 2.10.2016).
8. Белоголовский В. «Зеленый стиль» Кена Янга // SPEECH, 2010, № 5. URL: http://archi.ru/press/russia/25523/zelenyi-stil-kena-yanga (дата обращения: 2.10.2016).
9. Быстрова Т.Б. Николас Гримшоу: принципы архитектуры. URL: http://www.taby27.ru/tvorcheskie_raboty/pro-arxitektorov-dizajnerov-xudozhnikov/ grimshaw. html#4 (дата обращения: 2.10.2016).
10. Основные принципы аркологии П. Солери. URL: http://ru.wikipedia.org/wiki/Аркология (дата обращения: 2.10.2016).
11. Паоло Солери. URL: http://www.ecotectura.ru/architects/paolo-soleri-architect/paolo-soleri-architect.php (дата обращения: 2.10.2016).
12. ГРУППА МВРДВ. URL: http://architime.ru/architects/a_mvrdv.htm (дата обращения: 2.10.2016).
13. MVRDV. URL: http://www.prosib.info/stat.php?tab=tema&id=193 (дата обращения: 2.10.2016).
14. Цехмистер Т.И. Петер Цумтор. URL: http://book.uraic.ru/project/conf/txt/005/archvuz22_pril/33/template_article-ar=K41-60-k49.htm (дата обращения: 2.10.2016).
15. Норман Фостер. URL: http://www.archandarch.ru/архитекторы/норман-фостер/ (дата обращения: 2.10.2016).

Denisenko E.V. – candidate of architecture, senior lecturer
E-mail: e.v.denisenko@bk.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Structural aspects of the architecture of XX-XXI centuries

Resume

Structural aspects of the architecture of XX-XXI centuries reflect the desire of searching new relationships and interactions with the natural environment, tactful introducing of technological developments. The treatment of the principles of functioning, development, formation of nature (a living organism) contributes to rethinking the architectural object as a «second» nature. Structural aspects of architecture: space, morphogenesis, context and process. The aspect of space (inner space) displays the semantic content of architectural space (space philosophy – Peter Eisenman; saturated and empty spaces – Daniel Libeskind; descriptiveness, functionality – Greg Linn; rationalize architecture – Richard Rogers). The aspect of morphogenesis (outer shell) is characterized by the interpretation of natural forms, obtained through computer manipulations and calculations (sculptural – Frank Owen Gehry; architectural ekzo skeleton – Santiago Calatrava; plasticity of forms – Zaha Hadid). The aspect of context (interaction with the natural environment) reflects the degree and nature of the interaction of the object with the environment – the city, the natural environment (environmental configuration – Remment Koolhaas; the harmony of the contest and the object – Renzo Piano; the ability to change architectural objects – Ken Yeang; bioclimatic approach – Nicholas Grimshaw). The aspect of the process (software) is based on the introduction of technological development and software design method; formation of architectural space in accordance with the final program of its functioning and the space «consumption» (range of factors – MVRDV; dynamic – Coop Himmelb (l) au; the interaction of architecture, environment and human – Peter Zumthor; ecology – Norman Foster).

Keywords: the analogy of nature and architecture, functionality, interpretation of natural forms, architecture and context, technological support.

Reference list

1. Architecture and nature. International forum architecture and nature. URL: http://assets.ecorussia.info/assets/paragraph_attaches/7566/paragraph_media_7566_original.pdf?1279743574 (reference date: 2.10.2016).
2. Dzhenks C. New paradigma in architecture. Translation from English A. Lozhkin, S. Sitar // Proyekt international, 2005, № 5. – P. 98-111.
3. Daniel Libeskind. URL: http://www.architime.ru/architects/a_daniel_libeskind.htm (reference date: 2.10.2016).
4. Greg Lynn. Architectural laboratories. URL: http://www.glform.com (reference date: 2.10.2016).
5. Richard Rodzhers. High-tech and environment protection. URL: http://www.forma.spb.ru/magazine/articles/rogers/Richard-rogers.shtml (reference date: 2.10.2016).
6. Rem Kolkhas. URL: http://www.archandarch.ru/arkhitektory/rem-kolkhas/ (reference date: 2.10.2016).
7. Rentso Piano – air houses architect. URL: http://www.dw.de/rentso-piano-arkhitektor-vozdushnykh-domov/a-16222009 (reference date: 2.10.2016).
8. Belogolovskiy V. «Green style» by Ken Yang // SPEECH, 2010, № 5. URL: http://archi.ru/press/russia/25523/zelenyi-stil-kena-yanga (reference date: 2.10.2016).
9. Bystrova T.B. Nicholas Grimshaw: Principles of Architecture. URL: http://www.taby27.ru/tvorcheskie_raboty/pro-arxitektorov-dizajnerov-xudozhnikov/grimshaw.html#4 (reference date: 2.10.2016).
10. Basic principles of arcology by P. Soleri. URL: http://ru.wikipedia.org/ wiki/Arkologiya (reference date: 2.10.2016).
11. Paolo Soleri. URL: http://www.ecotectura.ru/architects/paolo-soleri-architect/paolo-soleri-architect.php (reference date: 2.10.2016).
12. MVRDV Group. URL: http://architime.ru/architects/a_mvrdv.htm (reference date: 2.10.2016).
13. MVRDV. URL: http://www.prosib.info/stat.php?tab=tema&id=193 (reference date: 2.10.2016).
14. Tsekhmister T.I. Peter Tsumtor. URL: http://book.uraic.ru/project/conf/txt/005/archvuz22_pril/33/template_article-ar=K41-60-k49.htm (reference date: 2.10.2016).
15. Norman Foster. URL: http://www.archandarch.ru/arkhitektory/norman-foster/ (reference date: 2.10.2016).

УДК 72.03
Надырова Х.Г. – доктор архитектуры, доцент
E-mail: nadyrova-kh@yandex.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1
Русинова А.А. – архитектор
E-mail: nastia001@list.ru
ОАО «Моспроект-3»
Адрес организации: 107031, Россия, г. Москва, ул. Кузнецкий мост, д. 3

Архитектурно-пространственная организация уездных городов Казанской губернии конца XVII-XVIII вв.

Аннотация

Статья посвящена проблеме изучения архитектурно-пространственной организации городов Казанской губернии, получивших позднее статус уездных. В ходе градостроительного анализа выявлены основные факторы формирования и развития уездных городов Волго-Камья. Отмечены особенности планировочных структур селений различных народов губернии, повлиявших на сложение и развитие уездных городов.

Выявлены основные характерные принципы и приемы архитектурно-пространственной организации городов Казанской губернии, сложившиеся под влиянием природных условий местности, градостроительных традиций народов региона и прохождения крупных торговых путей.

Ключевые слова: система расселения, природно-топологические условия, торговый путь, дорегулярная планировочная структура, скученно-групповая форма застройки, религиозная догматика.

Долгое время изучение малых исторических городов оставалось второстепенным. Сегодня не вызывает сомнения, что российская национальная культура создавалась в многочисленных уездных городах на этапах их становления и дальнейшего развития.

Уездные города Казанской губернии прошли значительный путь развития, имеют ценные в историческом, архитектурно-градостроительном отношении памятники, образцы древней планировки и архитектуры, природные ландшафты и комплексы городской застройки. Особенности пространственной организации застройки уездных городов, сложившиеся на протяжении многих веков, постепенно видоизменяются в силу различных обстоятельств. Негативное воздействие влечет за собой потерю архитектурно-градостроительного наследия бывших уездных городов, ценность которого как для каждого города в отдельности, так и всей исторической застройки до конца не исследована и не осознана.

Комплексное исследование архитектурно-пространственной организации уездных городов с момента их возникновения до начала XX века повысит их историческую ценность и культурный интерес, снизит риск изоляции.

Изучение отдельных вопросов становления и развития малых исторических городов и поселений региона не ново и было отмечено в работах Л.М. Тверского, В.П. Остроумова, В.В. Чумакова, Ф.М. Мансуровой, Х.Г. Надыровой, К.И. Козловой, И.В. Назаровой и др.

Задачей данного исследования является: выявление предпосылок для формирования планировочных структур уездных городов, определение закономерностей и особенностей архитектурно-планировочной организации застройки городов с различным населением.

Формирование системы расселения Волжско-Камского региона, где в конце XVIII века была образована Казанская губерния, было обусловлено следующими природно-географическими особенностями региона:

1. Сочетание различных рельефов местности в регионе – равнинного, холмистого, смешанного и низинного;

2. В Волго-Камье образуется изгиб русла Волги с западного направления на южное, позволяющий кратчайшим путем добраться из центральных районов государства к низовьям Волги и Каспию, а далее в Персию;

3. Слияние двух крупнейших рек Европы Волги и Камы. Камский путь соединял регион с Приуральем и обеспечивал торговые связи Казанской губернии с Востоком;

4. Волга здесь имела несколько крупных притоков, являвшимися важными путями сообщения.

Система расселения Волго-Камья конца XVI-XVII вв. образовалась вследствие общей оборонительной политики Русского государства. Первостепенное значение Волги и Камы для государства предопределило быстрое развитие этого региона. Города формировались после закрепления основных форпостов на Волге. Города осуществляли контроль над речными перевозками через Каму и Волгу. При основании городов издавна выбирали территории, которые были защищены естественными природными рубежами: высокие берега рек, а также крутые мысы при впадении рек. В этот период на месте ранее существовавших городов и поселений были построены города-крепости Арск, Тетюши, Мамадыш, Лаишев, Чистополь, Кокшайск, Спасск, Ядрин, Чебоксары, Козьмодемьянск, Цивильск, совмещавшие функции торговых и опорных защитных пунктов [2, с. 95].

Города были соединены речными путями Волги, Камы и их притоков как звенья одной цепи. Все они развивались на протяжении последующих веков. Карта Казанской губернии рубежа XIX-XX вв. показывает, что эти города, соединенные почтовыми трактами, составляли основу системы расселения региона (рис. 1).

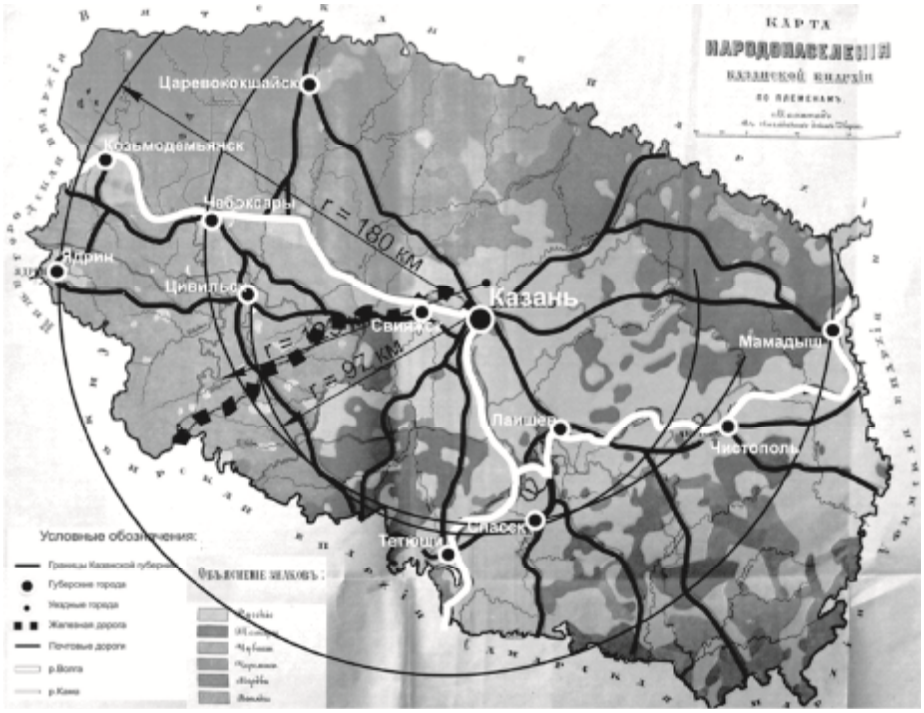


Рис. 1. Схема расселения Казанской губернии конца XIX-начала XX вв. [1]

С образованием Казанской губернии города Волго-Камья, расположенные на транзите почтовых и речных сообщений, приобрели статус уездных городов. Как и в других губерниях, они всегда играли большую роль в становлении и развитии Российского государства. Уездные города являлись малыми административными, транспортными, культурными центрами Российского государства. В Казанской губернии уездные города были примерно равноудалены друг от друга и от губернского города Казани. Именно в местах их нахождения соединялись транспортные узлы, и это давало предпосылки для развития торговой функции. Уездные города на реках Волга и Кама, крупных и мелких их притоках создавали единую оборонительную систему. Они могли нести свою оборонительную, затем торговую функции находясь в единой системе.

История преобразования административно-территориальных делений неразрывно связана с развитием городов. Статус города и его местоположение всегда определяли развитие планировочной структуры. Общей характерной чертой уездных городов Казанской губернии являлась их привязанность к водной сети. Приволжские и прикамские города, располагаясь на основных транспортных путях, становились важными торгово-экономическими центрами и имели лучшие перспективы градостроительного развития (г. Козьмодемьянск, г. Чебоксары, г. Свияжск, г. Тетюши, г. Лаишево, г. Чистополь и др.) [3, с. 218].

Уездный город, как торгово-транспортный пункт, соединял по своим функциям первоначального производителя и конечного потребителя, поэтому осуществлял крупные торговые и транспортные операции. К уездным городам по рекам стекалось сырье самого различного рода, здесь оно заготавливалось для сплава, далее оптом переплавлялось по Волге и Каме на ярмарки всей страны, откуда вновь поступало сюда, но в виде неместной готовой продукции и распределялось по различным точкам. Одна из функций уездных городов заключалась в интенсивном обмене с окружающими крупными и малыми городами и поселениями, а также в использовании форм, методов, торговых операций, выработанных в губернских и столичных городах.

Пространственная структура уездных городов имела замкнутую форму, характерную для крепостных сооружений. С развитием городов она могла видоизменяться. В состав города входили крепость с деревянными стенами и башнями, посады и пригородные слободы. Внутри крепости находились собор или церковь, сооружения общественного назначения и «жилецкая» часть.

Слободы и посады представляли собой небольшие поселения, главная функция которых заключалась в обслуживании центральной торговой части города и пристаней. Здесь находились отдельные заготовительные объекты и торговые точки, не имеющие отношения к крупным оптовым операциям: питейные дома, винные погреба, небольшие магазины и т.п. Слободы располагались, как правило, на берегу рек в удобной связи с акваторией. Главными функциями слобод были торги и заготовка сырья. Связь с акваторией осуществлялась благодаря сухопутной дороге и притоку.

Застройка и заселение посадов происходили в результате местной инициативы, в то время как постройка самой крепости являлась делом государственной важности. В городах, построенных в XVI веке, еще было регулярной планировки жилых районов. Почти во всех городах уличная сеть развивалась по традиционной радиальной системе, испытывая тяготение, с одной стороны к укрепленному центру, с другой – к дорогам в окрестностях и соседних селениях (г. Елабуга) [4]. В некоторых случаях заметна тенденция к образованию кольцевых направлений коммуникаций (г. Тетюши) (рис. 2) [5].

Рис. 2. Дорегулярная планировочная структура г. Тетюши конца XVII века

Анализируя геометрическую карту Казанской губернии (1793-1796 гг.), разделенную на 12 уездов и уездных городов, можно заметить во многих из них наличие «правильного» начертания кварталов, стремление их к равномерной ширине и другие признаки регулярной планировки (г. Цивильск) (рис. 3) [6]. Встречающиеся неправильности (изломы, тупики) являлись здесь результатом постепенного нерегулируемого роста города, во многих случаях приспособления к сложным топографическим условиям [2, с. 59].

Рис. 3. Дорегулярная планировочная структура г. Цивильска конца XVII века.
Условные обозначения: 1 – крепостные стены, 2 – крепость, 3 – посад

Возможно, что воеводы в начале XVIII века, следившие за состоянием укрепленного города, до известной степени обращали внимание на планировку посадов, возникавших вокруг крепости на свободных от застройки землях, а также на соблюдение некоторого порядка в трассировке улиц и дорог, имевших военное значение. Распределение участков вблизи города-крепости регулировалось воеводами, т.к. организация пограничной обороны охватывала значительную территорию по обе стороны укрепленной линии. Учитывался дальнейший рост городов на свободных и пригодных территориях.

Общими принципами организации городов, их расположения, конфигурации и размеров, направления развития были учет особенностей ландшафта и условий обороны крепости, находящейся на высоком берегу Волги, а также распределение заболоченных участков. Помимо общих градостроительных принципов, существовали и частные особенности формирования планировок городов. Можно выделить несколько планировочных структур по сходным принципам и приемам организации. Одна из таких – **дорегулярная радиально-веерная структура,** характерная для городов Тетюши, Елабуга (1793-1796 гг.).

На дорегулярном плане Тетюш четко виден веер радиальных улиц, образующих клиновидную форму плана города с площадью в центральной части и выходом к воде (рис. 2) [5]. Радиальные улицы берут начало у площади и расходятся по мере отдаления от нее. Пересекающие местность овраги и низины продиктовали расположение и направление поперечных улиц. Некоторые изломы нисколько не мешают ясности общей системы. Данный прием образования улиц в дорегулярной планировке характерен для всех исторических городов.

На дорегулярных планах некоторых городов-крепостей встречаются прямые отрезки улиц, образовывающие четырехугольные кварталы, близкие к прямоугольным. Более определенно подобие **прямолинейной планировки** выражено в укрепленном посаде г. Цивильск (построен в 1584 г.), где ясно видно стремление разбить небольшую территорию на прямоугольные кварталы (рис. 3) [6]. Форма крепости, направление развития города продиктованы расположением в излучине реки. Улицы неукрепленной части города продолжают направление улиц крепости и образуют правильную структуру кварталов.

Прямолинейная планировочная структура в дорегулярной планировке встречается редко и чаще всего подчинена правильной форме плана, образованной на местности. Прямые улицы отмеряли кратчайшие расстояния до крепости и въездов в город, что и объясняет рациональность их использования в стратегических целях.

Смешанная дорегулярная планировочная структура с элементами живописной планировки получила наибольшее распространение среди других структур уездных городов, как наиболее приспособленная к естественным топографическим условиям (рис. 4) [6, 7].

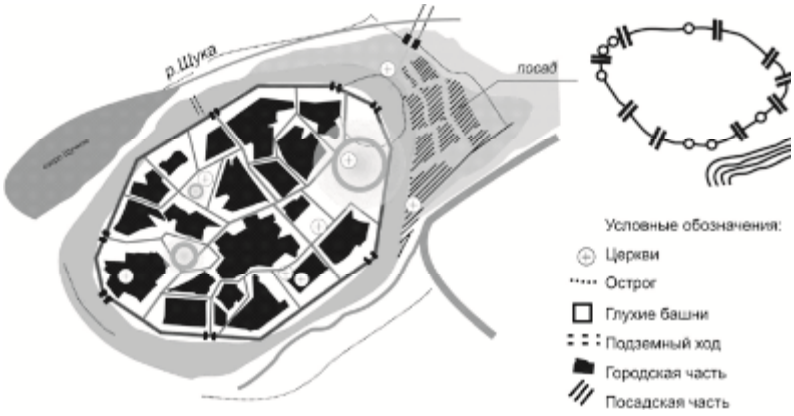


Рис. 4. Дорегулярная планировочная структура г. Свияжска конца XVII века

Такая структура была характерна для города-крепости Свияжск с восемнадцатью крепостными башнями и системой монастырей. Крепость расположилась на высокой горе у реки Свияга. Топографическая ситуация обусловила формирование планировочных границ крепости. Повторяя очертания горы, крепостные укрепления Свияжска имели полукруглую планировочную форму. По своим размерам Свияжск являлся намного значительнее возводимых в последующем сторожевых крепостей Волго-Камья. По данным писцовой и межевой книги Свияжска 1565-1568 гг., крепостной комплекс состоял из города, посада и слобод. Планировочная структура города формировалась площадью у главных Рождественских ворот, зонами двух монастырей и шести церквей, шестью улицами, семью переулками, несколькими тупиками, дворами служилых людей и духовенства. Судя по изображениям и плану Свияжска XVIII века, доминирующие культовые сооружения размещались по оси крепости, а также фланкировали с двух сторон город. Монастыри в структуре города примыкали непосредственно к оборонительным стенам Свияжска, тем самым формируя его юго-восточный и западный фасады крепостного комплекса. Посадские церкви находились на склоне горы с северо-восточной стороны крепости, создавая композиционные акценты среди посадской застройки. Посадские стены, окружавшие Свияжск, обладали укреплениями в виде частокола – вертикально врытых в землю и заостренных наверху бревен. Эти стены также имели бойницы [8, с. 14].

Поздняя дорегулярная планировочная структура Свияжска унаследовала основную трассировку коммуникаций, границы крепостных стен и посадских укреплений средневекового периода. Улицы веером расходились из торгового центра, называемого «Ленивым Торжком», и, подчиняясь условиям местности, вели к многочисленным воротам и дорогам, выходящим из них, башням и стрельницам крепостных стен. Топография местности внесла свои коррективы в простую овальную форму плана, образовывая местами и участки прямолинейной формы. Округлую возвышенность пересекала прямая дорога, шедшая с юго-запада на северо-восток. Позже строители учли своеобразие местности, и эта дорога стала использоваться в качестве основной и главной улицы, соединявшей два важнейших направления – в Москву и Казань. В крепости была задумана и городская площадь, расположенная при выезде из города в Казань и служившая центром крепости. Торговая площадь разместилась в посадской части, значение которой постоянно росло, что не могло не повлиять на смену функциональных ориентиров в планировке всего города (рис. 4) [9, с. 30].

В уездных городах связь с окружающим ландшафтом достигалась расположением центра на высоком берегу рек, что позволяло формировать их главный фасад с реки (г. Свияжск, г. Козьмодемьянск, г. Тетюши). Крепостные сооружения в виде горизонталей оборонительных стен и вертикалей башен, церквей создавали доминирующий архитектурный силуэт в окружающей среде.

Наличие крепостных сооружений, монастырей и церквей, конкретные ландшафтные условия обусловили в каждом отдельном городе индивидуальную архитектурно-планировочную структуру и различный характер дальнейшего роста.

Первоначальная застройка в городах с нерегулярной структурой улиц, обилием переулков, поворотов и тупиков в середине XVIII вв. в связи с разбором крепостных сооружений начинает видоизменяться. Включение в общее пространство городов посадов и слобод, где компактно проживали различные этнические группы населения, обусловило появление в городской застройке особенностей планировки и застройки, характерных для традиционных поселений этих групп. Поэтому дорегулярную организацию городов удобно рассматривать на примере традиционных селений региона.

Русские поселения, расположенные на берегах крупных рек, получали планировочное развитие относительно главных торговых площадей и прибрежных зон. На площади или выше по рельефу располагалась церковь, вокруг – торговые ряды. Помимо реки в жизни русских селений большую роль играли фруктовые сады. Практически все селения имели застройку «П»-образными усадьбами с домами на высоких подклетах. Улицы ориентировались в сторону берега реки, и панорамы открывались со стороны реки, откуда отчетливо читалась их архитектурно-пространственная организация.

На момент введения регулярного типа застройки, улицы русских селений были двусторонними со значительными пространственными разрывами. Ритм однотипных крестьянских построек прерывался более крупным по своим размерам купеческим домовладением. Квартальная планировка, как правило, имела круговую или замкнутую структуру, ориентированную относительно озера, реки, торговой площади или площади с церковью.

Жизнеустройство мусульманской части населения Казанской губернии имело свои особенности, связанные с религиозной догматикой и принципом минимального раскрытия на внешнее пространство. Татарское население селилось в низинах вдоль речек, ограждая свои владения. На внешнее пространство были ориентированы лишь расположенные в задней части владений огороды.

Скученно-групповая форма застройки являлась для татарских селений основной в дорегулярный период. Особенностью застройки была очень высокая плотность: часто за одним рядом домовладений располагался следующий ряд. Переход на регулярную систему отражался на организации поселений. В этот период они состояли из двух частей: старой – с хаотичной застройкой и новой – с регулярной застройкой.

В городах с частичным мусульманским населением этническое зонирование было выражено более четко (г. Чистополь). Городские татары-мусульмане проживали компактной группой, занимая отдельные улицы и целые районы. Они размещались в основном на окраинных улицах, где располагались мечети, духовные школы. Процесс перехода на новую структуру в Казанской губернии проходил сложно, особенно в местностях с преимущественным мусульманским населением.

Быт других народов, населявших уездные города Казанской губернии и объединенных православной религией, не имел радикальных отличий друг от друга. Поселения марийцев и чувашей располагались вдоль многочисленных рек и их притоков, а по мере роста населения осваивались водоразделы, лесные поляны и удобные для жилья и ведения хозяйства угодья. Отличительной чертой марийских дорегулярных поселений было наличие рощ, где проходили семейные моления и жертвоприношения. Они выделялись размерами и масштабом. В священных рощах объектами поклонения у марийцев являлись ключи, родники, естественные природные образования, отдельные деревья. В ансамбль марийских городов и поселений вписывались языческие кладбища, где проводились поминальные трапезы в честь предков.

Для чувашского народа природа была священна, обязательным было окружение водой, лесным массивом, лугами между оврагов. Причем предпочтение отдавалось вершинам оврагов с ключами. При этом наиболее полно использовались площади для посевов, а в оврагах устраивались пруды. Сакрализация окружающего мира предопределяла формирование окружающего пространства поселения: возникали комплексы сакральных мест, символизирующих элементы мироздания, используемых в различных ритуальных целях.

В конце XVIII века поселения марийцев и чувашей были небольшими, образованные сгруппировавшимися отдельными дворами-усадьбами, что придавало им характер свободной планировки. С ростом численности населения отдельные дворы-усадьбы постепенно группировались и объединялись вокруг одной или нескольких близко расположенных усадеб. Из разрозненно расположенных одиночных усадеб постепенно образовывались околотки – группы из 2-3 и более дворов родственников, которые могли пополняться за счет новых поколений и пришлого населения, объединенных в поселения типа деревни. Перенаселенность околотка, отдаленность и нехватка удобных земельных угодий вынуждали отдельные семьи осваивать новые места, основывая новые починки и выселки. В XVI-XVII вв. у марийцев и чувашей происходил процесс формирования поселений из отдельных дворов-усадеб или околотков. Образование деревень происходило путем соединения разбросанных по разным направлениям большого количества околотков, что придавало деревне характер беспорядочности. Постройки в околотках располагались кольцеобразно, замкнутым кругом.

В целом поселения Казанской губернии конца XVII-XVIII вв. представляли собой беспорядочно расположенные дворы или группы дворов с кучевой или гнездовой планировкой. Кучевая планировка являлась одной из древнейших и традиционных форм поселения народов региона, для нее были характерны кривые проезды и переулки, заканчивающиеся тупиками. Анализ истории градостроительства на территории Казанской губернии свидетельствует, что строители городов не были лишены умения осмысленно сочетать назначение будущего города с условиями местности, природным ландшафтом, более того придерживались определенных норм и правил.

В XVIII и даже начале XIX вв. традиция рассеянно-гнездовой организации застройки переносилась в посады и слободы уездных городов и объяснялась обычаем близких родственников селиться рядом. Такой вид застройки соответствовал патриархальной семейной общине, когда при увеличении рода происходило расселение его по территории. Таким образом, поселения марийцев и чувашей эволюционировали от однодворных поселений-усадеб с беспорядочной планировкой к малодворным поселениям-околоткам с кучевой или гнездовой планировкой, затем к поселениям с рядовой и уличной планировкой [10, с. 123].

На планировочных структурах уездных городов конца XVIII века были отмечены некоторые характерные черты традиционного устройства селений различных народов, населявших губернию. Таким образом, в городах с преобладающим русским населением характерна ориентированность на реку и культовые сооружения, как доминирующие постройки. Особенностями татарского населения в городах было обособленное расселение с максимальным сокрытием внутренней жизни с более плотной застройкой. Для марийского и чувашского населения в городах было характерно свободное размещение усадеб, наличие незастроенных территорий для совершения различных ритуалов и молений. Для всех уездных городов был присущ тесный контакт с природным окружением и зависимость от существующего ландшафта. Определяющим направлением развития структуры города служила связь с акваторией и торговыми путями. Отмечены кварталы различной конфигурации, разделенные улицами, главного и второстепенного значения. Главные улицы и транзитные пути соединяли духовные, общественные и торговые центры, имевшие следы бывшей крепости. Торги располагались на посадской территории (г. Козьмодемьянск) или на пересечении посадской и крепостной территории (г. Свияжск). Как правило, недалеко от торгов располагалась и пристань. Для посадов и слобод была характерна скученно-гнездовая планировка, обусловленная родственными связями, тесным контактом с природным окружением.

Список библиографических ссылок

1. Карта народонаселения Казанской епархии по племенам. д. 9387.
2. Тверской Л.М. Русское градостроительство до конца XVII века. Планировка и застройка русских городов. – Л. – М.: Государственное издательство литературы по строительству и архитектуре, 1953. – 216 с.
3. Мансурова Ф. М. Рост городов Прикамья (XVI – XVII вв.) // Вопросы истории: № 8 – М.: 1977. – С. 218-220.
4. План города Елабуги Вятского наместничества. д. 9388, 1784 г.
5. План города Тетюши Казанской губернии. д. 9386, 1822 г.
6. Геометрическая карта Казанской губернии, разделенная на 12 уездов. д. 8080.
7. План города Свияжска Казанской губернии. д. 9385, 1829 г.
8. Остроумов В.П., Чумаков В.В. Свияжск – Казань: Издательство Казанского университета, 1971. – 62 с.
9. Куприянов В.Н., Копсова Т.П., Агишева И.Н. Свияжск – памятник мировой культуры. – Казань: КГАСУ, 2005. – 416 с.
10. Козлова К.И. Очерки этнической истории марийского народа. – М.: Изд-во МГУ, 1978. – 344 с.

Nadyrova H.G. – doctor 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
Rusinova A.A. – architect
E-mail: nastia001@list.ru
JSC «Mosproekt-3»
The organization address: 107031, Russia, Moscow, Kuznetsky Most st., 3

Architecture and spatial organization of the county-level cities of Kazan province during the late XVII-XVIII centuries

Resume

In the town-planning analysis identified the major factors of formation and development of county-level cities of Kazan Volga region: the location of the fortified cities in the defense of strategic locations, on-site pre-existing settlements, connected by trade routes, on elevated areas, the river or its tributaries.

At the beginning of the XVIII century walled city losing military importance, they become commercial, craft, the administrative center of the county.

It was established that during the XVII-XVIII centuries planning structure of county-level cities of Kazan province had a free layout, subordinated terrain conditions differ by type: radial (Tetyushi, Elabuga), straight (Tsivilsk), mixed (Sviyazhsk).

Pre-regular planning structure of the various nationalities of the province had its own peculiarities. A Russian settlement received its development relative to sales areas and coastal areas. The Muslim villages were characterized by high density, hiding their possessions, their orientation to the internal device. Mari and Chuvash village arose spontaneously, formed grouped separate yard estates or groups of households – the neighborhood.

During the XVII-XVIII centuries a Russian population had the greatest impact on the traditional type of building of the Tatar, the Chuvash and the Mari, who inhabited the province.

Keywords: settlement system, natural topological conditions, trade route, pre-regular planning structure, densely-group form of development, religious dogma.

Reference list

1. Population Map Kazan diocese by tribes. c. 9387.
2. Tverskoy L.M. Russian urban development until the end of the XVII century. Planning and development of Russian cities. – L. – M.: State Publishing House of Literature of Construction and Architecture, 1953. – 216 p.
3. Mansurova, F.M. Urban growth Prikamye (XVI-XVII centuries) // Questions of history: № 8. – M., 1977. – P. 218-220.
4. Plan for the city of Yelabuga Vyatka vicariate. c. 9388, 1784.
5. Street map Tetyushi Kazan province. c. 9386, 1822.
6. The geometric map of the Kazan province, divided into 12 counties. c. 8080.
7. Street map Sviyazhsk Kazan province. c. 9385, 1829.
8. Ostroumov V.P., Chumakov V.V. Sviyazhsk – Kazan: Publishing house of the University of Kazan, 1971. – 62 p.
9. Kupriyanov V.N., Kopsova T.P, Agisheva I.N. Sviyazhsk – a monument of world culture. – Kazan: KGASU, 2005. – 416 p.
10. Kozlova K.I. Essays ethnic history of the Mari people. – M.: MGU, 1978. – 344 p.

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

К вопросу построения дозорных городов Волго-Камского региона середины XVI-XVII столетий

Аннотация

Статья раскрывает основные методы построения средневековых городов Волго-Камья на примере дозорных региональных крепостей (Свияжск, Симбирск, Корсун, Алатырь, Курмыш, Лаишев, Тетюши, Царевококшайск и др.). Проведён анализ территориального зонирования дозорных деревянных фортов Волго-Камья. Выявлены базовые планировочные, композиционные и конструктивные способы сооружения укреплённых градов исследуемого региона в контексте историко-архитектурных, археологических и архивных источников.

Ключевые слова: дозор, форт, град, вежи, посадская территория, слободка, план, композиция, конструкции.

Большинство средневековых уездных городов Волго-Камья XVI-XVII столетий можно причислить к типу малых дозорных крепостей с деревянной конструктивной структурой. Лишь Казанский кремль имел деревокаменные конструкции в конце XVI века. К известняковой стене с тыльной стороны присоединялись срубы «тарасного» устройства [1]. Казанская крепость 1675 г. излагается как «город каменнои» с 13 башнями, а посад как «город деревянои» [2].

Дерево не является долговечным материалом, потому ныне, с поры средневековья, дозорные города Волго-Камья практически не сохранились. Рассматривая дошедшие до нас рукописные и графические материалы XVI-XVIII вв. по дозорным градам Волго-Камья и прочих наделов Русского государства, целесообразно выявить основные методы их строительства.

Град Свияжск, построенный в 1551 г., явился первым оплотом Московии при овладении территориями Казанского ханства. Твердыня разместилась на возвышенности у реки Свияги. Пространственное положение повлияло на сложение планировочной формы Свияжска. Отображая абрисы горы, укреплённые стены Свияжска приобрели, близкую к полукруглой форме, планировочную конфигурацию. По сведениям писцовой и межевой книги г. Свияжска 1565-1568 гг., город включал в себя Свияжскую крепость, посад и слободки. Документы указывают на площадь у основных Рождественских ворот, два монастырских надела, шесть церквей, улицы, проулки и тупики, а также на служилые дворы и дворы духовников (совокупное количество строений 375) [3, с. 338-389]. Следуя правилам заложения города, земли Свияжска сначала межевались согласно проекту на земле, а потом освещались. Освящались намеченные участки стен, церковные и жилые зоны [4]. Для установления местоположения дворовых участков в писцовых документах применяются разные ориентиры: городьба, воротные места, вежи, река, болото, иные дворы и различные указатели. Обозначены безнадзорные места и дворовые зоны: «стрельца двор пуст, а против него три места пусты» [3, с. 338-389]. Употребляются слова: «против», «позади», «подле», «меж», что по всей вероятности заявляет о нерегулярной планировке. Вместе с тем, нередко описываются некоторые рядовые элементы в городском плане: «А от татарского двора к большому ряду… Да из большого ряда налево, к болоту….» [3, с. 367,384,385]. По видимому, это наличие компонентов порядковой системы, являвшейся в русских градах XVI-XVII столетий методом разделения дворовых зон по «длиннику и поперечнику» [5]. Полагаясь на дорегулярную планировку Свияжска XVIII в., прослеживается веерная планировка, сформированная устремлением улиц к юго-восточному планировочному узлу – Троице-Сергиевскому монастырю [6]. С восточной стороны Свияжска, к стенам прилегал торг, разместившийся

в посадской зоне. Посад охватывал многочисленные ремесленные и торговые дворы с не менее 700 жилыми избищами. На трёх посадских улочках водворились четыре церкви [7, с. 15]. За посадской территорией, поблизости к реке Свияге устраивались 5 слобод, в виде значительных поселений [3, с. 387]. В общем, наблюдается нерегулярная планировочная система Свияжского града.

Данная планировка Свияжска, разумеется, отображалась на его композиции. В первую очередь, зонирование крепостной и посадской территорий складывалось с помощью упрочений стен. Обширные стены вместе с восемнадцатью крепостными вежами формировали доминантную композицию в окружающем антураже. Удачное размещение форта на горе существенно упрочивало визуальное восприятие форта. Соответственно запечатлениям Свияжска XVIII в., превалирующие культовые постройки имели осевое местоположение и завершали композицию по двум сторонкам града[1]. Так культовые доминанты создали трёхкомпонентную силуэтную композицию форта. Посадские храмы размещались на горном северо-восточном склоне Свияжска, тоже образуя визуальные доминанты в гуще посадских избищ.

В то же время, писцовые материалы хранят сведения о конструкциях Свияжской крепости, в частности об устройстве крепостных стен «городнями», конфигурации вежей и присутствии «обламных» выступов в оборонительных упрочениях [3, с. 338-389]. Устройство стен «городнями» в составе плотно присоединяющихся срубов, загруженных землёй и камнями, подходило для первоначальной подготовки упрочений вдалеке от области строительства крепости [7, с. 9, 12]. Вежи в Свияжской твердыне были «коробоватой» и «грановитой» формы, иначе говоря, были рублены в четверик, шестерик либо в восьмерик. Для внедрения боя у подножия стен Свияжска, стена ратного прохода, размещавшегося над «городнями», выдвигалась вперёд на рубленых балках – «обламах». В каждом уровне защитных стен и башен, включая «обламы», прорубались специальные просветы – бойницы (стрельницы). Пол «облама» тоже имел пробоины для стрельбы. Боевой проход завершался кровлей из тёса, имевшей двускатную стропильную конструкцию [7, с. 12].

Свияжский посад огораживался частоколом (тыном) – вертикальными, острыми в верхней части брёвнами. В посадских стенах, как и в упрочениях крепостного града, прорубались пробоины для стрельбы [7, с. 14]. Вопреки простой конструкции «частокольных» укреплений, данные изгороди порой находили применение в Волго-Камских дозорных крепостях XVI-XVII вв. не только в посадских и слободских упрочениях, но и в крепостных средоточиях. Так, писцовые записи Курмыша 1623-1626 гг. сообщают о городских защитных надолбах [8, с. 10]. Путешественник А. Олеарий в 1638 г. записал, что Тетюшский град облечён не стеной, а частоколом [9, с. 197]. Росписной список 1702 г. оглашает сведения о Тальской крепости в составе Симбирской защитной линии середины XVII века, обнесенной столбовыми упрочениями (РГАДА, Ф. 396, оп. 3, д. 53, л. 66).

Расположение дозорных фортов отвечало наилучшим ландшафтно-природным и фортификационным ситуациям. К примеру, Арск размещался на треугольном участке, образуемым горным берегом р. Казанки и оврагом, а также валовыми и ровными упрочениями [10]. Алатырь был возведен на высоком участке среди двух речек [11, с. 12]. Курмыш располагался на высоком береге реки Суры [8, с. 2]. Аналогично Тетюшский дозор возносился над уровнем Волги практически на 152 м. Значительная часть Чебоксарского форта, построенного у Волжского берега, обосновалась в зонах трёх гор, а меньшая находилась в низине [12]. Местоположение Лаишева сформировалось берегом р. Камы и крутым оврагом [13]. Планировочные очертания дозорных упрочений складывались соответственно природным условиям – водным потокам, овражным лощинам и косогорам. Так сложилось направление защитных стен Арска, видное на планах 1789 и 1796 гг., соответственно ближайшему водному потоку и овражной лощине. План дозора обрел контур неправильного треугольника. Также образовались городские упрочения Цивильска XVI века, неправильная четырёхугольная конфигурация Алатыря и

[1]Графический анализ приведён в диссертации автора «Архитектурно-пространственная организация оборонительно-крепостных комплексов Волго-Камья середины XVI-XVII вв.» на соискание учёной степени кандидата архитектуры. Том II, табл. 14.

Царевококшайска и форма, близкая к трапеции Чебоксар и Козьмодемьянска [14, с. 12]. Сторожевые форты Корсун, Уренск и Тагай середины XVII столетия получили прямоугольные абрисы [15, с. 15]. Многие Волго-Камские грады XVI-XVII вв. слагались из непосредственно форта, посада и слободок. Такое зонирование территории отвечало сословному дифференцированию жителей. Крепостное средоточие обычно населяли должные ратным служением дворяне, стрельцы и казаки. Они же могли жительствовать и на посадских землях, не входя в состав так называемых «чёрных» посадских дворов, привязанных к тягловым податям. Тягло состояло из множества казённых уплат и натуральных долгов невоенного населения – мастеровых, крестьян и местных жителей [16].

О внутренней планировке дозорных фортов Волго-Камья XVI-XVII столетий всевозможные источники доставляют фрагментарные сведения. Они излагают основной состав сооружений на территории городов. Это храмы, приказные дома, казематы, домовитые постройки, а также многочисленные дворовые участки. Периодически оговариваются улицы. Присутствуют различные указатели для установления местоположения дворов. Например, в писцовых записях Лаишева 1567-1568 гг. изложено о наличии двух деревянных церквей на городской площади между Никольских и Водяных ворот, о существовании большой улицы, приказного двора поблизости к воротам, двора духовника у церковных построек и церковь между градом и посадскими участками [3, с. 392-395]. Кроме того, на несистематичных планах Чебоксар, Козьмодемьянска, Царевококшайска, Цивильска и Лаишева 1789 г., сохранивших исходные планировочные положения, наблюдаются кварталы разнообразной квадратной, вытянутой, нерегулярной конфигурации, разъединенные несистематичными улицами. На планировках Арска 1789 и 1796 гг. прослеживается несколько рассеянное кучевое расположение сооружений в планировочном средоточии града. Подобные фрагментарные данные о внутренней планировке фортов Симбирска, Корсуна, Курмыша и Алатыря XVII века содержатся и в топографических описаниях градов. В частности, в топографическом изложении Симбирской губернии второй половины XIX в., упоминается, что на территории Симбирска в 1648 г. размещались двор воеводы и обительский двор, приказной дом, земляная палата, руководившая службами по строительству крепости и оборонительного вала от крепости Симбирска до крепости Корсун, конское избище, таможенный участок и торговые лавки. В центральной зоне крепостного града находился Троицкий собор. К тому же, говорится о Сенной улице града ориентированной соответственно северной Симбирской стене [17]. Писцовые записи Корсуна 1685 г. дают информацию об устройстве его посада. Поблизости к речке Корсунке располагались дворы казаков и стрельцов, а также монастырская земля с тремя церквями. Указываются 7 дворовых участков архиереев, 125 казачьих дворовых участков, 27 бобыльских мест, 8 крестьянских мест и участки дозорных. По другую сторону, поблизости к речке Барыш, находились церковь с участками духовников и дворы пушкарей. Здесь не раз перечисляются «длинники и поперечники» дворов [18]. Между дворовых зон (пушкарей, стрельцов и казаков), на площади располагались торг, кружечная дворовая зона, конский дом и земляная палата. Беря во внимание имеющиеся сведения, можно обозначить несколько зон в посадском плане с тяготением их сооружений к культовым постройкам или торговым площадям. Размещение торга у городской входной зоны обозначено в писцовых записях Курмыша XVII века: «На посаде…против больших крепостных ворот 25 лавок и полок…» [19, 496-500]. По всей видимости, подобное местоположение занимал и Алатырский торг XVI-XVII столетий, так как статистические источники гласят о проживании торговцев на посадских землях Алатырского града. При этом известно, что в Алатыре были построены церковь, двор воеводы, приказной дом, каземат, боярские жилища, амбарные постройки [11, с. 14-17]. Базарным наделом обладали также посады Козмодемьянска и Касимова [20, 21].

Располагаясь на первом плане у входной крепостной зоны, пригородные площади с доминантными культовыми постройками создавали определённую композицию фортов. К примеру, Курмышский посад явился местом для Рождественской мужской обители, а за острожным наделом размещалась Троицкая женская обитель. Непосредственно в городе были возведены собор и небольшая церковка [8, с. 9-11]. Так формировалось разноплановое визуальное восприятие града. Соборный храм, по всей вероятности, был

превалирующей вертикальной доминантой в Курмышском комплексе. В соответствии с историко-статистическими данными 1844 г. по Симбирской губернии, аналогичной композиционной вертикалью в виде церкви обладал и Уренский град середины XVII столетия [19, с. 496-500]. В городской среде Козьмодемьянска XVII века преобладали Троицкий храм и каменная часовня, выстроенная стрельцами в 1698 г. Прочие строения Козьмодемьянска являлись жилой и домовитой рубленой застройкой [9, с. 19-20]. А. Олеарий также описывал бревенчато-балочные постройки в Волжских городах XVII столетия (22, с. 149). В то же время, в отдельных городовых книгах отмечаются и немногочисленные каменные сооружения. Так, в Свияжске указан каменный храм, кузничная изба и погребок [23]. В Экономических примечаниях 1796 г. перечисляются, прежде размещавшиеся в XVI столетии, каменные церковные приходы в Царевококшайске и жилой каменный дом. Посадские земли стали местоположением трёх церквей и жилищем служилого люда [14, с. 13]. Наряду с этим, гравюра Витсена 1682 г. изображает Чебоксарский град с многочисленными деревянными шатровыми церквями, композиционно согласующихся с формами защитных вежей. При этом прослеживается диагональная либо треугольная система размещения акцентных культовых возведений, как и на изображениях Казани, Свияжска, Лаишева, Ядрина и Цивильска XVII-XVIII столетий. Равным образом, графические источники XVII в., отображающие, к примеру, Козьмодемьянск, Тетюши, Чебоксары и Касимов, позволяют удостовериться, что в рассматриваемый период город и крепость имели тождественное понятие, так как в пространственном восприятии градов преобладают массивные защитные стены и вежи[2].

Для исследования конструктивной структуры деревянных фортов Волго-Камья XVI-XVII вв. имеется множество источников, потому как основные строительные методы применялись при строительстве, как оборонительных сооружений, так и культовых объектов и жилых построек. Базовым формообразованием в деревянном градостроительстве являлся прямоугольный сруб – четверик из горизонтальных брёвен, соединенных в углах врубками. Каждый ряд из четырёх брёвен представлял венец. Венцовая система приобрела развитие и в многогранных конфигурациях крепостных возведений. Преимущественно в Волго-Камских градах использовались врубки с остатком – «в обло», при которых концы брёвен выступали за пределы стены [22, с. 148-155]. Угловое закрепление осуществлялось с помощью полукруглых выемок в брёвнах [24, с. 9-11].

Стены дозорных градов Волго-Камья исследуемого периода воздвигались методом так называемых «тарас». Таким способом, исходя из данных «строельной» книги Симбирска XVII столетия, строились форты в составе Симбирской оборонительной черты в 1650 г. Также сооружались сторожевые крепости Старой Закамской укреплённой линии указанного периода, согласно писцовым документам Н. Гладкова [25, 26]. «Тарасные» упрочения состояли из двух параллельно рубленых стен, соединённых с заданным шагом поперечными стенками. Создающиеся клети заполнялись земляными и каменными составляющими. Часть ограды между двумя поперечными стенками называлась «тарасой». Над «тарасными» стенами располагался верхний уровень боевого хода с «обламным» выступом, покрытый двускатным стропильным кровом. Срубы сплачивались с кровом посредством рубленых фронтонов, являвшихся непосредственным продолжением торцевых стен с уменьшением длины брёвен к завершению кровли. В бревенчатые фронтоны – «самцы» врубались горизонтальные брёвна – «слеги», несущие крышу. На слегах помещались стропила – «курицы» в виде тонких елей с нижними загнутыми концами для укладки «водотечника» – бревна с пазом для отвода воды. В верхней части стык тесин закрывался «охлупнем» – бревном, выдолбленным снизу в виде желоба. «Охлупень» или «шелом» сплачивался с «князевой» – коньковой слегой посредством деревянных стержней. Тёсовая кровля зачастую складывалась в два ряда с берестовой прокладкой. Разновидностью перекрытий на слегах являлась двускатная крыша с рубленым фронтоном на крупных стропильных ногах – «быках» [27].

[2]Графический анализ приведён в диссертации автора «Архитектурно-пространственная организация оборонительно-крепостных комплексов Волго-Камья середины XVI-XVII вв.» на соискание учёной степени кандидата архитектуры. Том II, табл. 13, 16, 17.

Конструктивное построение деревянных оборонительных башен тоже обусловливалась характером строительного материала. Вежи получали форму с четырьмя, шестью или восемью гранями венцовой (венчатой) структуры и обладали несколькими ратными ярусами (от двух до пяти). Подобные башни показаны на гравюрах XVII века А. Олеария и Н. Витсена, изображающих города Космодемьянск, Тетюши и Чебоксары. Квадратные в плане вежи, в соответствии с тем, были ли они угловыми или располагались на прямой линии стен, выступали за пределы оборонительных стен двумя или одной сторонами. Шестигранные крепостные башни обычно выходили тремя или четырьмя сторонами, а восьмигранные – тремя или пятью. Ярусные перекрытия вежей – «мосты» составлялись из брёвен, закреплённых в пазах венцов [28].

Венчались оборонительные вежи колпаком или шатром (рубленным – венчатым либо стропильным) с тёсовым кровом. Аналогичные завершения отражены на гравюрах XVII в. Волго-Камских градов Тетюш, Чебоксар, Козьмодемьянска и Нижнего Поволжья: Самары, Саратова, Царицына. Шатры венчатой конструкции возводились теми же способами, что и стены, только без остатка – т. е. «в лапу». Нередко, такие покрытия строились способом «в режь» – в четверть дерева, с просветом. В массивных шатрах, для усиления конструктивной жёсткости, противоположные скаты соединялись брёвнами, врубавшимися в венцы шатров. Конструктивное решение стропильных шатров несколько разнилось от венцовых. Здесь имелся осевой столб, многочисленные поперечные и продольные брёвна, закреплявшихся в пазах стропил. Иногда, брёвна – связки в центральной части шатра мастерились парными, и место их перекрещивания служило заклинком для осевого столба [24, с. 32; 29]. Шатёр зачастую завершался дозорной вышкой – «смотрильней» каркасной конструкции, увенчанной в свою очередь шатром или колпаком.

Таким образом, выявляя основные методы построения дозорных городов Волго-Камья середины XVI-XVII столетий можно обозначить следующие закономерности их создания:

- В первую очередь, сложение планировочных границ форт постов обусловливалось топографической ситуацией. Планировочные очертания сторожевых градов складывались соответственно природным условиям – водным потокам, овражным лощинам и косогорам. Большинство крепостей размещалось на возвышенностях (к примеру, расположение Симбирска, Свияжска), на возвышениях в междуречных зонах (расположение Алатыря, Курмыша), на высоких берегах рек (расположение Арска, Тетюш и др.). Имелись следующие планировочные конфигурации оборонительных укреплений: регулярные (конфигурация укреплений Симбирска, Корсуна, Уренска, Тагая), полигональные – то есть правильные многоугольные (конфигурация укреплений Арска, Алатыря, Цивильска, Лаишева) и нерегулярные (формы укреплений Свияжска, Тетюш, Чебоксар, Козьмодемьянска, Царевококшайска и др.). В организации городских комплексов Волго-Камья преобладала трёхчастная планировочная структура: форт – посад – слободки (в Казани, Чебоксарах, Алатыре, Лаишеве и пр.). Территориальное зонирование отвечало сословному дифференцированию жителей (проживание в фортах ратных служащих и дворян, проживание на посадских землях крестьян, ремесленнического и местного населения). Во внутренней планировочной системе дозорных градов отмечается нерегулярная структура с элементами рядового (порядковая организация в межевании дворовых зон по «длиннику и поперечнику») и дисперсно-кучевого расположения строений. Отмечены кварталы разной формы (вытянутые, квадратные, нерегулярные) разобщенные несистематичными улицами в Чебоксарах, Козьмодемьянске, Царевококшайске, Цивильске, Лаишеве. Наличие стержневых улиц, связывающих проездные вежи и ориентированных по направленности городских стен и линий бровок рек (Лаишев, Симбирск и пр.).

- Расположение структурных планировочных элементов – церквей в городах и на посадских территориях у городских ворот.

- Размещение торгов на посадской земле у входных зон градов (в Алатыре, Курмыше, Корсуне, Козьмодемьянске, Касимове) и в зоне пересечения городской и посадской территории (в Свияжске). При анализе композиционной организации Волго-Камских дозорных градов середины XVI-XVII столетий отмечено существенное влияние природных условий на сложение пространственной структуры фортов, в частности

преобладающее расположение ансамблей на возвышенностях по направлению бровок рек и водоразделов, в зонах слияния водных потоков (расположение Свияжска, Арска, Алатыря, Курмыша, Тетюш). Защитные сооружения в виде горизонталей крепостных стен и вертикалей крепостных вежей создавали визуальный акцент в окружающей среде. Местоположение доминирующих культовых построек по диагональной или треугольной системе размещения объектов. Примечательно сложение композиционной структуры сторожевых городов с доминирующими визуальными ориентирами – соборами и церквями, и массой отдельных замкнутых пространств (типичное огораживание дворов и площадей при церквях надолбами и воротами).

- Формирование первоначального композиционного плана городских комплексов на посадской территории посредством расположения доминантных культовых построек, пригородных торговых площадей и дворовой застройки поблизости к входной крепостной зоне (в Корсуне, Курмыше, Козьмодемьянске, Царевококшайске и пр.). Выявляя основные конструктивные методы построения Волго-Камских дозорных градов XVI-XVII столетий можно обозначить превалирование венцовой структуры.

- Соединение брёвен посредством врубок с остатком – «в обло», без остатка – «в лапу» и с просветом – «в режь».

- Применение каменных городских укреплений с облицовочным материалом из известнякового камня с закладкой деревянных связей (упрочения Казанской крепости).

- Использование нескольких видов защитных деревянных ограждений в сторожевых градах: тын, защитные стены «городни», оборонительные стены «тарасы».

- Применение следующих конструктивных приёмов при сооружении дозорных стен: «обламные» выступы для внедрения боя у подножия стен; сплачивание срубов с кровлей: посредством рубленых фронтонов – «самцов», посредством горизонтальных брёвен – «слег» и тонких стропил – «куриц», а также посредством рубленых фронтонов и стропильных ног – «быков»; наличие коньковой слеги, соединённой с «охлупнем»; наличие на нижних концах стропил «водотечников» для отвода воды.

- Сооружение деревянных вежей венцовой структуры в виде четверика, шестерика или восьмерика с «обламными» выступами, с ярусными деревянными перекрытиями, с шатровыми завершениями венцовой или стропильной структуры.

Список библиографических ссылок

1. Айдаров С.С. Монументальные каменные сооружения и комплексы Волжской Булгарии и Казанского ханства // Диссертация на соискание учёной степени доктора архитектуры. – М.: НИИТИАГ РААСН, 1990. – С. 95-103.
2. Кунцевич Г.З. Описание города Казани (стен и башен) 1675 года. – Казань: Изд-во Казанского Университета, 1906. – С. 1-11.
3. Города России XVI века. Материалы писцовых описаний. – М.: Изд-во «Древнехранилище», 2002. – 470 с.
4. Алфёрова Г.В. Русские города XVI-XVII вв. – М.: Изд-во Стройиздат, 1989. – С. 57-61.
5. Гуляницкий Н.Ф. История русского градостроительства X-XV веков. – М.: Изд-во Стройиздат, 1993. – 216 с.
6. Айдарова-Волкова Г.Н. Архитектурная культура Среднего Поволжья XVI-XIX веков. – Казань: Изд-во КГАСА, 1997. – С. 42-43.
7. Остроумов В.П., Чумаков В.В. Свияжск. История планировки и застройки. – Казань: Изд-во Казанского университета, 1971. – 61 с.
8. Акаемов Н.Ф. Город Курмыш в XIV-XVIII веках. Исторический очерк. – Казань: Изд-во Казанского университета, 1895. – 17 с.
9. Приволжские города и селения в Казанской губернии. – Казань: Изд-во Казанского губернского статистического комитета, 1892. – 202 с.
10. Борисов В.Л. Древняя башня в городе Арске Казанской губернии. – Казань: Изд-во Казанского университета, 1900. – С. 5.
11. Кочетков В.Д. Алатырь. – Чебоксары: Изд-во Чуваш. Кн., 1978. – 200 с.
12. Татищев В.Н. История Российская с самых древнейших времён. Книга III. – М.:

Изд-во Императорского Московского университета, 1768. – С. 351, 405, 428, 606.
13. Борисов В.Л. Город Лаишев в XVI-XVII вв. – Казань: Изд-во Императорского Казанского Университета, 1898. – С. 2.
14. Самсонов П.А. Йошкар-Ола. – М.: Гос. изд-во лит. по строит. и архитектуре, 1951. – 57 с.
15. Назарова И.В. Архитектурно-пространственная организация оборонительно-крепостных комплексов Волго-Камья середины XVI-XVII вв. // Диссертация на соискание учёной степени кандидата архитектуры. Том II. Графические материалы исследования: Чертежи, кроки, фотографии, натурные обследования. – Казань: КГАСУ, 2009. – 57 с.
16. Ключевский В.О. Сочинения. Т. 6. – М.: Изд-во соц-эк. лит, 1959. – 418 с.
17. Мартынов П.Л. Город Симбирск за 250 лет его существования. Систематический сборник исторических сведений о городе Симбирске. – Симбирск: Изд-во Симбирской учёной архивной комиссии, 1898. – С. 10.
18. Красовский В.Э. Прошлое города Корсуна. Краткий исторический очерк. – Симбирск: Изд-во Симбирской учёной архивной комиссии, 1903. – С. 8-10.
19. Следы старинной Симбирской черты в нынешней Симбирской губернии // Журнал МВД. – М.: Издание министерства внутренних дел Российской Империи, 1844. – С. 497-500.
20. Рябинский К. Город Космодемьянск Казанской губернии. – Казань: Изд-во Императорского Казанского Университета, 1890. – С. 2.
21. Гуляницкий Н.Ф. Градостроительство Московского государства XVI-XVII вв. – М.: Изд-во Стройиздат, 1994. – 194 с.
22. Олеарий А. Описание путешествия в Московию и через Московию в Персию и обратно. – СПб.: Изд. А.С. Суворина, 1906. – 582 с.
23. Зорин А.Н. Застройка и экология малых городов. – Казань: Издательство Казанского университета, 1990. – С. 16.
24. Пилявский В.И., Тиц А.А., Ушаков Ю.С. История русской архитектуры. – Л.: Изд-во Стройиздат, 1984. – 511 с.
25. Мартынов П.Л. Книга строельная города Симбирска. – Симбирск: Изд. Симб. губ. учён. архивной комис., 1897. – С. 6.
26. Перетяткович Г.И. Поволжье в XVII и начале XVIII века. Очерки из истории колонизации края. – Одесса: Изд-во Императ. университета, 1882. – С. 141-165.
27. Ащепков Е.А. Русское народное зодчество в Западной Сибири. – М.: Изд-во Академии архитектуры СССР, 1950. – С. 69-70.
28. Красовский М. Энциклопедия русской архитектуры. Деревянное зодчество. – СПб.: Изд-во Сатисъ, 2005. – С. 112, 114.
29. Сумбадзе Л. Венчатые покрытия в русском деревянном зодчестве // Архитектурное наследство. – М.: НИИТИАГ РААСН, 1958, № 10. – С. 66.

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

To the question of creation of the Volga-Kama region sentry cities of the middle of XVIth-XVIIth centuries

Resume

The majority of the cities of the Volga-Kama of XVIth-XVIIIth centuries can be referred to a type of small sentry fortresses with wooden constructive structure. Only the Kazan Kremlin had a wooden and stone structure at the end of the XVIth century.

Wood isn not a durable material therefore nowadays medieval sentry cities of the Volga-Kama are almost completely lost.

For a research of the medieval cities of the Volga-Kama the author has carried out the analysis of historical and architectural, archival and graphic sources of XVIth-XVIIIth centuries. The basic planning, composite and constructive principles of construction of the fortified cities of the Volga-Kama are revealed. Within the declared question the ancient system of a construction of the Russian cities is analyzed.

Creation of the Volga-Kama cities of XVIth-XVIIIth centuries conformed to fortification requirements of this period. No city was erected without fortifications. At this time the city and fortress had identical concepts.

Keywords: patrol, fort, hail, tower, territory of Posad, settlement, plan, composition, design.

References list

1. Ajdarov S.S. Monumental stone constructions and complexes of the Volga Bulgaria and Kazan Khanate // Dissertation for a degree of the doctor of architecture. – M.: NIITIAG RAASN, 1990. – P. 95-103.
2. Kuncevich G.Z. Description of the city of Kazan (walls and towers) of 1675 y. – Kazan: Publisher Kazanskiy Universitet, 1906. – P. 1-11.
3. Cities of Russia of the 16th century. Materials of ancient descriptions. – M.: Publisher «Drevnehranilishhe», 2002. – 470 p.
4. Alfjorova G.V. Russian cities of XVIth-XVIIth centuries. – M.: Publisher Strojizdat, 1989. – P. 57-61.
5. Guljanickij N.F. History of the Russian town planning of Xth-XVth centuries. – M.: Publisher Strojizdat, 1993. – 216 p.
6. Ajdarova-Volkova G.N. Architectural culture of Volga area of XVIth-XIXth centuries. – Kazan: Publisher KGASA, 1997. – P. 42-43.
7. Ostroumov V.P., Chumakov V.V. Sviyazhsk. History of planning and building. – Kazan: Publisher Kazanskiy Universitet, 1971. – 61 p.
8. Akaemov N.F. The city of Kurmysh of XIVth-XVIIIth centuries. Historical sketch. – Kazan: Publisher Kazanskiy Universitet, 1895. – 17 p.
9. The Volga cities and settlements in the Kazan province. – Kazan: Publisher Kazanskogo gubernskogo statisticheskogo komiteta, 1892. – 202 p.
10. Borisov V.L. Ancient tower in the city of Arsk of the Kazan province. – Kazan: Publisher Kazanskogo universiteta, 1900. – P. 5
11. Kochetkov V.D. Alatyr. Cheboksary: Publisher Chuvash. Kn., 1978. – 200 p.
12. Tatishhev V.N. The history Russian since the most ancient times. Book III. – M.: Publisher Imperatorskiy Moskovskiy Universitet, 1768. – P. 351, 405, 428, 606.
13. Borisov V.L. The city of Laishev in the XVIth-XVIIth centuries. – Kazan: Publisher Imperatorskiy Kazanskiy Universitet, 1898. – P. 2.
14. Samsonov P.A. Joshkar-Ola. – M.: Gos. izd-vo lit. po stroit. i arhitekture, 1951. – 57 p.
15. Nazarova I.V. The architectural and spatial organization of the defensive Volga-Kamya complexes XVI-XVII centuries // Dissertation of a scientific degree of the candidate of architecture. Volume II. Graphic materials of a research: Drawings, sketch map, photos, investigations. – Kazan: KGASU, 2009. – 57 p.
16. Kljuchevskij V.O. Compositions. V. 6. – M.: Publisher soc-ek lit, 1959. – 418 p.
17. Martynov P.L. The city of Simbirsk in 250 years of its existence. Collection of historical data on the city of Simbirsk. – Simbirsk: Publisher Simbirskoj uchjonoj arhivnoj komissii, 1898. – P. 10.
18. Krasovskij V.Je. Past of the city of Korsuna. Short historical sketch. – Simbirsk: Publisher Simbirskoj uchjonoj arhivnoj komissii, 1903. – P. 8-10.
19. Traces of ancient Simbirsk line in the present Simbirsk province // Jurnal MVD. – M.: Izdanie ministerstva vnutrennih del Rossijskoj Imperii, 1844. – P. 497-500.
20. Rjabinskij K. City of Kosmodemyansk of the Kazan province. – Kazan: Publisher Imperatorskiy Kazanskiy Universitet, 1890. – P. 2.
21. Guljanickij N.F. Town planning of the Moscow state of the XVI-XVIIth centuries. – M.: Publisher Strojizdat, 1994. – 194 p.

22. Olearij A. The description of a travel to Moskovia and through Moskovia to Persia and back. – SPb.: Izd. A.S. Suvorina, 1906. – 582 p.
23. Zorin A.N. Building and ecology of the small cities. – Kazan: Publisher Kazanskiy Universitet, 1990. – P. 16.
24. Piljavskij V.I., Tic A.A., Ushakov Ju.S. History of the Russian architecture. – L.: Publisher Strojizdat, 1984. – 511 p.
25. Martynov P.L. Construction book of Simbirsk. – Simbirsk: Izd. Simb. gub. uchen. arhivnoy komis., 1897. – P. 6.
26. Peretjatkovich G.I. The Volga region in XVII and the beginning of the XVIIIth century. History of colonization of edge. – Odessa: Publisher Imperat. universitet, 1882. – P. 141-165.
27. Ashhepkov E.A. The Russian national architecture in Western Siberia. – M.: Publisher Akademii arhitektury SSSR, 1950. – P. 69-70.
28. Krasovskij M. Encyclopedia of the Russian architecture. Wooden architecture. – SPb.: Izd-vo Satis, 2005. – P. 112, 114.
29. Sumbadze L. Venchaty coverings in the Russian wooden architecture // Arhitekturnoe nasledstvo. – M.: NIITIAG RAASN, 1958, № 10. – P. 66.

УДК 72.03
Русинова А.А. – архитектор
E-mail: nastia001@list.ru
ОАО «Моспроект-3»
Адрес организации: 107031, Россия, г. Москва, ул. Кузнецкий мост, д. 3

Архитектурно-планировочная организация домовладений в уездных городах Казанской губернии во второй половине XIX века

Аннотация

В статье показаны отличия в архитектурно-планировочной организации домовладений у различных народностей, населявших губернии, связанные с традициями ведения хозяйства и совершения определенных ритуалов. Сложнее всего процесс урегулирования земельных наделов происходил среди мусульманского населения в связи с требованием выноса жилого дома на линию застройки улицы. Функциональное зонирование и обустройство домовладений частично было заимствовано у русского населения. Под влиянием различных социально-экономических условий структура внутридворового пространства постоянно изменялась. Сословное и имущественное положение горожан всегда отражалось на структуре домовладения. Дифференциация домовладений становится менее заметной по этническому признаку, на первый план выходят отличия имущественного характера.

Ключевые слова: домовладения, русское, татарское, марийское, чувашское население, функциональное зонирование, периметральная застройка, красная линия, хозяйственные постройки, сад, летняя кухня.

В настоящее время современная застройка в ряде случаев оказывает негативное воздействие на исторически сложившуюся структуру городов. Таким образом, исчезает создававшаяся веками самобытность внутридворовых пространств среди различных народностей, населяющих бывшие уездные города Казанской губернии.

Изучение архитектуры, планировочных особенностей домовладений русского, татарского, марийского, чувашского населений, выявление характерных элементов этого культурного наследия актуальны и представляют научную и практическую значимость, имеют огромный потенциал и перспективы развития. Исследование домовладельческих структур в сравнительном анализе позволит интерпретировать градостроительные и планировочные особенности у различных народностей, понять культурные и религиозные ценности на уровне устройства быта различных семей.

Исследования по организации и развитию домовладений уездных городов Казанской губернии проводились следующими авторами: А.Н. Зорин, А.И. Козлова, В.Г. Кудрявцев, Г. Матвеев, Ю.Г. Мухаметшин, Н.Х. Халитов.

Организация внутридворового пространства регулярного периода в селениях татар, марийцев и чуваш происходила под влиянием общих тенденций зонирования и достижений того времени, привнесших окружающим их русским населением.

В середине XIX века для русских домовладений в уездных городах Казанской губернии характерно общее функциональное зонирование: парадная, хозяйственная, сад. К парадной относились жилой дом, флигели, торговая лавка со складом, амбары, беседка, колодец. К хозяйственной – баня, дровяной сарай, ледник, конюшни, каретник, поветь, помойная яма. Парадная часть могла включать палисад. Парадная зона была ядром всего усадебного комплекса. Как правило, хозяйственная зона отделяла парадную зону и сад. Хозяйственная зона могла делиться на холодные службы для дома и зону скотного двора. Сад (огород) занимал от половины до четверти площади всего участка (рис. 1).

Рис. 1. Владение губернской секретарши Ф.А. Петровой (периметральная застройка), г. Свияжск, ул. Успенская, 1853 г. Слева направо: ситуационный план, план домовладения [1]

Среди русской части населения дома богатых купцов были окружены различными пристройками, в которых жили их служащие. Во дворе почти всегда имелась баня. Двор всегда имел такой размер, что на нем свободно размещались 20-40 груженых телег. На домовладении купца Борхина в Чистополе располагались дом, склады для хранения товаров, помещения для содержания скота и магазин. Значительную площадь занимал сад, служивший местом отдыха.

Решения по организации владельческих мест у других этнических групп, населявших губернию, отличались от русского населения в зависимости от традиционного уклада жизни, мест обитания, сложившейся системы расположения наделов.

Для мусульманского населения в дорегулярный период упорядоченный тип расположения строений внутри наделов был не характерен. Планирование владения и организация быта подчинялись законам мусульманской религии максимально скрывавшей любую деятельность от посторонних взоров. Такой принцип застройки кардинально отличался от принципа регулярности и застройки улиц по красной линии (рис. 2).

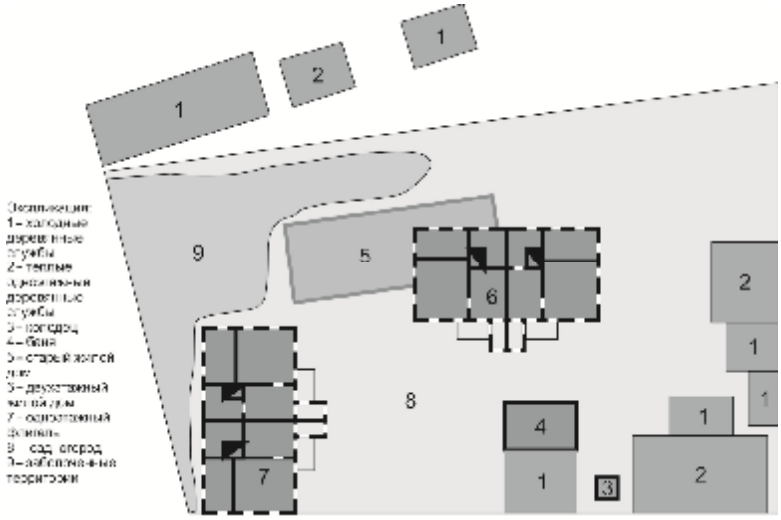


Рис. 2. План домовладения купца Х.Х. Тагирова (периметральная застройка), г. Чистополь, 1887 г. [2, с. 151]

В татарских домовладениях традиционно повсеместно сложилось обособленное, в возможном удалении от хозяйственных служб, расположение жилища. Как правило, надворные постройки не соединялись с домом.

В татарских домовладениях существовало два типа устройства двора. Один из них представляет собой группу хозяйственных служб, поставленных в отрыве друг от друга, от жилища (открытый). Другой – взаимосвязанные постройки, размещенные по всему периметру двора под общей кровлей (закрытый и полузакрытый). Открытые и полузакрытые типы дворов составляют два типа планировки: бессистемная и системная.

Бессистемную планировку татарских наделов можно объяснить на их начальных этапах формирования. В хозяйствах татар до массового внедрения крытых животноводческих помещений преобладала традиция содержания скота в загонах, под навесами в любой части участка. По мере возрастания практики стойлового ухода за скотом и развития крытых построек, оформлялась упорядоченная застройка по периметру двора.

Распространение регулярной застройки способствовало трансформации бессистемной планировки с сокращением размеров владений, появлению «П» и «Г»-образных, одно- и двухрядных типов. Участок с домом за резной оградой и отдельно стоящими по периметру хозяйственными постройками становился для татар наиболее типичным и массовым несмотря на вариации по величине и зависимости от социально-экономического положения хозяев.

Отдельно сохранившаяся и характерная для татарского населения жилая застройка с разобщенными надворными постройками, не связанных с домом, вполне удовлетворяла правилам пожарной безопасности. Брандмауэры считались редкостью в татарских кварталах, соблюдались разрывы между строениями.

Особенностью организации домовладения среди мусульманской части населения в конце XIX века было преобладающее положение жилища узкой торцевой стеной к улице. При таком расположении окна располагались внутри двора, а глухая стена выходила на улицу. Расположение двери и окон объясняется религиозными традициями: намаз совершается на юг, а молиться, обращаясь к двери, считалось неудобным.

Традиция огораживания усадьбы у татарского населения имела особое значение. Особенно тщательно огораживался передний двор, прежде всего со стороны улицы. Чаще заборы сооружали деревянные и глухие. Заборы из кирпича или камня преимущественно строились в крупных торгово-промысловых уездных городах в усадьбах богатой прослойки населения.

В конце XIX-начале XX вв. широко применялись низкие створчатые ворота на двух или трех столбах с решетчатым полотном («татарские ворота»). В сочетании с оградой из плетня, открытым типом двора, расположением жилища в удалении от уличной ограды, раздельным положением строений они придавали усадьбе «татарский колорит». Со временем распространение получили высокие ворота, известные как «русские», отличавшиеся от «татарских» двухскатной кровлей, укрепленной на перекладинах поверх 2-3 столбов.

Среди дворовых строений часто встречалась летняя кухня *алачик,* имевшая одновременно жилое и хозяйственное назначение. Летом в ней размещались старшие члены семьи, где готовили пищу. Кухни сооружали одно или двухкамерные, нередко с отдельными входами. Одно из помещений являлось кухней, а второе – хранилищем [3. с. 6].

Традиционное татарское жилище различалось числом входов в дом и их расположением: одним со стороны двора или двумя со стороны улицы и двора. Рядом стоящий дом соединялся по второму этажу с основным – крытым переходом с разноцветными стеклами окон. Распространение террасы среди татарского населения было обусловлено влиянием русских традиций в домостроении.

Под влиянием урегулирования к концу XIX века татарская усадьба претерпевала некоторые изменения: застройка усадебного участка становилась периметральной, а не разобщенной; уплотнялась структура квартала за счет увеличения надворных построек; сокращалась длина и высота заборов; появились входные крыльца, устроенные с улицы, а не со двора. Данные изменения происходили постепенно и в уездных городах распространялись на центральные кварталы и торговые улицы. На периферийных участках сохраняется во многом традиционная застройка, учитывающая национальные особенности устройства владений.

Специфическая особенность, распространенная среди мусульманского населения уездных городов, заключалась в оформлении не главного уличного фасада, а дворового, который и выявлял структуру жилища. На нем отчетливо выделяются характерные черты

мусульманского жилища: стремление отнести жилье подальше в глубину двора и отгородиться от улицы; деление дома на мужскую и женскую половины; наличие летней и зимней изб, соединенных переходом; композиционное и декоративное своеобразие. Однако в ходе исследования отмечено, что во второй половине XIX века наблюдается одинаковая картина в центральных районах уездных городов среди русского и татарского населения. Важную роль в этом сыграла торгово-транспортная функция, осуществляемая уездными городами: жилой дом и лавку удобнее и выгоднее стало размещать по фронту улицы, само жилье становится товаром, вместо дворовых построек строятся многоквартирные дома для сдачи внаем. Экономическая выгода и удобство размещения становятся преобладающими факторами при застройке владений [4].

Владельческие места марийского и чувашского населения имели свои особенности, связанные зачастую с выбором места для расселения. Имея традицию расселяться на открытых свободных участках, планировки селений не были подчинены законам строгой геометрии и следовали естественным условиям местности. Наделы, как правило, располагались с привязкой к родственным отношениям по близости друг к другу.

Старинный тип планировки марийской усадьбы заключается в размещении в одном дворе с одними воротами нескольких изб. В такой планировочной традиции заметны сохранившиеся пережитки больших неразделенных семей. Все постройки свободно располагались на открытой территории двора. Характерны различные формы связи жилища с дворовыми постройками. Появление двухрядной и однорядной форм планировки объясняется влиянием русского населения (рис. 3) [5, с. 42].

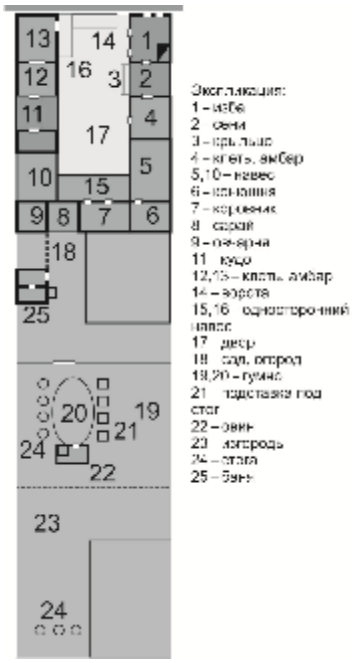


Рис. 3. План домовладения, г. Царевококшайск (периметральная застройка), 1895 г. [6, с. 230]

В дорегулярный период усадьба марийцев *суртолмо* состояла из двух частей: первая – двор с соответствующими строениями, вторая – задворная часть (гуменная ограда). Двор занимал почти половину всей территории участка. Сюда входила изба с пристроенными к ней сенями, клеть, амбар для хлеба, летняя кухня, хлев, сеновал, сарай или навес на столбах, выходившие на улицу и в огород ворота. Владение в плане чаще всего имело форму прямоугольника, в передней части находились жилые постройки, амбар и ворота, а с боковых сторон – хозяйственные постройки.

В традиционный ансамбль построек марийского домовладения органично входила оригинальная постройка *кудо*. Ее назначение видоизменялось в разные исторические периоды. Изначально она использовалась как сакральное помещение и служила местом отправления культовых обрядов. Эта традиционная постройка состояла из двух отделений (большое и маленькое) и предназначалось для домашнего духа. Позднее его

функции определялись хозяйственно-бытовым назначением в качестве летнего жилища и кухни [6, с. 221].

За двором обычно находится огород и гумно. Доступ в огород, расположенный в задней части участка, осуществляется через калитку в заборе или ворота в задней стене сарая.

В пространственной организации построек марийского домовладения выделяется традиционное сооружение для сушки снопов – *овин*. Это небольшая коническая постройка располагалась на огороде или гумне, сооружалась из тонких жердей и возвышалась над глубокой ямой. Оригинальная конусообразная конструкция широко используется в традиционной культуре марийцев. Она является формообразующей основой в хозяйственных постройках, что связано с мировоззрением местного населения, его религиозно-мифологическими представлениями [6, с. 222].

Композиционным центром многих марийских домовладений являются отдельно стоящие деревья или группа деревьев культового назначения. Они выделяются размерами и масштабом. Среди деревьев (липы, березы, рябины, черемухи) в роще проходили семейные моления и жертвоприношения.

В создании архитектурного ансамбля отдельных владений важную функцию выполняли ворота и ограждения. Ворота – непременный атрибут в комплексе рощ и кладбищ. Согласно религиозно-мифологическим представлениям ворота «…воспринимались как символ городского пространственного мира…». Они строились в естественной связи с остальными постройками усадьбы. По ним определялось благосостояние хозяина. Форма и конструкция ограждения способствовали взаимосвязи построек с естественным природным ландшафтом [7, с. 35].

Чувашские поселения отличались озелененностью большой высоты. При подъезде к чувашским селениям их застройка практически не была видна из-за зелени и расположения в оврагах.

Чувашская усадьба также как и марийская разделялась на передний и задний двор. Дом ставился в передней части отдельно или на красную линию улицы или за оградой в глубине владения. Обычный двор крестьянина состоял из двух изб, 1-2 двухэтажных амбаров, холодных служб для хранения урожая и содержания скота. У зажиточной части населения владение включало многочисленные строения (до 30 на участке), у бедняков состав строений ограничивался одной избой, сенями, иногда заменявшими амбар, и хлева. Обязательным было ограждение участков, как правило, дубовым забором (рис. 4).

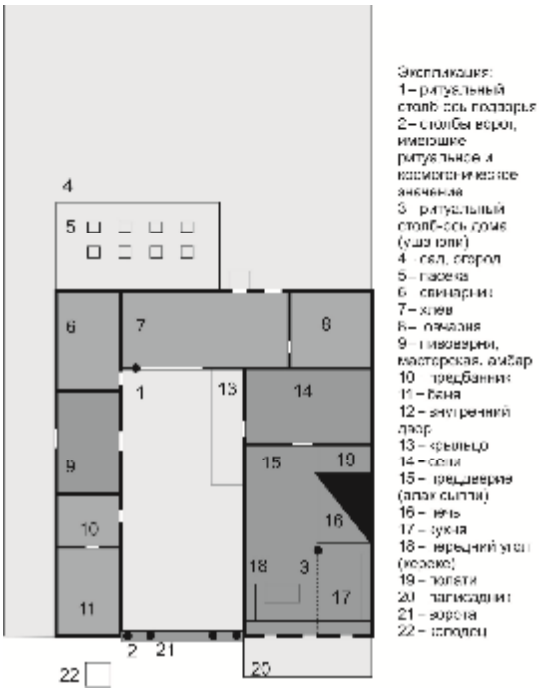


Рис. 4. План домовладения И.П. Петрова (периметральная застройка), г. Чебоксары, 1887 г. [8]

Хозяйственные постройки размещались в заднем дворе. У крестьянина со средним достатком они состояли из хлева, сарая, погреба, амбара и конюшни. Иногда хозяйственные постройки возводили позади дома под одной крышей. Для бани не всегда находилось место внутри участка, иногда баня возводилась на удалении от владельческого места, на склоне оврага или у реки. Почти в каждом чувашском дворе существовала летняя кухня – *лас*.

Жилая застройка чувашских наделов формировалась жилыми комплексами двух типов: «П»-образными и застройкой с несвязанными между собой строениями. Первый тип появился под влиянием русского зодчества и имел свои особенности. Он был более обширным, нередко неправильной конфигурации. Если дом ставился на красную линию улицы, то фасад усадьбы был нерасчлененным. Ворота и ограда под единой крышей связывали воедино дом и амбар. Второй тип усадьбы с разрозненными надворными постройками сохранил традиционные черты патриархальных владений чуваш. Застраивая двор по периметру, чуваши могли не соединять между собой хозяйственные постройки вплоть до начала XX века.

Если двор имел двухкамерное жилище, то оно располагалось на линии улицы рядом с воротами. В одном из свободных углов владения устраивались ворота на задний двор-огород, где часто располагали погреб.

Вход в дом устраивался с внутренней стороны двора, только зажиточные крестьяне строили иногда парадное крыльцо с выходом на улицу. Уличная сторона дворового пространства всегда загораживалась глухими воротами (в т.ч. русскими воротами с крышей) или изгородью с калиткой. В качестве ограды в лесной зоне был распространен вертикальный плетень из дубовой драни. В местностях, бедных лесом, широко использовалось прясло – изгородь из горизонтальных жердей.

Наибольшее распространение среди хозяйственных построек получили двухэтажные амбары (4,5-6 м в ширину и до 8-9 м в длину). Строились они четырехстенными с конструкцией высокого сруба, разделенного на два этажа. На уровне пола обоих этажей устраивалось крыльцо. Данная хозяйственная постройка у чувашей появилась под влиянием традиций северного лесного зодчества марийцев.

Чувашский *лас, лачуга* (размеры от 3 до 6 м) – это четырехстенный сруб, сложенный из камней, с земляным полом, без потолка и окон. Лас в летнее время служил кухней, здесь готовили и принимали пищу, варили пиво. Лачугу не всегда ставили во дворе, для безопасности в отношении пожара ее выносили иногда в огород.

Традиционная лачуга с открытым очагом имела много сходства со срубной летней кухней у ряда групп татар, марийцев. Чувашская лачуга носила только утилитарную хозяйственную функцию и не являлась культовой постройкой, как у марийцев, у которых *кудо* (лачуга) делилась на два помещения, одно из которых служило для семейного обряда жертвоприношения [8, с. 140].

Во дворе у чувашского населения существовали различные по назначению навесы. Для хранения транспортных средств: телеги (*урапа*), дрог (*варам урапа*), снопов (*карман*) и саней (*суна*) предназначался навес называемый *лупасай* [8, с. 141].

В результате введения новшеств в планировочные структуры городов, кварталов, развитием транспортно-экономических отношений среди населения в уездных городах Казанской губернии происходили процессы ассимиляции друг с другом. Регулярное строение пришло на смену традиционной организации пространств.

В ходе проведения исследования выявлены:

- основные регионально-национальные особенности планировки татарских домовладений: применение полузакрытого нерегулярного типа застройки под навесом; размещение жилища внутри двора или глухой торцевой стороной к улице, под углом к ней с устройством палисадника; наличие строения с функцией летней кухни.

- регионально-национальные особенности планировки марийских домовладений: применение открытого периметрального типа застройки; размещение в одном дворе нескольких домов; наличие огорода; наличие строений – кудо (культовая постройка), двухэтажного амбара с галереей, соединенной с жилым домом, конусообразного сооружения для сушки снопов, ритуального столба-оси подворья.

- регионально-национальные особенности планировки чувашских домовладений: «П»-образное расположение хозяйственных построек; наличие сада-огорода; наличие строений – двухэтажного амбара, появившегося под влиянием марийского населения, лачуги, не являвшейся культовой постройкой.

Несмотря на особенности обустройства домовладения среди различных народностей внедрение новых технологических процессов нашло отражение в каждом из них. Изменялась функциональная и планировочная организация внутри владельческого пространства. Менялся состав и тип строений, входящих в структуру владельческих мест: исчезают амбары, хлева, каретники, бани. Задние части домовладений горожан освобождаются от традиционных построек, предназначенных для обработки зерна. Сокращение числа необходимых хозяйственных строений и маломерность земельных наделов явились естественным следствием развития двора в условиях города.

Список библиографических ссылок

1. НАРТ: г. Свияжск, Большая улица (Переулок). План, фасад и разрез на постройку деревянного 1-этажного на каменном фундаменте дома и ворот губернской секретарше Ф.А. Петровой. ф. 408, оп. 2, д. 1617., 1853 г.
2. Зорин А.Н. Застройка и экология малых городов: Опыт регионального историко-этнографического исследования – Казань: Издательство Казанского университета, 1990. – 280 с.
3. Халитов Н.Х. Памятники архитектуры Казани XVIII-начала XIX вв. – М.: Стройиздат, 1989. – 191 с.
4. Айдаров Р.С. Татарская деревянная усадьба в архитектурном пейзаже Казани второй половины XIX – начала XX веков // ravilaidarov.ru. URL: http://ravilaidarov.ru/tatarskaya-derevyannaya-usad-ba-v-arhitekturnom-pejzazhe-kazani-vtoroj-poloviny-hih-nachala-hh-vekov/ (дата обращения: 27.09.2016).
5. Андреянов А.А. Город Царевококшайск: Страницы истории (к. XVI-н. XVIII в.). – Йошкар-Ола, 1991. – 96 с.
6. Козлова К.И. Очерки этнической истории марийского народа – М.: Изд-во МГУ, 1978. – 344 с.
7. Иванов В.П., Николаев, В.В., Димитриев, В.Д. Чуваши: этническая история и традиционная культура. – М.: Изд-во ДИК, 2000. – 100 с.
8. Козлова К.И. Этнография народов Поволжья. – М.: Изд-во МГУ, 1964. – 175 с.

Rusinova A.A. – architect
E-mail: nastia001@list.ru
JSC «Mosproekt-3»
The organization address: 107031, Russia, Moscow, Kuznetsky Most st., 3

Architectural and planning organization of households in the county-level cities of Kazan province in the second half of XIX century

Resume

The study found differences in the architectural design of houses in pre-regular period, different nationalities associated with the traditions of farming and certain rituals. The most difficult process of resolving land holdings occurred among the Muslim population in connection with the removal of the requirement of a dwelling house on the street building line.

Functional zoning and construction of houses was partly borrowed from the Russian population. Under the influence of different socio-economic conditions intradomestic structure of the space is constantly changing. The composition of the structures depending on the type of activity of the householder and his opportunities. The functional orientation of the home owner activity was manifested in features of the organization of homeownership. The estate and property status of citizens is also always reflected in the structure of the household. Residential construction of the richest part of citizens was characterized by the vastness of the territory, a

special composition outhouse. Differentiation of households becomes less visible because of their ethnicity to the fore differences in material nature.

Keywords: households, russian, tatar, mari, chuvash population, zoning, perimeter buildings, red line, outbuildings, garden, summer cuisine.

Reference list

1. NART: Sviyazhsk, Bolshaya Street (alley). Plan and section of the facade for the construction of a wooden one-story house on a stone foundation, and the gates of the provincial secretary F.A. Petrovoy. f. 408, op. 2, d. 1617, 1853.
2. Zorin A.N. Buildings and ecology of small towns: experience of regional historical and ethnographic research. – Kazan: Publishing House of Kazan University, 1990. – 280 p.
3. Halitov N.H. Kazan architecture Monuments XVIII-XIX centuries. – M.: Stroyizdat, 1989. – 191 p.
4. Aydarov R.S. Tatar wooden manor house in the architectural landscape of Kazan the second half of XIX-early XX centuries // ravilaidarov.ru URL: http://ravilaidarov.ru/tatarskaya-derevyannaya-usad-ba-v-arhitekturnom-pejzazhe-kazani-vtoroj-poloviny-hih-nachala-hh-vekov/ (reference date: 09.27.2016).
5. Andreianov A.A. City Tsarevokokshaisk: Pages of History (end of XVI-the beginning of the XVIII century). – Yoshkar-Ola, 1991. – 96 p.
6. Kozlova K.I. Essays of ethnic history of the Mari people. – M.: MGU, 1978. – 144 p.
7. Ivanov V.P., Nikolaev V.V., Dimitriev V.D. Chuvash: ethnic history and traditional culture. – M.: Publishing House of the DIC, 2000. – 100 p.
8. Kozlova K.I. Ethnography of Volga river citizens. – M.: MGU, 1964. – 175 p.

УДК 72
Сайфуллина Л.Ш. – доцент
E-mail: lasaif@mail.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, Казань, ул. Зеленая, д. 1

Дворец культуры им. В.И. Ленина в Казани. К истории создания

Аннотация

Архитектура советского периода вызывает все больший научный и практический интерес у специалистов, занимающихся сохранением культурного наследия. Новые научные данные по истории проектирования и строительства объектов послевоенного этапа истории советской архитектуры очень важны для определения историко-культурной значимости многих исторических зданий и в городе Казани.

Ключевые слова: объект культурного наследия, памятник архитектуры советского периода, предмет охраны, программа сохранения.

«Дворец культуры им. В.И. Ленина, 1950-е годы» объект культурного наследия местного (муниципального) значения, расположенный по адресу город Казань, ул. Копылова, д. 2а, был поставлен на государственный учет как вновь выявленный объект культурного наследия приказом № 1031 Министерства культуры Республики Татарстан от 21.09.2015 года [1]. До этого времени здание рассматривалось как рядовое культурно-просветительское учреждение, находящееся в собственности двух юридических лиц: Комитета земельных и имущественных отношений муниципального образования города Казани и Комитета по управлению коммунальным имуществом администрации города Казани.

Для включения в перечень памятников была проведена Государственная историко-культурная экспертиза, в ходе которой государственным экспертом Забировой Ф.М. была выявлена необходимость более глубокого исследования истории создания и строительства этого уникального для Казани здания. Дворцов культуры этого периода строительства в Казани всего три: ДК им. В.И. Ленина (исследуемый), ДК Саид-Галеева в поселке Дербышки и ДК железнодорожников в поселке Юдино.

Специалисты Института архитектуры и дизайна КГАСУ уже не раз обращались к теме историко-архитектурного наследия советского периода нашего города. Материалы дипломных проектов по этой тематике не раз представлялись на международных конкурсах и специализированных выставках в республике и городе. Формат и структура дипломного проекта позволяют провести работу и создать научно-проектную документацию в составе очень близком к реальному проекту реставрации и приспособления для современного использования. Материалы дипломного проектирования по кафедре Реконструкции, реставрации архитектурного наследия и основ архитектуры неоднократно становились базой документов государственных органов контроля охраны и использования объектов культурного наследия.

Целью дипломного проекта 2016 года по специальности 270200 Анисимовой Юлии Леонидовны под руководством автора статьи было более тщательное исследование состояния и перспектив использования данного объекта (рис. 1).

Своевременность и актуальность изучения наследия советского периода в архитектуре неоднократно подчеркивалась в печати и на научно-проектных конференциях различного уровня [2]. Следует отметить, что в сфере внимания специалистов оказываются все более «молодые» здания. Если ранее интерес был больше к периоду 1920-1930-х годов, то постепенно он стал проявляться и к зданиям послевоенного периода, а теперь уже и застройке 60-х годов прошлого века [5]. Этот процесс объясняется несколькими моментами: утилитарная необходимость – очередь капитальных ремонтов доходит до зданий этого периода; укрепляющаяся система государственного контроля сохранения и использования объектов культурного наследия в целом и, особенно, в нашей республике через систему специальных программ и отдельных специалистов в администрации Президента Республики Татарстан.

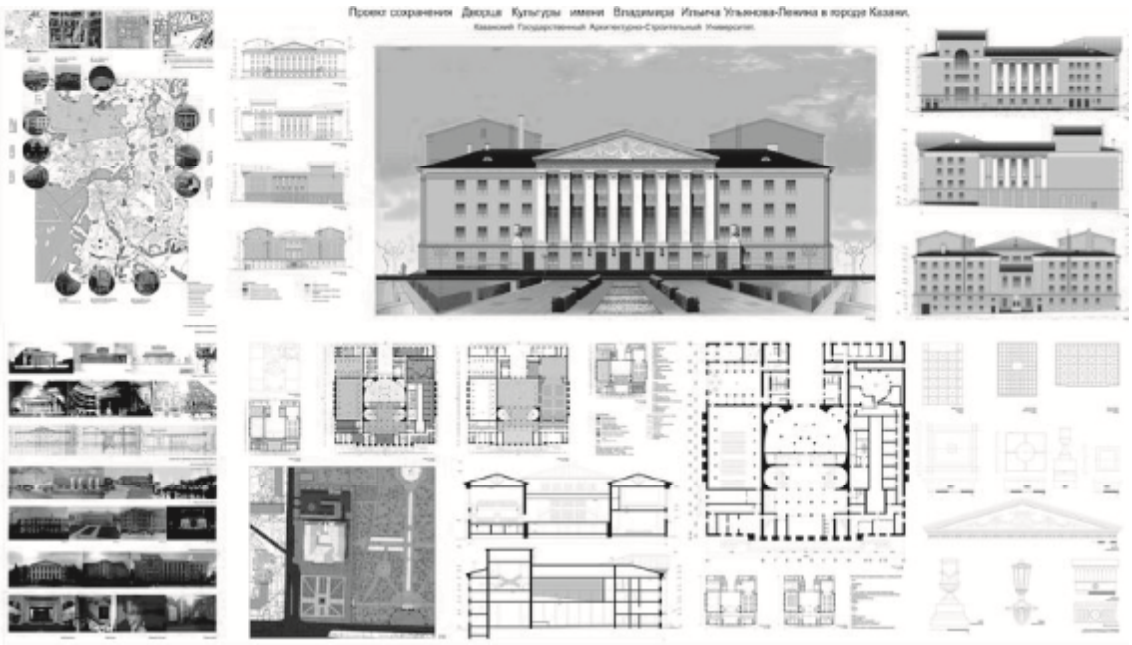


Рис. 1. Дипломный проект Анисимовой Ю.Л. Кафедра РРАНиОА, руководитель доцент Л.Ш. Сайфуллина, 2016 г.

Одним из определяющих факторов при выяснении историко-культурной ценности любого сооружения является его градостроительное значение и сохранность историко-архитектурной среды его современного состояния относительно момента строительства. С этой точки зрения застройка советского периода находится под угрозой: показатели плотности такой застройки не соответствуют современным градостроительным нормам, и возникает соблазн ее «уплотнения». В результате таких реконструкций зачастую теряется ключевая характеристика застройки – ее архитектурно-пространственная целостность, прошедшая испытание временем и только культурно обогатившаяся за годы существования.

Район «Соцгород» (известен по документам проектирования как поселок имени Серго Орджоникидзе) в настоящее время проходит процедуру включения его в перечень объектов культурного наследия в качестве достопримечательного места. Это предложение Министерства культуры РТ получило единогласную поддержку научно-методического совета при министерстве культуры. Следует отметить, что в материалах Государственной историко-культурной экспертизы по обоснованию этого предложения были использованы материалы дипломного проекта кафедры РРАНиОА КГАСУ 2014 года «Монументальное и декоративно-художественное оформление фасадов жилых и общественных зданий города Казани 1930-50-х годов», дипломник Абдуллина Т.Р., руководитель Сайфуллина Л.Ш.

Дворец культуры им. В.И. Ленина был сдан в эксплуатацию в 1961 году, став практически последним крупным общественным зданием Казани, построенным в стиле сталинского ампира его последних лет. Особенно ценным стало его размещение как завершение композиционной оси улицы Копылова (ранее Белинского) застройки исторического комплекса известного как «Соцгород», проектирование которого велось еще с 1930-х годов в мастерской академика архитектуры И.В. Жолтовского. Основная часть застройки поселка была готова к окончанию войны. За военные годы расширилась территория Казани в северном направлении: население микрорайона выросло в несколько раз за счет эвакуированных специалистов и расширения авиационного производства в этой части города. Социальный заказ на собственный объект культуры в этом районе созрел уже к окончанию Великой Отечественной войны.

История создания здания Дворца культуры им. В.И. Ленина до настоящего момента не может считаться полностью выясненной, так как проведенные исследования поставили ряд вопросов и необходимость уточнить детали проектирования.

В ходе историко-архивных и библиографических исследований по объекту были выявлены новые архивные документы, которые позволили уточнить авторство проекта и некоторые опубликованные данные по его истории [6]. В документах архива Главного управления архитектуры и градостроительства хранятся альбомы фотографий двух проектов будущего здания Дворца культуры [7].

Первый проект Дворца культуры завода им. Горбунова (по заданию) был представлен в 1951 году архитектурно-планировочной мастерской Управления по делам архитектуры при Совете Министров ТАССР. Главным архитектором проекта был известный казанский архитектор Р.М. Муртазин. В 1952 году на рассмотрение был представлен второй проект, выполненный уже Республиканской проектной конторой «Татпроект» при министре коммунального хозяйства ТАССР. Руководителем второго проекта также был Р.М. Муртазин. Общим для обоих проектов оставался заказчик – «Предприятие п/я № 747». Здание по штампам чертежей значится как «Дворец культуры в Ленинском районе г. Казани» (рис. 2-3).

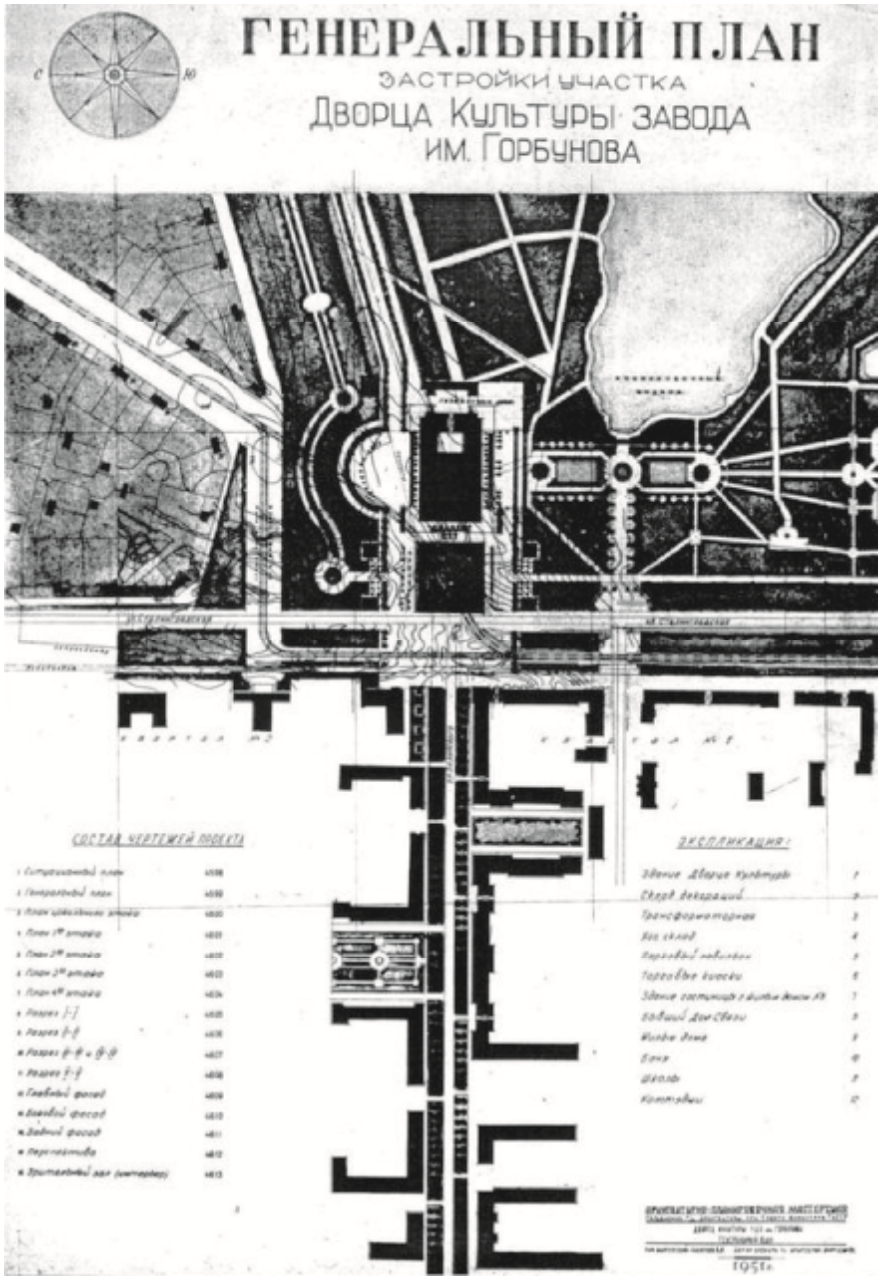


Рис. 2. Проекта Дворца культуры им. Горбунова в г. Казани 1951 года. Фрагмент генплана

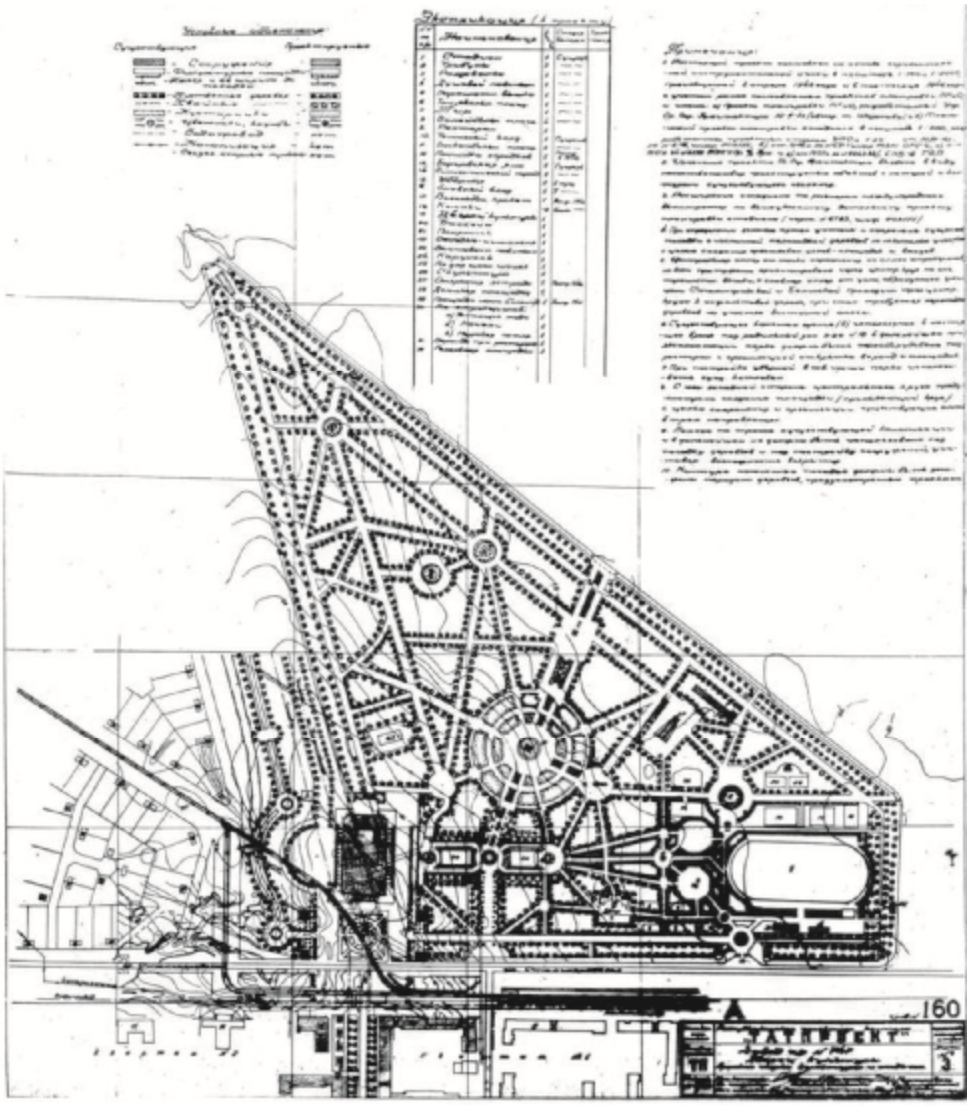


Рис. 3. Проект Дворца культуры в Ленинском районе г. Казани 1952 года. Фрагмент генплана

Оба проекта предлагали монументальное здание со зрительным залом на 12000 мест, архитектура которых представляла собой яркие примеры величественной, победоутверждающей архитектуры общественных зданий послевоенного периода. Композиции планов строились по оси улицы Копылова (тогда Белинского), а главный фасад завершал и фиксировал композиционную ось застройки поселка. Здания предполагались многозальными, с новыми для того времени функциями в едином объеме учреждения культуры: библиотека, спортзалы, театральный и кинозалы, кружковые и пр. Композиция фасадов первого варианта строилась на приемах классической архитектуры – колоннада портика главного фасада, боковые фасады полностью оформлены рядом колонн. Во втором варианте использование этого приема было более умеренным – только для выделения портиков фасадов. Архитектурный анализ этих проектных предложений может составить предмет отдельного исследования.

Актуальными выводами историко-архивного исследования в рамках данного дипломного проекта должна стать информация о проектировании парка, на территории которого размещалось здание. В обоих проектных предложениях благоустройство территории Дворца культуры включалось в планировочную композицию самого парка «Крылья Советов». Кроме того, в обоих вариантах одна из планировочных осей парка ориентирована на боковой (обращенный в сторону парка) фасад здания. Можно предположить, что эта территория парка должна была активно использоваться именно на фоне величественного фасада. В настоящее время следов реализации первоначальных

планов парка на территории нет, изменился и контур территории Дворца культуры. При этом необходимо отметить продемонстрированный проектировщиками комплексный подход к проектированию и объекта и парка, полностью принимавший замыслы первоначального проекта застройки поселка и обеспечивший его идейную и архитектурно-пространственную преемственность.

К сожалению, пока не удалось выяснить причины и обстоятельства представления двух проектов в таком небольшом временном отрезке. Остается только предполагать, что это связано с правилами системы проектирования и строительства того времени. На настоящий момент не существует документально подтвержденной хронологии проектного процесса Казани 60-х годов прошлого века и это тоже может и должно стать предметом научного исследования в ближайшем будущем.

По данным известного исследователя архитектуры Казани С.П. Саначина строительства Дворца культуры было начато в 1953 году по переработанному проекту учебного комбината завода им Горбунова в Нижнем Тагиле архитектора Емельянова. Возможности побывать в Нижнем Тагиле у авторов дипломного проекта не было, а сходства и подтверждений что ДК им. В.И. Ленина в Казани с постройкой архитектора Емельянова в Нижнем Тагиле не обнаружено [4].

При проведении исследования по выяснению имущественной принадлежности ДК им. В.И. Ленина в разные годы было выяснено, что это было учреждение так называемого отраслевого принципа и на каком-то этапе было Дворцом культуры завода им. Горбунова. При попытке выяснить наличие архивных документов в администрации завода была получена информация о хранении всей проектной документации по его объектам в отраслевом проектном институте «ГИПРОНИИАВИАПРОМ», в частности его филиале в Казани. При запросе документов на предложение по реконструкции территории парка были обнаружены документы по реконструкции самого здания 2006 года, когда он еще не числился в перечне вновь выявленных объектов культурного наследия. В чертежах по реконструкции были ссылки на архивные чертежи 1956 года. Хочется выразить особую благодарность Генеральному директору ЗАО «ГИПРОНИИАВИАПРОМ» Тихомирову Борису Ивановичу и Главному архитектору этого института Дубоссарскому Давиду Шаевичу за многолетнее сотрудничество с кафедрой РРАНиОА. В этот раз институт предоставил архивные чертежи рабочего проекта, по которым было построено здание ДК им. В.И. Ленина [8]. По штампам основных чертежей стал известен авторский коллектив проекта и дата его создания: чертежи выпущены в 1957 году за подписью: архитектор А. Кириллов, конструкторы Становов, и Ю. Мочалов.

Персоналии этих специалистов также могут стать темой отдельного исследования. Больше информации обнаружено о Ю. Мочалове, который ушел из жизни только несколько лет назад. По воспоминаниям ветеранов института он неоднократно упоминал о работе над проектом Дворца культуры. Информации об архитекторе А. Кириллове в архиве отдела кадров института не сохранилось, ее предстоит еще найти (рис. 4).

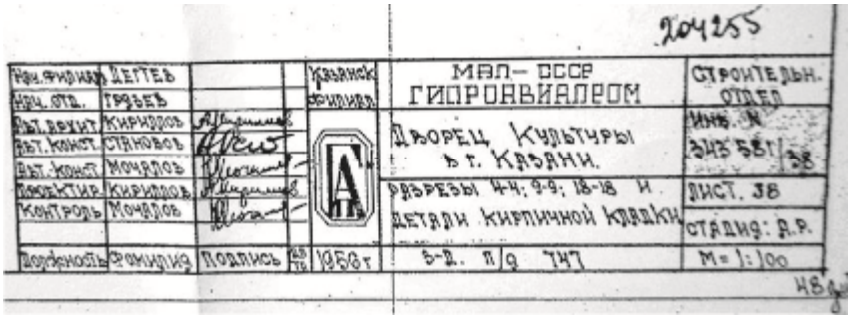


Рис. 4. Штамп проекта Дворца культуры в г.Казани
Казанского филиала МАП-СССР ГИПРОНИИАВИАПРОМ

Следующим направлением историко-архивных исследований по этому объекту должно стать соотнесение проекта ДК им. В.И. Ленина в Казани с типовыми проектами учреждений культуры того времени. Ссылок на какой-либо типовой проект в

сохранившихся чертежах 1956 года не обнаружено. Документацию по процессу формирования заказа, проектированию и принятию решений по строительству еще предстоит найти (рис. 5).

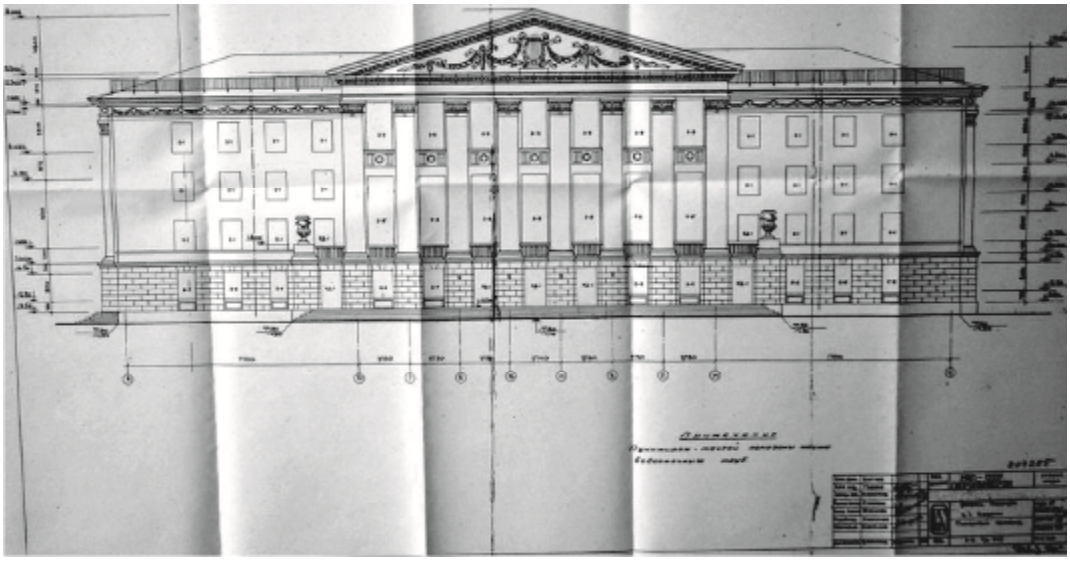


Рис. 5. Проект Дворца культуры в г. Казани
Казанского филиала МАП-СССР ГИПРОНИИАВИАПРОМ (главный фасад)

В ходе дипломного проекта был уточнен перечень ценных элементов архитектурно-планировочной, объемно-пространственной структуры здания; элементов монументально-декоративного и художественного оформления фасадов и интерьеров. Эта работа должна быть использована при оформлении документации по сохранению объекта культурного наследия следующего уровня его ценности. В программу дальнейших исследований и предложений по использованию этого уникального здания могут войти и предложения дипломного проектирования, отвечающие требованиям современного момента. В первую очередь, это обеспечение так называемых комфортной стоянки для машин посетителей дворца культуры. Для этих целей было предложено благоустроить территорию двора здания. Вопрос об устройстве там многоуровневой подземной стоянки будет решаться после соответствующих инженерных изысканий. Потребуется большая работа по формированию «Плана управления» объектом культурного наследия. Это уже вопросы организационно-правого уровня [3]. В ходе же дипломного проектирования было выявлено, что его возможности не используются в полной мере: многие помещения просто не эксплуатируются, а такие как спортзал, библиотека, кинозал уже требуют реконструкции для соответствия современным технологическим требованиям. Предложение по дополнениям в генплан парка тоже следуют рассматривать серьезно – будущий успех совместной эксплуатации здания дворца культуры и парка очевиден. Площадь перед главным входом в здание пережила перестройку несколько раз. Поэтому в ее планировке следует учесть характер периода строительства здания и новую транспортную ситуацию в районе.

Материалы дипломного проектирования могут стать хорошей основой для предстоящих в ближайшее время работ по сохранению такого интересного и уникального здания Казани как Дворец культуры им. В.И. Ленина. Механизм их использования еще предстоит отрабатывать и уточнять.

Список библиографических ссылок

1. Федеральный закон № 73 «Об объектах культурного наследия (памятниках истории и культуры) народов Российской Федерации» от 25.06.2002. – 29 с.

2. Айдарова Г.Н. Проблемы сохранения архитектурного наследия Казани – история и особенности текущего момента // Материалы I-ой научно-практической конференции «Культурное наследие в XXI веке: сохранение, использование, популяризация». – Казань: КГАСУ, 2012. – С. 80.
3. Забирова Ф.М. Опыт государственно-частного партнерства в сохранении историко-культурного наследия Казани: модели сотрудничества и перспективы // Материалы 2-ой научно-практической конференции «Культурное наследие в XXI веке: сохранение, использование, популяризация». – Казань: КГАСУ, 2013. – С. 62.
4. Звагельская В.Е. Стилистика советской неоклассики в архитектуре Свердловской области // УРАНИИПРОЕКТ РААСН, 2011, № 4. – С. 33-39.
5. Косенкова Ю.Л. Советский город 1940-х первой половины 1950-годов: от творческих поисков к практике строительства. – М.: Книжный дом «Либроком», 2009. – 440 с.
6. Саначин С.П. Экскурс в архитектурную жизнь советской Казани. – Казань: Издательство министерства культуры РТ ГБУ Центр культурного наследия Татарстана, 2014. – 238 с.
7. Материалы архива Главного управления архитектуры и градостроительства г. Казани: альбом фотографий проекта Дворца культуры завода им. Горбунова 1951 года; Технический проект Дворца культуры в Ленинском районе г. Казани, декабрь 1952 год.
8. Материалы архива ЗАО «Казанский Гипрониавиапром»: комплект чертежей проекта Дворца культуры им. В.И. Ленина, 1956 год.

Saifullina L.S. – associate professor
E-mail: lasaif@mail.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Palace of culture named after V.I. Lenin in Kazan. New to the history of creation

Resume

The architecture of the Soviet period is of growing scientific and practical interest among specialists involved in the conservation of cultural heritage. New scientific data on the history of the design and construction of post-war history of Soviet architecture is very important to the historical and cultural significance of many historic buildings in the city of Kazan**.**

Many complexes, and individual structures of this period that are of historical and architectural interest still are in the process of inclusion in the state register of objects of cultural heritage. The process of study is still gaining momentum.

Participation in such studies increases the level of competence of graduates, contributes to the development of their communication skills shows ability to research activities in the future. Among the experience of teachers well-known examples when work on the thesis project became the basis for further practical and scientific level of the dissertation research.

During the graduation project was an updated list of the valuable elements of architectural planning, spatial structure of the building; elements of monumental-decorative and artistic decoration of facades and interiors. This work should be used in the design documentation on preservation of objects of cultural heritage the next level of value. The program further research and proposals for the use of this unique building can log in and offers graduate design, to meet the requirements of modern time.

Keywords: The object of cultural heritage, monument of architecture of the Soviet period, the subject of protection, the conservation program.

Reference list

1. Federal law № 73 «On objects of cultural heritage (monuments of history and culture) of the peoples of the Russian Federation», 25.06.2002. – 29 p.
2. Aidarova G.N. Problems of preservation of the architectural heritage of Kazan – the history and characteristics of the current moment // Materials of the 1st scientific-practical conference «Cultural heritage in the XXI century: preservation, use, popularization». – Kazan: KSUAE, 2012. – P. 80.
3. Zabirova F.M. Experience of state-private partnership in the preservation of historical and cultural heritage of Kazan: cooperation models and perspectives // Materials of 2nd scientific-practical conference «Cultural heritage in XXI century: preservation, use, popularization». – Kazan: KSUAE, 2013. – P. 62.
4. Zvagelsky V.E. Style of Soviet Neoclassicism in the architecture of the Sverdlovsk region // URANIIDAE, 2011, № 4. – P. 33-39.
5. Kosenkova Y.L. Soviet city of the 1940s the first half of the 1950-years, from creative research to the practice of building. – M.: Publishing house «Librokom», 2009. – 440 p.
6. Sancin S.P. Excursion into the architectural life of the Soviet of Kazan. – Kazan: Publishing house of the Ministry of culture of Tatarstan, GBU cultural heritage Center of Tatarstan, 2014. – 238 p.
7. The archive materials of the Main Directorate of architecture and urban planning of Kazan: a photo album of the project of the Palace of culture of the plant. Gorbunova 1951; the Technical design of the Palace of culture in the Leninsky district of Kazan, December 1952.
8. Materials from the archives of CJSC «Kazan GIPRONIIAVIAPROM»: a set of drawings of the project Palace of culture V.I. Lenin, 1956.

УДК 726.712 (470.45)
Серебряная В.В. – кандидат исторических наук, профессор
E-mail: val38@mail.ru
Волгоградский государственный технический университет
Адрес организации: 400074, Россия, г. Волгоград, ул. Академическая, д. 1

Дубовский в честь Вознесения Господня женский монастырь – памятник архитектуры конца XIX-начала XX веков (исследование и реконструкция)[1]

Аннотация

В статье исследуется памятник архитектуры конца XIX-начала XX вв. ансамбль Дубовского Вознесенского женского монастыря в Волгоградской области и рассматриваются предложения по его реконструкции. Основополагающая идея реконструкции архитектурного ансамбля монастыря – вернуть его первоначальный облик на начало XX в. (композиционную закономерность планировочной структуры, застройку, воссоздать главные утраченные объекты). В научный оборот вводятся ранее неизвестные источники. Результатом исследований стала разработка дипломного проекта, выполненного под научным руководством автора. Приводятся фрагменты дипломной работы.

Ключевые слова: Дубовский монастырь, реставрация, реконструкция, архитектурно-градостроительный ансамбль, Вознесенский собор.

На территории в современных границах Волгоградской области (часть бывшей Саратовской губернии и второго округа Войска Донского) до революции находилось 9 монастырей, дошло в разной степени сохранности 5, из них наиболее сохранившийся Дубовский Вознесенский женский. Его устройство проходило во второй половине XIX-начале XX вв. в период активного строительства в России женских обителей. Кстати, в регионе было только два казачьих мужских монастыря – Кременской и Усть-Медведицкий, который потом стал женским.

Цель проекта реконструкции Дубовского монастыря заключается в восстановлении и сохранении его исторического и художественного облика.

Исследуется планировочное построение ансамбля, объемно-пространственная композиция, соотношение открытых и застроенных пространств, соподчинения иерархии построек. При реконструкции плана в функциональном отношении интересны вопросы восстановления точных мест расположения различных монастырских построек и служб, особенности этого расположения и соотнесение их с функциональными и каноническими требованиями монастырского хозяйства.

Реконструкцию монастырского ансамбля позволило выполнить комплексное изучение письменных и графических источников, хранящихся в центральных, областных архивах и музеях. Главное место занимают письменные источники, среди них очерк об истории и строительстве монастыря, написанный начальником Дубовской почтово-телеграфной конторы Посохиным П.М. [8]. Посохин П.М. даёт полное описание монастыря, указывает время построек и помещает их фотографии. Это самая достоверная информация, так как Посохин П.М. сам был жителем Дубовки. Основатель монастыря протоиерей Иоанн Покровский выбирает себе в помощники его отца опытного по строительно-хозяйственной части Посохина М.Ф. К тому же, Посохин М.Ф. имел свой кирпичный завод. Автор очерка ещё мальчиком, вместе с отцом бывал на стройке.

Сведения о Вознесенском монастыре имеются в «СЕВ», в книгах: Минха А.Н. [7, с. 95, 97, 458], Денисова Л.И. [1], Зверинского В. [6, с. 137], в справочниках [12, с. 440].

Примером достоверной информации служат подлинные чертежи проекта тёплого Тихвинского храма (1893 г.), выполненные саратовским губернским архитектором Салько А.М. [3] и другие архивные источники [4, 5, 9].

[1] Исследование выполнено при поддержке Российского гуманитарного научного фонда и администрации Волгоградской области, проект № 16-14-34003.

Работа по исследованию монастырского ансамбля Дубовского Вознесенского женского монастыря началась в 1990 г. под руководством автора в связи с разработкой научно-учётной документацией на памятники архитектуры Волгоградской области. После возвращения монастыря Церкви в 1991 г. в нём приступили к строительству дополнительных необходимых для монастырской жизни зданий и воссозданию некоторых объектов без достаточных на то научных обоснований. Новые постройки не взаимоувязаны с исторической планировочной структурой, хотя при правильном проведении этих работ они должны не нарушать, а восстанавливать её композиционные принципы. Поэтому появилась необходимость разработки проекта графической реконструкции монастырского ансамбля.

Проект выполнялся на основе, разработанной концепции современных методологических подходов к исследованиям русского церковного зодчества, прежде всего на исследованиях известного специалиста по проблемам теории и истории реставрации памятников архитектуры, реконструкции исторических городов Щенкова А.С. [15]. В проекте решаются комплексные задачи реставрации некоторых объектов и градостроительная реконструкция, что лучше всего подходит для проведения работ на монастырских комплексах.

При разработке проекта проводилось натурное обследование, обмеры, фотофиксация. Исторические и современные фотографии монастырских объектов дали довольно полную информацию о застройке комплекса, деталях, интерьерах.

Ансамбль Вознесенского женского монастыря входит в состав городской черты современной Дубовки и расположен от него в трёх км на правом берегу Волги рядом с крупной транспортной магистралью Волгоград-Саратов. От основной магистрали к Святым воротам монастыря ведёт асфальтированная дорога, которая ответвляется от неё в северном направлении. Монастырь обращен к реке южной стороной. Вид на него лучше всего открывается при подъезде со стороны г. Дубовки.

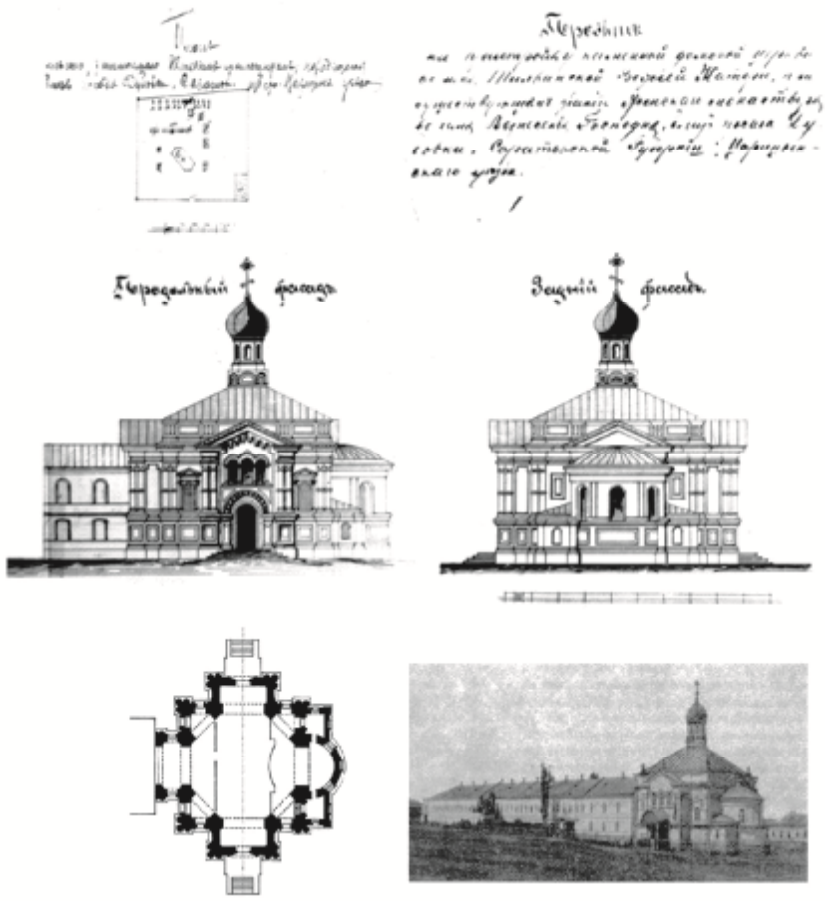


Рис. 1. Теплая домовая церковь. 1894. Архитектор А.М. Салько. Архивный чертеж. ГАСО

Можно сказать, что начало формированию планировочной структуры будущего монастыря положил протоиерей Иоанн Покровский. Строительство женской общины начиналось на освящённом им месте в конце сентября 1865 г. с деревянной небольшой (9х7 аршин или 6,4х5 м) постройки в пять окон из трех комнат для пяти сестёр. Тогда же протоиерей Иоанн Покровский определил на территории, отведённой для общины места зданий: первого каменного двух этажного келейный корпуса с тёплой церковью, пять деревянных домиков, а так же, на каком расстоянии должна находиться ограда, где следовало развести сад. Наметил он площадь под кладбище, на котором первое захоронение появилось в 1872 г. На обнаруженном историческом чертеже (1894) теплой домовой церкви, дан общий план монастыря [4] (рис. 1). План на этом чертеже лёг в основу выполнения реконструкции территории ансамбля. Этот документ очень важен при реконструкции плана в функциональном отношении, с точки зрения, восстановления точных мест расположения различных монастырских построек и служб. Он помогает выявить особенности этого расположения и соотнесение их с функциональными и каноническими требованиями монастырского хозяйства. На нём хорошо видно место, где находился собор, кельи, хозяйственные постройки, в правом углу с южной стороны отмечено кладбище.

Этот план следует считать первым и единственным на сегодняшний день известным подлинным документом, свидетельствующим о начальном этапе строительства монастырского ансамбля. Судя по нему, можно сказать, что к 1894 г. монастырь представлял сложившуюся определённую архитектурно-пространственную структуру (рис. 2).

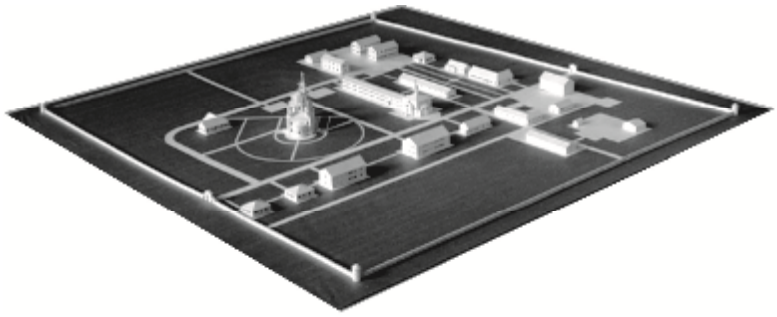


Рис. 2. Макет. Фрагмент дипломного проекта М. Шмелёвой

Саратовское Епархиальное Начальство в 1881 г. ходатайствует перед Святейшим Синодом о преобразовании общины в общежительный монастырь. Ходатайство было удовлетворено 9 мая 1881 года. Святейший Синод по императорскому указу и отсутствия препятствий со стороны Министерства Внутренних Дел определил возвести Дубовскую женскую общину в общежительный монастырь с наименованием Вознесенским «с богадельней при оном для престарелых и приютом-училищем для малолетних девочек-сирот» [10, с. 23-24].

В монастыре с 1865 по 1918 гг. произошло два пожара. В 1867 г. горел келейный корпус с тёплой церковью. Выгорела только вся деревянная внутренняя часть. Второй пожар случился 4 мая 1903 г., в котором сгорели все деревянные монастырские службы, каретник с экипажами и утварью.

Ко времени закрытия монастыря в 1922 г. в нём находилось 20 строений: два храма, несколько деревянных и каменных келий, различные хозяйственные постройки, больница, странноприимная и другие. В советский период в них размещались различные государственные учреждения. В результате придания ансамблю новых функций он понёс значительные утраты. Полностью разрушен Вознесенский собор, а в тёплой Тихвинской церкви снята главка и устроен клуб. В 1970-е гг. были почти полностью снесены монастырские стены и Святые ворота, снесена часть построек.

К 1991 г. на территории Дубовского Вознесенского женского монастыря сохранились: домовой зимний храм Тихвинской Божьей Матери с двухэтажным келейным корпусом (1866-1876), двухэтажный корпус келий (1868), дом священника (1885), корпус игуменьи (1888), корпус хозяйственный (1888), который состоит из

ковёрной, хлебной, квасной; детский приют для девочек-сирот (1891), караулка (1891), больничный корпус (1904), просфорная (1909), ледник (1909), странноприимная, построенная в замен небольшой деревянной (1912), обветшавшей к этому времени. Собственно, это были самые важные постройки монастыря.

Территория монастыря имеет форму неправильного прямоугольника и к 1900 г. была ограничена кирпичной стеной высотой более двух метров с круглыми башнями по углам (для их строительства использовался кирпич от рухнувшего завершения Вознесенского собора в 1888 г.). Одна башня и часть стены (1908) дошли в руинах. Главные Святые ворота были устроены в стене и обращены на юг. Появившиеся постройки после 1913 г. уже не играли существенной роли в формировании ансамбля.

Планировка монастыря соответствует принципу иерархии, что является одной из особенностей древнерусского ансамблевого мышления и характерно для большинства русских монастырей. Архитектурный ансамбль выполнен в формах характерных для периода эклектики.

Проект реконструкции разрабатывался с учётом ценностей всего монастырского ансамбля. Главным ядром ансамбля была культовая группа. В неё входили Тихвинский зимний храм с келейным корпусом и летний собор Вознесения. «Роскошный храм Воскресения Господня, стоящий 100000 руб.» располагался в центре обширной площади под углом к Святым воротам [7, с. 104]. Он имел выигрышные видовые точки и господствовал над всеми остальными постройками. В 1922 г. монастырь был закрыт. С утратой монументального объёма собора монастырь лишился главной доминанты и основного силуэта.

Проектом предусмотрено восстановление главы на тёплом храме и реконструкция его интерьера, соответствующего требованиям православной церкви и воссоздание на прежнем месте Воскресенского собора, реставрация, сохранившейся башни и стен.

Первым храмом в монастыре был зимний храм Иоанна Предтечи, расположенный в конце восточной части «в двухсветном зале, в каменном двухэтажном здании, где размещены кельи монахинь» [4]. Место в 1866 г. освятил митрополит Иоанникий. Строительство храма и келейного корпуса велось одновременно. Храм в 1867 г. освятили, и в этот же год росписи выполнил саратовский художник Герасим Иванович Смирницкий. После пожара 1870 г. храм сильно пострадал, восстановлен был только в 1876 г. и освящён Преосвященным Тихоном в честь Тихвинской Богоматери. В 1894 г. принято решение эту церковь расширить. К этому времени уже был построен Вознесенский собор (1888-1891). Строительство тёплого храма по проекту саратовского губернского архитектора А.М. Салько начато в 1894 г. и завершено в 1896 г. В пояснительной записке к проекту расширения церкви Салько А.М. пишет: «Так как теперь домовая церковь очень мала, то монастырём предложено выстроить домовую церковь, обратив последнюю в зало, которое при большом количестве молящихся, могло бы служить добавочным, для них молящихся. Церковь проектирована согласно выстроенной мною, уже давно, по утверждённому Губернским Правлением проекту в г. Хвалынске 22.9.1884 г. Разница находится только в верхнем фонаре над куполом, который в представленном проекте, он предложен в меньших размерах, увеличивая устойчивость здания и без 4-х малых главок…Грунт, где предложено выстроить церковь, прочный, твёрдо-глинистый на большую глубину» [4]. После окончания строительства была пробита стена старого храма Тихвинской Богоматери, и он соединился аркой с новой церковью, которую в 1897 г. освятил Преосвященный Николай во имя собора Пресвятой Богородицы [13].

Зимний храм Пресвятой Богородицы вместе с келейным корпусом составляет единое целое. Объёмная композиция и план храма выполнен в эклектике (подражание классическим портикам, древнерусским и византийским формам). Композиция слагается из крестообразного объёма, завершающегося небольшой главкой на высоком световом барабане, крупной полукруглой апсиды и на половину ниже её, квадратных в плане жертвенника и дьяконника. С трёх сторон (кроме восточной) ризалиты образуют ветви креста. Обработка фасадов связана с русско-византийским стилем. Основным убранством фасадов являются пучки полуколонн с кубоватыми капителями на углах храма и торцах рукавов, аркатура под карнизом фронтонов. Внутри храм перекрыт 8-ми лотковым сводом. Четверик соединён с притворами высокими и широкими арками. В юго-западном углу находилась лестница с выходом на второй этаж старой церкви при келейном корпусе.

Тихвинский храм дошёл в хорошем состоянии, как было сказано выше, отсутствует только главка. Она восстанавливается по подлинным чертежам А.М. Салько [3].

Собор Вознесения возводился дважды. Он был заложен 29 мая 1880 г. в присутствии Преосвященного Тихона. Строительство велось под наблюдением саратовского архитектора Езеровского. Собор строился в течение пяти лет. Однако когда были возведены купола, они рухнули. К новому строительству приступили в 1888 г. по проекту Салько А.М., подрядчик Андреев. В 1891 г. строительство было завершено. Собор расписали, иконостас был выполнен в Казани Тюфилиным, а иконы написал московский художник Виталиев.

В 1891 г. 19 сентября Преосвященный Авраамий освятил главный престол во имя Вознесения Господня. Собор был трехпрестольный. Позже освятили два боковых предела: 19 сентября 1910 г. во имя Тихвинской Божьей Матери, а 20 сентября 1910 г. во имя Св. Великомученика Пантелеимона. Освящён был Преосвященным Епископом Досиоеем.

Сегодня монастырь действующий. Небольшая тёплая Тихвинская церковь не отвечает нынешним потребностям. Поэтому было предусмотрено воссоздание Вознесенского собора.

Его место определено на основе, нанесенного архитектором Салько А.М. на генплан монастыря. Для создания объёмной композиции собора имеется незначительный иконографический источник – фотография 1910-х гг., помещённая в брошюре Посохина П.М. о возникновении монастыря. Больше никаких иконографических данных обнаружить не удалось. На этой низкого качества фотографии точно можно определить, что собор был пятиглавым с высокой шатровой колокольней.

Было принято решение воссоздавать Вознесенский собор по аналогам храмов, сооружённых по проектам Салько А.М. Знакомство с обширным творчеством Салько А.М. в области храмостроения, показало, что он был большим знатоком древнерусского зодчества и предпочитал работать в неорусском стиле. Было решено взять за аналог проект Салько А.М. Михаило-Архангельской церкви (1873) в слободе Красный Яр Камышинского уезда, выполненной в стиле близком с Вознесенским собором, изображенном на известном нам фотоснимке. Ещё одним важным аргументом в пользу этого аналога, являются подробные проектные чертежи (фасады, планы, разрезы) из ГАСО [4] (рис. 3).

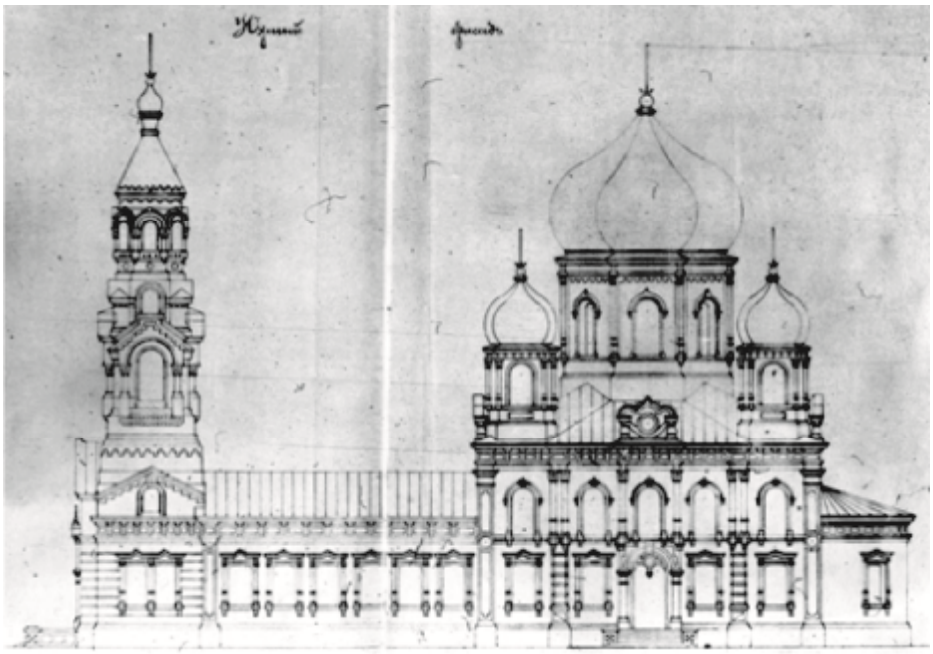


Рис. 3. Церковь Михаила Архангела. 1873. Архитектор А.М. Салько.
Архивный чертеж. ГАСО. Публикуется впервые

Конечно, воссозданный собор, в отличие от подлинного, не имеет культурной, художественной и исторической ценности (рис. 4-5). Он не являются объектом

культурного наследия. Однако его воссоздание имеет большое значение. Возвращение собора на своё историческое место, позволит восстановить композиционную структуру комплекса, что не только вернет гармоничное, задуманное известным губернским архитектором визуальное восприятие комплекса и собора в монастырском и окружающем его пространстве и со стороны «Святых врат», но являясь доминантой ансамбля, определит главную монастырскую площадь.

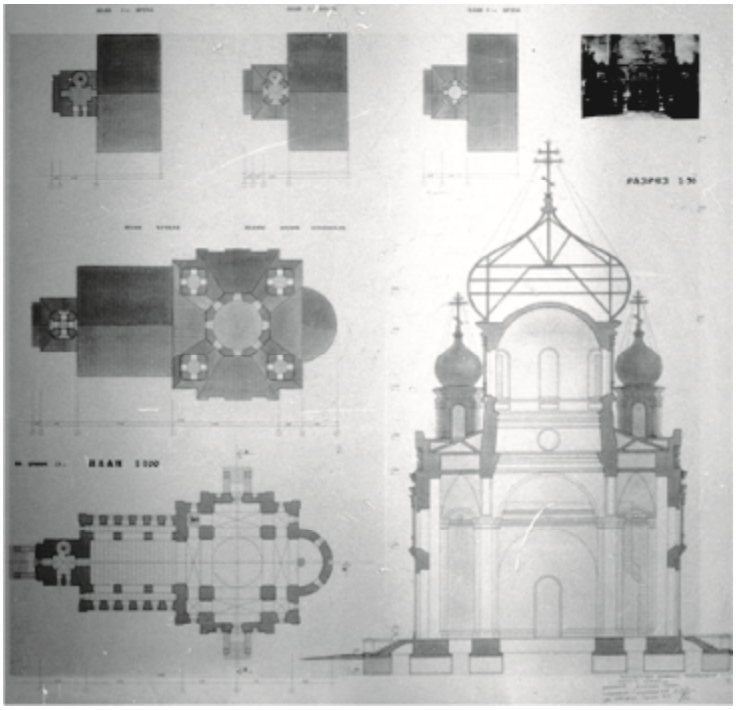


Рис. 4. Проект воссоздания Вознесенского собора. План, разрез. Фрагмент дипломного проекта

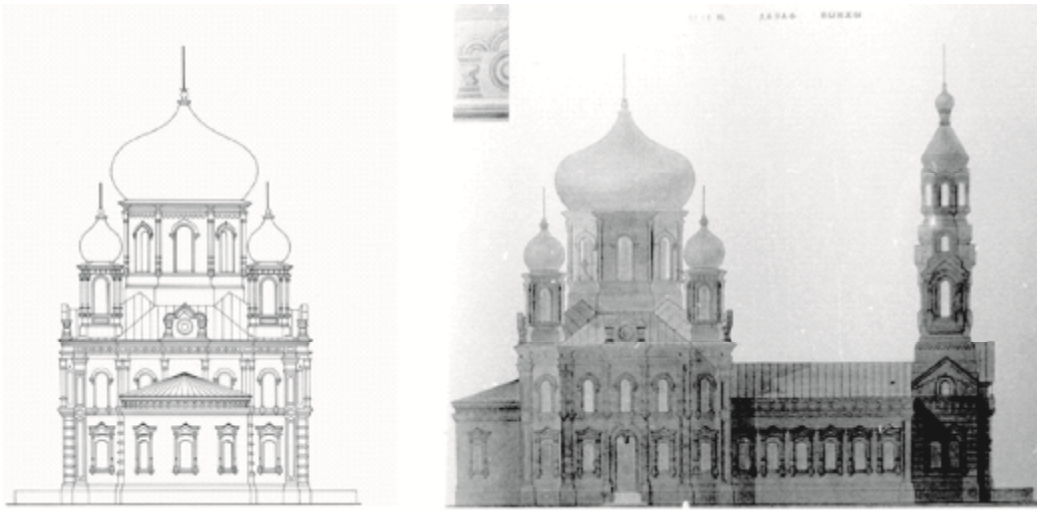


Рис. 5. Проект воссоздания Вознесенского собора.
Восточный и южный фасады. Фрагмент дипломного проекта

Монастырская башня восстанавливается на основе обмеров, проведенных в 1990 г. автором, архитекторами С.И. Хоруном, А.В. Антюфеевым и фотографий 1990 г. С.И. Хоруна и автора 2014 г. (рис. 6).

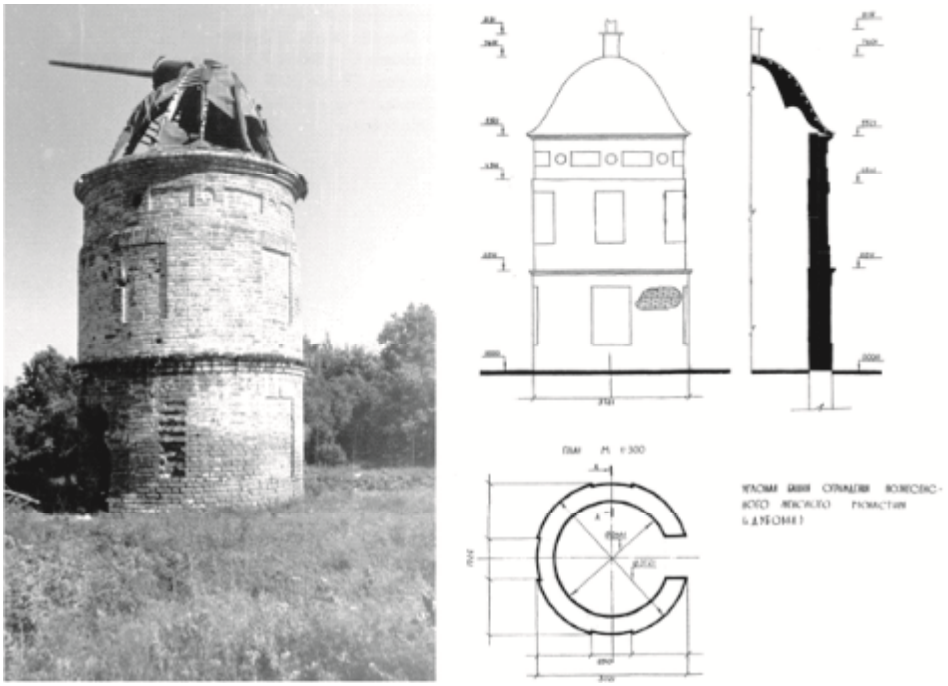


Рис. 6. Монастырская башня. Обмерный чертёж

Образцом для восстановления монастырской стены являются её подлинные фрагменты, сохраняются её габариты и внешний вид. «Святые ворота» возводятся с юго-восточной стороны по историческим фотографиям. При входе в монастырь предусматривается место автостоянки.

Современная ситуация монастыря характеризуется неудачными работами, которые, которые проводились здесь в 2000-е гг. Так, без исследовательских работ, по незнанию и несерьёзному отношению со стороны архитекторов восстановленное завершение у тёплого Тихвинского храма не соответствует проектным чертежам архитектора Салько А.М. (1894 г.).

Возведенные с надвратной колокольней «Святые ворота», не имеют ничего общего с воротами, которые запечатлены на фотографии 1930-х. гг. Проектировщик, вместо того, чтобы следовать иконографическим источникам, придал воротам «благолепие», что не соответствует подлиннику. Такое решение, скорее всего, было связано с желанием вкусов жертвователя.

При реконструкции монастырских ансамблей, самое трудное – это адаптация монастырских строений к сегодняшним потребностями монашеской жизни, и необходимость сохранения подлинности построек (памятников архитектуры).

Предпринятое автором исследование, на основании которого, выполнена графическая реконструкция архитектурного ансамбля Вознесенского женского Дубовского монастыря, может быть использовано для разработки и утверждения его зон охраны, как объекта культурного наследия, для определения и уточнения предметов охраны памятников архитектуры для их реставрации.

Таким образом, проведенная работа является актуальной с точки зрения не только теоретической, но и практической.

Список библиографических ссылок

1. Денисов Л.И. Православные монастыри Российской империи. – М., 1908. – С. 76.
2. Дубаков В., Серебряная В.В. Дубовский в честь Вознесения господня женский монастырь. (Волгоградская область) // Православная энциклопедия. – М.: Церковно-научный центр «Православная энциклопедия», 2007, Т. 16. – С. 308-310.
3. ГАСО. Ф. 407. Оп. 2. Д. 876.
4. ГАСО. Ф. 656. Оп. 1. Д. 26, 405.

5. ГАСО. Ф.135. Оп.1. Д. 285, 333, 3136, 3854, 6060.
6. Зверинский В. Материалы для историко-топографического исследования о монастырях в Российской империи. – Спб., 1890, Т.1. – 137 с.
7. Минх А.Н Историко-географический словарь Саратовской губернии, Т.1, Вып. 2. – Саратов,1898. – С. 95-97.
8. Посохин П.М. Краткий исторический очерк возникновения и развития Вознесенского женского монастыря при посаде Дубовки Царицынского уезда Саратовской губернии. – Саратов, 1915.
9. РГИА. Ф. 835. Оп. 3. Д. 494.
10. Сведения о решении Святейший Синод приводятся по Посохину П.М. Краткий исторический очерк возникновения и развития Вознесенского женского монастыря при посаде Дубовки Царицынского уезда, Саратовской губернии. – Саратов, 1915. – С. 23-24.
11. Серебряная В.В. Культовое зодчество Волгоградской области. – Волгоград, 2002. – С. 25-27, 34, 36, 103-108.
12. Справочная книга Саратовской епархии, составленная по распоряжению Преосвященного Алексия, епископа саратовского и царицынского. – Саратов, 1912. – 440 с.
13. СЕВ. № 8. – Саратов, 1885.
14. СЕВ. № № 4, 21. – Саратов, 1897.
15. Щенков А.С. Специфика проблем охраны и реставрации памятников архитектуры в конце XX-начале XXI века. // Архитектурное наследие на рубеже XX и XXI веков: Проблемы реставрации и охраны наследия. – М.: КРАСАНД, 2010. – С. 6-17.

Serebryanaya V.V. – candidate of historical sciences, professor
E-mail: val38@mail.ru
Volgograd State Technical University
The organization addres: 400074, Russia, Volgograd, Academicheskaya st., 1

Dubovskii in honor of the Ascension Nunnery-architectural monument of the late XIX-early XX century (research and reconstruction)

Resume

This study represents a scientific reconstruction of an architectural monument of the late 19th-early 20th centuries, namely The Dubovskii Ascension Nunnery in Volgograd region. In 1991 after the restitution of the Nunnery to the Church there started a construction of some additional buildings necessary for a conventual life. A number of the existing objects were also restored. All that work was carried out without ample scientific grounds. That is why it became necessary to develop a project of the nunnery graphic reconstruction. The reconstruction suggests returning the initial look of the ensemble to the beginning of the 20^{yh} century (the composition pattern of planning structure, the building up and reconstruction of the lost units). The discovered archival papers and investigation on location made it possible to implement the complex reconstruction of the ensemble. The reconstruction project was developed considering the values of the whole object. Guided by the archival designs made by architect A.M. Salko during the period from 1894 to 1896 the cupola of the Tikhvin Church is being reconstructed now; the restoration of the Resurrection Cathedral in its original place is also being carried out. The renewal of the survived tower and walls has been offered, too. The restoration of the exact location of the nunnery buildings and premises has been carried out considering characteristic features of the functional and canonical requirements of a conventual economy.

Keywords: Dubovsky monastery, restoration, reconstruction, architectural and town planning ensemble, Cathedral of the ascension.

Reference list

1. Denisov L.I. Orthodox monasteries of the Russian Empire. – M., 1908. – 760 p.
2. Dubakov V., Serebryanaya V.V. Dubovskii in honor of the Ascension Nunnery. (Volgograd region) // Orthodox Encyclopedia. – M.: Tserkovno-nauchnyy tsentr «Pravoslavnaya entsiklopediya», 2007, T. 16. – P. 308-310.
3. GASO. F. 407. Op. 2. D. 876.
4. GASO. F. 656. Op. 1. D. 26, 405.
5. GASO. F. 135. Op. 1. D. 285, 333, 3136, 3854, 6060.
6. Zverinskii V. Materials for the historical and topographical research in the monasteries Russian Empire. T. 1. – Spb., 1890. – P. 137.
7. Minh A.N.Historical and Geographical Dictionary of the Saratov province, T. 1, Vyp. 2. – Saratov, 1898. – P. 95-97.
8. Posokhin P.M. A brief historical sketch of the origin and development of the Ascension nunnery at the tenements Dubovki Tsaritsyno district, Saratov region. – Saratov, 1915.
9. RGIA. F. 835. Op. 3. D. 494.
10. Details of the decision given by the Holy Synod Posokhin P.M. A brief historical sketch of the origin and development. – P. 23-24.
11. Serebryanaya V.V. Religious architecture of the Volgograd region. – Volgograd, 2002. – P. 25-27, 34, 36, 103-108.
12. Handbook of the Saratov diocese, compiled by order of His Grace Alexis, Bishop of Saratov and Tsaritsyn. – Saratov, 1912. – 440 p.
13. SEV. № 8. – Saratov, 1885.
14. SEV. № 4, 21. – Saratov, 1897.
15. Shchenkov A.S. The specificity of problems of protection and restoration of architectural monuments in the end XX-early XXI century // Architectural Heritage at the turn of the end XX-early XXI century: Problems restoration and protection of the heritage. Editedby ShchenkovA.S. – M.: KRASAND, 2010. – P. 6-17.

УДК 720
Фазлеев М.Ш. – кандидат архитектуры, доцент
E-mail: fastin@mail.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

Традиции и приемы формирования архитектурно-ландшафтной среды исторического центра города Елабуга

Аннотация

В архитектурно-ландшафтную среду исторического центра города Елабуги входят значительное количество памятников архитектуры, природы, археологии и культуры. Все эти памятники интересны для туристического освоения. Но, организация туристической среды исторического центра Елабуги, имеет свои сложности и особенности. Поэтому, только изучив сложившийся исторический опыт создания архитектуры города в условиях уникального ландшафта, можно выделить характерные приёмы и традиции формирования новой архитектурно-ландшафтной среды исторического центра под растущие нужды туристов и горожан.

Ключевые слова: исторический центр Елабуги, архитектурно-ландшафтная среда, культурный ландшафт, развитие туризма, сохранение исторического наследия, памятники архитектуры.

Общие сведения

Рассматриваемая территория находится в Республике Татарстан в исторической части города Елабуга. Территория ограничена улицами Набережная и Большая Покровская, Говорова (Луговая) и Спасская (Меленкова), Стахеевых (Дзержинского) и улицей Казанская (Маркса) до набережной реки Тойма. В эту территорию входит целый ряд интереснейших особняков, в которых жили известные купцы России, здания церквей, соборов, торговых и питейных сооружений, корпуса учебных заведений [1]. Начатая в 1780-1784 годах регулярная перепланировка, предусматривала создание общественного и административного центра нового города. Запроектирована большая близкая к квадрату площадь, ограниченная с севера продольной Покровской улицей (ныне ул. Гоголя) и раскрытая на заливные луга за реками Тойма и Кама. К северу от площади, по её оси, прокладывалась поперечная Спасская улица (ул. Маленкова), ориентированная на стоящие в глубине площади церкви. Поперечную ось предполагалось зафиксировать двумя каменными корпусами уездных присутственных мест в южной линии застройки Покровской улицы. А по западной и восточной сторонам площади намечено было выстроить два ряда торговых лавок с питейным домом и постоялым двором на северных углах [2]. Таким образом, в первоначальных проектных замыслах площади придавались самые разнообразные функции, из которых реально были осуществлены только функции религиозного и торгового центра. Вместо разобранной Спасской церкви в 1808-1816 годах, ближе к середине площади, возводится новое здание одноименного собора. Освобождая южную границу площади, в 1820 году сносится ветхое здание церкви Казанской богоматери 1684 года постройки. В 1818 году горожанам А.Я. Замятину и В.К. Фирстову разрешено выстроить (в восточной части площади) четыре каменные лавки в соответствии с проектом. Проект разработал губернский архитектор Андриевский, но стройка лавок ограничилась созданием сводчатых подвалов. Недавно построенный Спасский собор в 1835 году перестраивается. Вместо встроенной в трапезную колокольни, воздвигается новая колокольня, значительно отнесенная к западу вместе с трапезной и соединенной вытянутой галереей [3]. Перестройка завершается сооружением новой соборной ограды. Из-за того, что юго-западный угол площади был стеснен вновь выстроенной колокольней Спасского собора, а юго-восточный угол поджал выстроенный дом купца Камашева, архитектором Тимофеевым были внесены изменения в первоначальный проект губернского архитектора Андреевского. В этих изменения торговые ряды на боковых сторонах площади сооружаются в северной части. Своё

окончательное планировочное завершения центр и площадь получает в генплане города в 1846 году [4]. По новому плану вдоль Покровской улицы выстроены в 1850-1868 годах здания торговых лавок из камня [5]. Разнесенные по восточной и западной части площади здания торговых каменных лавок, в виде архитектурных кулис, формируют пространственную связь площади с долинами рек Тойма и Кама на фоне Спасского собора. При выходе со стороны Спасской улицы на площадь, открывается вид на всю громаду Спасского собора. В 1860 году здание Спасского собора вновь перестраивается. На месте трехъярусной колокольни возводится пятиярусная, которая становится самой значительной доминантой в восприятии панорамы города. Трапезная собора расширяется к западу. Галерея собора заменяется двухэтажным корпусом духовного управления. Юго-восточнее от Спасского собора, на месте Казанской церкви, в 1877 году возводится небольшая часовня Александра Невского. Посередине квадратной площади в 1920 году, перед собором воздвигается обелиск над братской могилой. Обелиск посвящен жертвам гражданской войны. Эти архитектурные изменения с организацией пространства площади завершают формирования городского центра Елабуги. После пожара 1850 года, вся северная сторона Покровской улицы выходящая на площадь, застраивается каменными домами. Остались архитектурно не оформленными боковые стороны площади. Только двухэтажный дом Камашева с нарядной каменной оградой (утраченной в советский период) сформировали юго-восточный угол площади. Под руководством городского главы Стахеева Д.И. на месте подвалов Замятина и Фирстова был выстроен протяженный корпус торговых рядов. Под углом к первому корпусу, с целью отделения собора от торга, с юго-восточной стороны выстраивается еще один ряд деревянных лавок. С утратой этих торговых корпусов по ветхости, была нарушена сформировавшиеся граница площади. Более неопределенные границы имеет западная сторона площади. В этой части долгое время стоял забор усадьбы Шишкиных. После большого пожара 1850 года, каменный дом В.В. Шишкина на углу Покровской улицы и деревянный дом В.А. Шишкина на углу улицы Набережной, были восстановлены. В советские годы на этих местах строятся два здания многоквартирных домов. Построенное третье здание между домом Камашева и часовней, вместе с торцами обращенных к площади многоквартирных домов, полностью разрушили сформированные ранее пространственные связи [6].

Спасский собор, являясь знаком и центром Елабуги и всего ансамбля площади, крайне интересен своей архитектурой. В декоративной отделке собора органично соединены темы тосканского, ионического и коринфского ордеров. Внутреннее пространство собора репрезентативно при восприятии и хорошо освещено, имеет богатый архитектурный декор. Собор выстроен в стиле русского классицизма. В более поздних переделках собора появились детали и элементы характерные периоду ранней эклектики. На сегодняшний день Спасский собор признан памятником архитектуры.

Восточные и западные торговые ряды, несмотря на все переделки и смены функций, сохранили в целом первоначальное оформление фасадов. Эти постройки являются важными градостроительными элементами в формировании единого ансамбля главной торговой площади Елабуги. Являются характерным образцом торговых построек для уездного города и относятся к гостиным дворам (караван-сараем) периода позднего классицизма. В 1919 году в этом здании выступала Н.К. Крупская. Это событие отмечено мемориальной доской на стене здания.

В 1877 году на средства купца Ф.П. Гирбасова строится часовня Александра Невского, с предназначением быть при Спасском соборе усыпальницей. Кирпичные фасады церкви выполнены в «русско-византийском стиле». Благодаря ясной пластике фасадов, часовня зрительно выступает в роли пространственной связки между крупным объемом комплекса Спасского собора и жилым зданием дома Канашева. А после постройки после революции жилого дома, зрительно выпадающего из ансамбля всей площади, значение часовни как архитектурного акцента повысилось.

Застройка улицы Набережной велась по разработанному плану 1780-1784 годов. Следуя изгибу береговой террасы, протяженная застройка Набережной улицы, вместе с крупномасштабными сооружениями соборов и церквей, формирует главную панораму города. Здания и сооружения улицы хорошо сохранены и открыты на пойму реки Тойма и реку Кама. По замощенным каменным тротуарам, среди видов на открывающиеся

природные дали и в окружении респектабельной купеческой застройки, это было любимым местом прогулки горожан Елабуги. В створе с улицей С.Н. Гассара (бывшая ул. Полевая), взамен утратившего свое значение бассейна для сбора поверхностной воды, сооружен в 1981 году памятник погибшим жителям города Елабуга в годы Великой Отечественной войны. С оборудованной площадки открывается вид на ежегодно проходящую международную Спасскую ярмарку, Шишкинские пруды и холм с руинами старого городища. Застройка улицы Набережная и площадь перед Спасским собором, формируют исторический центр Елабуги.

Цель статьи заключается в определении наиболее характерных приемов формирования архитектурно-ландшафтной среды исторического центра города Елабуга с целью его максимального сохранения в условиях интенсивного развития туризма.

Задачи данной работы определяются в освещении проблемы сохранения и восстановления архитектурно-ландшафтного наследия исторического центра города Елабуга [7].

В связи с широко развернутой программой по возрождению культурного наследия и развитию туризма в Татарстане, автор статьи выражает своё мнение на изменения и события, происходящие в городе Елабуга. Очевидно, что к данному пространству исторического центра города Елабуга и примыкающего к нему ландшафта, где природное окружение и культурное наследие составляют одно целое, следует относиться как к особой территории [8]. Город включает в себя и значительные территории природных и историко-культурных ландшафтов с расположенными на них памятниками архитектуры археологии и истории. Исходя из выше сказанного, следует отметить, что без поддержки государства и формирования единого подхода в сохранении территории центра Елабуги, без создания центра управления и развития – невозможно [9].

Елабуга – город с тысячелетней историей, но только после проведения его юбилея началось активное развитие туризма. Настойчивое продвижение города на общероссийском и мировом рынке, участие в выставках, фестивалях, вхождение в ассоциацию малых туристических городов России, открытие и развитие особой экономической зоны (ОЭЗ), углубление русла реки и строительство причала для туристических кораблей и т.п., все это привело к бурному росту числа приезжающих в Елабугу туристов. Туризм важен для Елабуги как источник доходов городской казны, показатель его исторической ценности и узнаваемости, уровень его статуса и экономических возможностей. Чем больше в городе мест и программ, интересных для туриста, тем он дольше готов оставаться в нём и, следовательно, больше «вложиться» в его экономику. Таким образом, чтобы увеличить количество приезжающих туристов и количество времени проведенного туристом в городе, необходимо их заинтересовать уникальной архитектурой, историей, традициями, окружающим ландшафтом, своеобразной природой, условиями обслуживания, здоровой едой, мероприятиями и развлечениями [10].

Проблема организации туристической среды исторического города имеет свои особенности, поскольку планировочная структура и застройка старых кварталов города созданы в других социально-экономических условиях и с трудом поддаются приспособлению к новым функциям. Поэтому, только изучив сложившейся исторический опыт создания архитектуры города в условиях уникального ландшафта, можно выделить некоторые характерные приёмы и традиции формирования новой архитектурно-ландшафтной среды исторического центра города под растущие нужды горожан и поток туристов.

Характерными приемами формирования застройки исторической части города являются:

- целостность восприятия, единовременность формирования и хорошая сохранность исторического центра Елабуги;
- согласно проекту генерального плана Елабуги 18 века, регулярную планировку города образуют прямоугольные кварталы с двух и трех этажными жилыми домами по его периметру;

- площадь Спасского собора – главный и единый торгово-административный центр исторической части города. Территория квартала включает в себя Спасский собор (1864 г.), Западные торговые ряды (1850 г.), Восточные торговые ряды (1866 г.), Часовня Александра Невского (1877 г.);

- вся рядовая двух-трех этажная жилая зона города располагается на верхней ровной террасе по реке Тойма;

- застройка, выходящая на бровку реки Тойма, выступает главным фасадом города и усиливается значительными архитектурными акцентами в виде зданий и сооружений Спасского, Никольского, Покровского соборов;

- улица Набережная возникла по плану 1780-1781 годов и проложена по краю по краю высокого берегового склона реки Тойма. Эта улица является единственной в Елабуге, которая, подчиняясь условиям природного рельефа, сохраняет связь с дорегулярной планировкой города;

- назначение Набережной улицы как пешеходной сохранилось и по сегодняшний день. Улица играет роль бельведера с территории, которой раскрывается живописная панорама на пойму реки Тойма, реку Кама и руины древнего города «Чертово городище»;

- традиционная жилая усадьба в Елабуге это дом с флигелем, хозяйственными постройками, садом и огородом. Усадьба огорожена деревянным забором;

- характерное для Елабуги соотношение ширины улицы и высоты рядовой застройки составляет 2:1;

- в структуру улицы входят тротуары, мощенные плитами из известняка или деревянными настилами, деревья с защищёнными стволами из деревянных и металлических ограждений, отводные каналы с уложенным мелким булыжником. Проезжая часть улицы покрыта гравием из доломита и уличные фонари, как правило, на деревянных столбах;

- ступени спусков выполнены из крупных камней, склоны укреплены плоскими камнями, тропинки обрамлены валунами;

- характерными деревьями в озеленении города являются липы, дубы, рябины, сосны и ели. Из кустарников выделяются сирени, розы-ругозы, калина и чубушник [11].

Заключение

Заявленные выше описания традиций и приёмов по формированию архитектурно-ландшафтной среды исторического центра города Елабуга, не являются окончательными и «безусловно» верными. Но, основываясь на традиционных приёмах в формировании архитектурно-ландшафтной среды для исторической части Елабуги, можно максимально сохранить исторически и культурно ценную застройку и создать благоприятную и саморазвивающуюся современную среду, как для жителей города, так и приезжающих туристов. Эти приёмы выполняют лишь рекомендательное назначение, но могут совершенствоваться и изменяться в условиях работы над проектом по приспособлению архитектурно-ландшафтного и культурного наследия города Елабуги под растущие нужды горожан и гостей города. Итогом этой работы, может быть учёт развития туристической инфраструктуры в Генеральном плане территории исторического центра и города Елабуги.

Список библиографических ссылок

1. Научно-проектная документация «Спецпроектреставрация» г. Елабуга. Шифр 697, Том II, Книга I. Арх. № 5223, Экз. № 1. Генплан комплексного использования памятников истории культуры, 1987. Фотокоп. – С. 9-18, 32-48.
2. Государственный архив Кировской области. Ф. 1292. Оп. 121. Д. 10. План Вятской губернии г. Елабуги, 1784. Фотокоп.
3. Государственный архив Кировской области. Ф. 1321. Оп. 726. Д. 53. Спасский собор, г. Елабуга Вятской губернии. Фотокоп.
4. Государственный архив Кировской области. Ф. 1292. Оп. 121. Д. 13. План Вятской губернии г. Елабуги, 1846. Фотокоп.

5. Государственный архив Кировской области. Ф. 1292. Оп. 121. Д. 15. План Вятской губернии г. Елабуги, 1850 . Фотокоп.
6. Государственный архив Кировской области. Ф. 1321. Оп. 652. Д. 56. О постройках Вятской губернии г. Елабуги начала XX в. Фотокоп.
7. Фазлеев М.Ш. Некоторые аспекты туристической привлекательности архитектурно-ландшафтного комплекса острова-града Свияжск. // Материалы III Международной научно-практической конференции. Культурное наследие в XXI веке: сохранение, использование, популяризация. – Казань: КГАСУ, 2015. – С. 161-165.
8. Веденин Ю.А. Зарубежное законодательство в области сохранения культурного и природного наследия. – М.: Изд-во Института Наследия, 1999. – 96 с.
9. Бандарин Ф. Исторический городской ландшафт. Управление наследием в эпоху урбанизма. – Казань: Отечество, 2013. – 228 с.
10. Фазлеев М.Ш. Подходы в сохранении архитектурно-ландшафтного наследия острова-града Свияжск. // Известия КГАСУ, 2015, № 4 (34). – С. 91-96.
11. Мухитов Р.К., Фазлеев М.Ш. Требования и параметры проектирования элементов благоустройства и озеленения в условиях реконструкции городской среды. – Казань: КГАСУ, 2015. – 96 с.

Fazleev M.Ch. – candidate of architecture, associate professor
E-mail: fastin@mail.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Traditions and methods of formation of architectural and landscape environment of the historic center of Elabuga City

Resume

Elabuga City has a history of creation and development. Launched regular redevelopment in the 1780-1784 years, provided for the creation of social and administrative center. Spassky Cathedral is the sign and the center of Elabuga and the entire ensemble of the area included in the center of Elabuga construction Quay Street, together with large-scale constructions of the cathedrals, form the main panorama of the city. The historic city center includes architectural monuments, nature, archeology and culture. Elabuga is a town with a thousand years of history, but only after the anniversary began active development of tourism. Tourism is important for Elabuga as a source of revenue the city treasury, the rate of its historical value and recognition. To increase the flow of tourist arrivals, they must be interested in the unique architecture, the history, the traditions, the landscape, the nature, quality service, good food and entertainment. Using the historical center to the needs of tourists a negative impact on the preservation of monuments. This article is devoted to finding methods of preserving the historical environment in Elabuga, in terms of tourism development.

Keywords: the historic center of Elabuga, architectural and landscape environment, cultural landscape, tourism development, preservation of historical heritage, historical monuments.

References list

1. Research and project documentation «Spetsproektrestavratsiya» Elabuga. Code 697, Volume II, Book I. Arch. № 5223, ind. № 1. Master plan of the integrated use of cultural monuments of history, 1987. Photocopy. – P. 9-18, 32-48.
2. State archive of the Kirov region. F. 1292. Op. 121. 10. D. Plan of Vyatka province Elabuga, 1784. Photocopy.
3. State archive of the Kirov region. F. 1321. Op. 726. 53. D. Spassky Cathedral, Elabuga Vyatka province. Photocopies.

4. State archive of the Kirov region. F. 1292. Op. D. 121. 13. Plan of Vyatka province Elabuga, 1846. Photocopy.
5. State archive of the Kirov region. F. 1292. Op. 121. 15. D. Plan of Vyatka province Elabuga 1850. Photocopies.
6. State archive of the Kirov region. F. 1321. Op. 652. 56. D. Buildings Vyatka province, the beginning of XX century Elabuga. Photocopies.
7. Fazleyev M.Sh. Some aspects of the tourist attractiveness of architectural and landscape complex island-town Sviyazhsk // Proceedings of the III International scientific-practical conference. Cultural heritage in the XXI century: the preservation, use, popularization. – Kazan: KGASU, 2015. – P. 161-165.
8. Vedenin Y.A. Foreign legislation in the field of preservation of cultural and natural heritage. – M.: Publishing house of the Heritage Institute, 1999. – 96 p.
9. Bandarin F. Historic urban landscape. Heritage management in an era of urbanism. – Kazan: Fatherland, 2013. – 228 p.
10. Fazleyev M.Sh. The approaches in the conservation of architectural and landscape heritage of the island-town Sviyazhsk // Izvestiya KGASU, 2015, № 4 (34). – P. 91-96.
11. Mukhitov R.K., Fazleyev M.Sh. The requirements and design parameters improvement and landscaping elements in a reconstruction of the urban environment. – Kazan: KGASU, 2015. – 96 p.

УДК 74.01.09
Белов М.И. – кандидат искусствоведения, старший преподаватель
E-mail: belov_m@list.ru
Михайлова А.С. – кандидат искусствоведения, доцент
E-mail: misuoka@gmail.com
Надыршин Н.М. – кандидат архитектуры, доцент
E-mail: neil.nadyrshine@yandex.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1

Творческий метод Наума Габо и его влияние на формообразование в архитектуре и искусстве

Аннотация

В статье рассматривается творчество конструктивиста Наума Габо, и то влияние которое оказал его метод художественного конструирования на развитие современного архитектурного формообразования. Анализируется становление нового направления в архитектуре, абстрактном искусстве и скульптуре, которое базируется на использовании математических моделей сложных по геометрии поверхностей, топологической трансформации классических многогранников и различного рода тесселяций. Показано, что современные художественные произведения, созданные на основе компьютерных программ и численных методов, несмотря на большое разнообразие подходов, имеют стилевое единство с конструктивизмом 20-60 г., прошлого века.

Ключевые слова: конструктивизм, стиль, математические скульптуры, математические модели поверхностей, тесселяция, топологическая трансформация многогранников, паттерн, архитектурный орнамент.

Использование математики в архитектуре и искусстве имеет давнюю историю. Математические принципы перспективы в искусстве были изложены Пьеро Делла Франческа (1420-1492) в его книгах «О перспективе в живописи», «Пять правильных тел» (De corporibus regularibus) и «Трактат о счетах» (Trattato d'Abaco) под влиянием Леона Баттиста Альберти. Лука Пачиоли (1447-1517) исследовал многогранники, в частности, ромбокубоктаэдр, в искусстве Ренессанса в своей книге «Божественная пропорция» (De divina proportione). Паоло Учелло (1397-1475) использовал перспективную сетку и математические сплошные тела. Наибольшую известность приобрела математическая теория пропорций Альбрехта Дюрера (1471-1528). Золотое сечение использовал Леонардо Да Винчи (1452-1519).

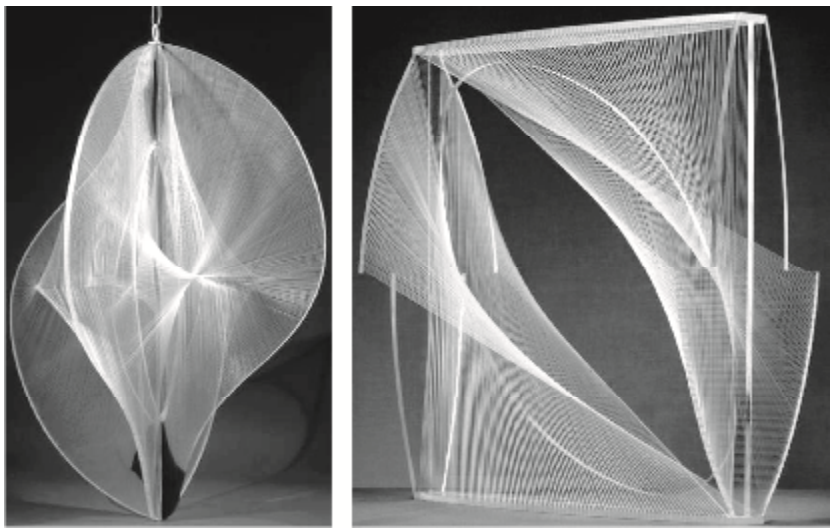


Рис. 1. Пространственные скульптуры Наума Габо.
Источник: http://www.yellow-cake.co.uk/naum-gabo-sculpture.html

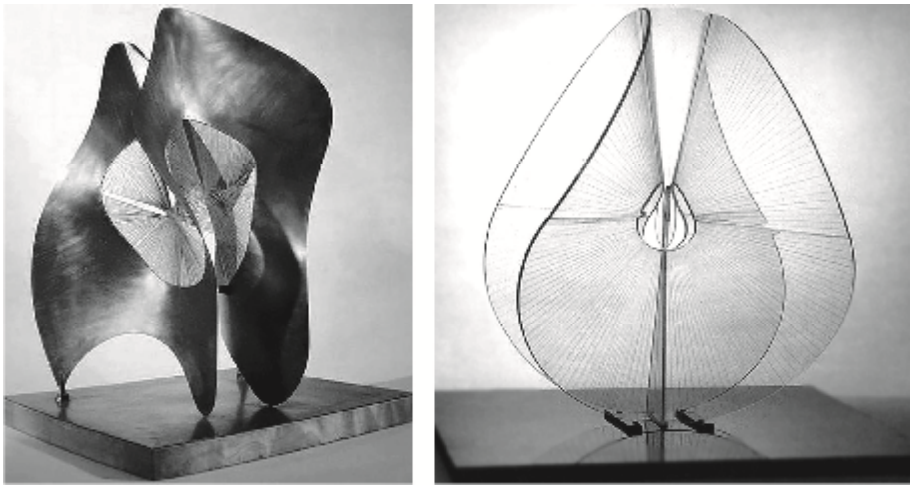


Рис. 2. Наум Габо. Конструкция в пространстве. Арка № 2. 1958-1963. Бронза, стальная проволока. Коллекция Нины и Грема Уильямса (Великобритания)

Наум Габо (1890-1977) – выдающийся русский скульптор-конструктивист и пионер кинетического искусства. В 1910 году Габо поступает в Мюнхенский университет, где он изучает медицину и естественные науки, а также посещает лекции по истории искусства. В 1912 году Габо переводится в инженерную школу, где он открыл для себя абстрактное искусство и повстречал Василия Кандинского. Инженерная подготовка Габо стала важным моментом при разработке скульптурных работ, в которых он часто использует обработанные на станках конструктивные элементы. Метод художественного конструирования Габо позволяет организовывать пространство без создания сплошных объемов, рис. 1-2.

Формирование пространства путем сведения массы конструкции к минимуму, превращению ее в линию, в плоскость, использование абстрактных геометрических форм, принципы, которые лежат в основе его метода. Он утверждал, что «будущее скульптуры в архитектуре», его пластическое мышление тесно связано с методами архитектурного формообразования, перекликаясь отчасти с рационалистами, с «органической архитектурой» Райта и неопластицизмом Мондриана. В его пространственных скульптурах Башня, Монумент или Колодец, наглядно выражена концепция конструктивизма, лежащая в основе архитектурной тектоники. Такая творческая установка предопределила сотрудничество Габо с Баухаузом, его опыты в дизайне. Например, проект автомобиля с Г. Ридом, близким другом скульптора, ведущим британским художественным критиком, автором целого ряда монографий, посвященных проблемам искусства модернизма. Габо и Рида связывала общность политических и эстетических взглядов, вера в важную социальную роль искусства. Чистая форма, современные материалы, строгая геометричность и точный расчет инженерной фантазии послужили художественными средствами для выражения совершенно новой эстетики. Его первые конструкции, такие как «Голова № 2» (1915), были формальными экспериментами, направленными на представление трехмерной фигуры на основе пересечения плоскостей. Он использовал комбинацию из сплошных, ребристых и стержневых конструкций для своих скульптур. Его работам приписывают связь с математикой, так как скульптуры Габо сконструированы на основе геометрии. Другой существенный аспект метода Габо заключался в необходимости реализации объектов искусства в четырех измерениях. Тем самым его можно по праву называть родоначальником кинетического искусства. Габо становится ведущей фигурой в художественном авангарде Москвы послереволюционной России. Габо участвует в выставках АГИТПРОПа и преподает во ВХУТЕМАСе вместе с Татлиным, Кандинским и Родченко. В течение этого периода его конструкции приобретают ярко выраженный геометрический характер. В августе 1920 года Габо издает «Реалистический манифест», где провозглашает принципы чистого конструктивизма. В Мюнхене Габо слушал лекции искусствоведа Генриха Вельфлина и проникся идеями Эйнштейна. Его понимание

порядка, не могло не оказать влияния на формирование его художественного метода. Габо использовал время и пространство в качестве конструктивных элементов, которые представляли собой не только элегантно сложные скульптуры, но стали также важными элементами архитектурной среды. Он всегда стремился быть инновационным в своих произведениях, используя широкий спектр материалов, включая пластмассы, леску, бронзу, оргстекло, и камень, а также моторы для своих кинематических скульптур. Габо оказал большое влияние на распространение конструктивизма за рубежом. В Германии Габо сотрудничает с художниками группы «Де Стиль» и преподает в Баухаузе в 1928 году. В 1924 году Габо, и Антуан Певзнер готовят совместную выставку в галерее Персье, Париж. Они также разрабатывают сценографию и костюмы для балета Дягилева в 1926. После прихода нацистов к власти в Германии Габо остается в Париже в качестве члена группы Абстракция-Творчество Пита Мондриана. Габо посетил Лондон в 1935 году, куда и переселился в 1936. Здесь он был благосклонно встречен критикой в качестве художника-абстракциониста. С началом Второй мировой войны он перебирается в Сэнт Ив, Корнуолл, а в 1946 году Габо эмигрировал в Соединенные Штаты. Джек Бёрнем в своей книге, посвященной влиянию науки и техники на современную скульптуру (1968) уделил большое внимание конструкциям Габо. Он отметил приверженность Габо миру науки, от технического образования и методов обучения ВХУТЕМАСа до интереса к математическим моделям и аналитической геометрии. Для Бёрнема Габо один из первых художников, использовавших технические средства во всей их полноте. Адаптируя формы из мира математики, он шел эмпирическим путем, игнорируя значимость своих научных открытий. Самое раннее упоминание абстрактной скульптуры, выполненной с использованием математических кривых, относится к работе студента из Баухауза, проходившего предварительный курс бумажного моделирования Йозефа Альберса в 1927-1928 годах. Сохранилась фотография, приведенная на странице 434 книги «Баухаус: Веймар, Дессау, Берлин, Чикаго», написанной Гансом Винглером (Hans M. Wingler, MIT Press, 1969 и 1978). Альберс также преподавал этот курс в колледже Black Mountain в Северной Каролине (1937), где он был заведующим кафедры. Несомненный интерес представляют складки с прямыми перегибами, аналогичные традиционным оригами Миура-Ори, а также самые ранние известные нам гиперболические параболоиды, созданные в 1927 в классе Альберса. Другим примером моделей из концентрических кривых являются скульптуры Александра Шавинского (Schawinsky), который был студентом Баухауса, а затем преподавал в колледже Black Mountain вместе с Альберсом. Эта скульптура появилась в Музее современного искусства (МоМА, 1944). Давид Альберт Хаффман (1925-1999) был пионером в области информатики, известен благодаря своему алгоритму кодирования (код Хаффмана). Он также был одним из первых в области математического оригами. В 1976 он написал работу «Кривизна и Складки: учебник для начинающих на бумаге», где исследовал складывание по кривым линиям. Его современник, Рональд Дейл Реш был художником и геометром, известным по своим работам со складками из бумаги, тесселяциям и многогранникам [1]. Они имели много дискуссий по поводу методов тесселяции и складок. Мауриц Корнелис Эшер (1898-1972) применял методы тесселяции и гиперболической геометрии с помощью выдающегося классического геометра Гарольда Коксетера, который исследовал многогранники и политопы.

Работы скульптора, дизайнера и архитектора с интернациональной репутацией Чарльза Перри (1929-2011), имели математическую основу, и выполнены в традициях Макса Билла и Наума Габо. Работы Перри [2] отличает элегантность формы, которая демонстрирует математическую сложность генезиса в художественном формообразовании. Его интуитивное понимание зависимостей и переменных обеспечило базу для разработки его концепции. Свою методику он излагал на лекциях по математике и искусству на различных конференциях по всему миру. Макс Билл (1908-1994) швейцарский архитектор, художник, живописец, дизайнер шрифтов и график дизайнер учился в Баухаузе у Василия Кандинского, Поля Клее и Оскара Шлеммера с 1927 по 1929. Генри Мур первым представил скульптуры из проволоки, основанные на математических моделях, которые он увидел в Британском Музее Науки в Лондоне. Наум Габо был вдохновлен скульптурами Мура и создал свою собственную вариацию

скульптур из струн, используя прозрачный пластик с отверстиями по периметру в качестве усиленного контура. В некоторых скульптурах Габо струны пересекаются, не образуя узлов, создавая сложные поверхности. В стержневых скульптурах Габо, струны всегда растянуты и поэтому поверхность формируется из прямых линий. Поскольку Перри создавал свои скульптуры из жестких стержней, используя нержавеющую сталь, он стал применять криволинейные ребра, что позволило сделать форму конструкции весьма утонченной. Несущий контур представляет собой непрерывную спираль, а пространство формируется математически заданными изогнутыми ребрами. Периметр скульптуры «Солнцестояние» создается путем переноса равностороннего треугольника по внутреннему кольцу так, чтобы центр треугольника всегда находился на этом кольце. Треугольник поворачивается при перемещении вокруг кольца. Фигура, которая производится тремя вершинами вращающегося треугольника представляет собой закрученный тор Мебиуса [3]. Скульптуры Перри можно разложить на четыре группы: ребристые, с заполнением из полос, сплошные, и полученные путем топологических преобразований. Его «Затмение» образует сферическую ферму между внутренним слоем додекаэдра и наружным слоем икосододекаэдра. Пионером геометрических форм в скульптуре считается Питер Форакис (Peter Forakis, 1927-2009). Геометрическая абстракция в конструктивизме представлена работами Энтони Хилла (Anthony Hill, 1930). Превосходный обзор творчества Энтони Хилла, вместе с другими британскими конструктивистами, приводится в авторитетной книге Алистера Грива (2005). Совместно с Джоном Эрнест он внес свой вклад в развитие теории графов, а в 1979 он был избран членом Лондонского математического общества и стал научным сотрудником кафедры математики в университетском колледже в Лондоне. Несмотря на то, что все его рельефы имели в основе математическую логику, он всегда подчеркивал что, «математика это только компонент для организации нечто такого, что есть совершенно не математическое». Узоры, полученные в результате плетения и основанные на разложении многочленов, были исследованы Адой К. Диц (1882-1950), американским ткачом и дизайнером текстиля, которая преобрела известность благодаря своей монографии 1949 года «Алгебраические выражения для текстиля ручной вязки». Она разработала новый способ генерации шаблонов для ткачества на основе алгебраических зависимостей. В фотографиях и полотнах Ман Рея (Эммануэль Радницкий, 1890-1976), французского и американского художника, фотографа и кинорежиссера использованы математические модели в рамках дадаизма и сюрреализма. Математические скульптуры в виде пространственных решеток и фрактальных образований разработал Якобус Верхоэфф (1927), голландский математик и художник, известный своими работами по информатике. Применение теории групп и самовоспроизводящихся форм в искусстве связывают с именем Джона Эрнест (1922-1994). В 1951 году он поступает в лондонский Центральный колледж искусств и дизайна св. Мартина, где присоединяется к английским конструктивистам. В течение 1950-х годов Эрнест работает совместно с Энтони Хиллом, Кеннетом Мартином, Стивеном Гилбертом, Джиллианом Уайсом, и становится видным представителем британского конструктивизма. Геометрические конструкции, представляющие собой мозаики из зеркал, создала Монир Фарманфармаян (1924), которая гармонично сочетала узоры, традиционную иранскую стеклянную мозаику, с ритмами западной геометрической абстракции. Помимо конструкций с зеркалами, она известна благодаря живописным работам, рисункам, текстильному дизайну, и монотипиям. Живописные работы, скульптуру и компьютерные визуализации в четырех измерениях выполнил Тони Роббин (1943). Цифровой художник Фергюсон Хиламан (1940) известен также как разработчик алгоритма PSLQ. Скульптура Кеннета Снельсона (1927), американского скульптора и фотографа, основанная на методах абстрактного искусства, в особенности кубизма и конструктивизма, породила целый класс мгновенно жестких пространственных конструкций, которые состоят из гибких и жестких компонентов, расположенных в соответствии с идеей «тенсегрити». Дайна Тайминя (1954) латвийский математик, внештатный доцент Корнельского университета разработала методику кроше (вязанье крючком) гиперболических фигур. Карло Секуин (Carlo H. Sequin) сформулировал понятие N-лепестка кривой Габо в виде извилистой траектории, которая волнообразно перемещается вокруг экватора сферы и имеет

регулярно расположенные точки перегиба вдоль него. Программа «Генератор Скульптур» была создана Карло на кафедре информатики Калифорнийского университета, Беркли. Разработка программы была мотивирована скульптурами Брента Коллинса и позволяет модифицировать минимальные поверхности Шерка. Международное общество искусств, математики и архитектуры было образовано в 1998 Натом Фридманом [4], скульптором и профессором математики в университете Олбани (SUNY Albany), на базе конференций по искусству и математике. Математик Роберт Бош, который является также графиком дизайнером, разработал оригинальную технику генерирования образов. Он адаптировал алгоритм коммивояжера для создания рисунков, составленных из одной непрерывной извилистой замкнутой траектории. Физик, математик и художник Владимир Булатов питает особую страсть к скульптуре, полученной с помощью математических методов и топологических трансформаций. Его образы и скульптуры представляют собой своеобразные «фотографии» оригинальных математических идей. Работы Аниты Чодри [5] исследуют декоративную природу исламского искусства, его влияние на развитие теории паттернов, роль фрактальной геометрии в создании орнаментов на основе численных методов. Она использует традиционные минеральные пигменты, цифровые фрактальные отпечатки и стальные инсталляции на базе лазерной резки. Произведения Дугласа Данхама [6] создают повторяющиеся паттерны на гиперболической поверхности. Они строятся на концентрической модели Пуанкаре с гиперболической геометрией, которая, во-первых, показывает всю поверхность в виде конечной области, и во-вторых, является конформной, так что копии мотива сохраняют свою исходную форму, уменьшаясь по направлению к границе. Большинство моделей, которые он создал, демонстрируют характеристики моделей Эшера. Дизайнер Илэйн Эллисон создает математические узоры на покрывалах. Демистификация математики проходит через все ее произведения прикладного искусства. Ей посчастливилось разделить свои математические «лоскутные истории» с дизайнерами, математиками, и музеями. Спидрон – непрерывная плоская геометрическая фигура скомпанованная из треугольников, где, для каждой пары смежных треугольников существует общая сторона, но нет общих точек внутри фигуры, был смоделирован в 1979 Даниэлем Эрдели, в качестве домашнего задания, представленного Эрно Рубику, в венгерском университете искусств и дизайна [7]. Спидрон есть производное от английского паук (spider) и спираль (spiral), поскольку его форма напоминает паутину. Брайан Эванс, цифровой художник и композитор, использует математические модели в качестве основы для своих произведений, реализуя их через звук и изображения. Эванс строит модели джазовых мелодий, используя свое собственное программное обеспечение. Затем он визуализирует их, что делает музыку видимой. Он также исследует самоподобные фрактальные изображения в нотах. Эту серию своих работ он называет изобразительное искусство фуги. Графические работы Роберта Фатауэра вдохновлены разбиениями, фракталами и математическими узлами. Так он выражает свое восхищение некоторыми аспектами нашего мира: симметрией, сложностью, хаосом и бесконечностью. Необычны спиральные разбиения Пола Гайлиунаса. Фрактальный художник Мердат Гарузи экспериментирует с различными художественными средствами. Он выбрал математические фрактальные образы в качестве нового инструмента художественного конструирования. Его фрактальные композиции основаны на комбинации евклидовой и фрактальной геометрии для построения невозможных форм, требующих специальных вычислений. Художественные произведения Гэри Гринфилда используют алгоритмы, основанные на визуализации природных процессов – клеточном морфогенезе, поведении роя, диффузии ограниченной агрегации. Сьюзен Хапперсетт через свои рисунки раскрывает эстетику математических последовательностей, функций, симметрии и пропорций, способом, доступным для всех независимо от уровня их знаний. Она визуально интерпретирует феномен теории хаоса, иллюстрирующий, что в пределах видимого беспорядка можно обнаружить порядок и структуру. Джорж Харт (1955) получил широкую известность благодаря своим скульптурам в виде трехмерных тесселяций и решеток. Его математические, и одновременно органические абстрактные формы демонстрируют важность геометрической эстетики. Классические формы развиваются в его работах по новым

направлениям, так что можно не только почувствовать элегантность платоновых тел, но и увидеть их трансформацию во времена высоких технологий. Скульптуры с минимальными формами, седловидными поверхностями, а также на базе других математических концепций разрабатываются Робертом Лонгхерстом (1949). Скульптуры, основанные на топологических преобразованиях многогранников, создает Вирсавия Гроссман (Bathsheba Grossman, 1966). В начале восьмидесятых Кристина Лейкрафт выпускник университета Варшавы и директор Центра Исследований Хаоса работала как физик над нелинейными явлениями в астрофизике. Это было время, когда теория хаоса, нелинейная динамика, фракталы и самоорганизация широко обсуждались и применялись к различным физическим, химическим, и математическим задачам. Теперь, больше четверти века спустя, она применяет теорию хаоса к искусству. В 2006 она создала серию картин, основанную на понятиях теории хаоса, таких как точки бифуркации и аттракторы. Она читает лекции по применению теории хаоса в творчестве, психологии и нейробиологии. Она является членом Общества теории хаоса в области психологии и наук о жизни. Меррилл Лессли и Пол Бил создают лазерные изображения, используя математические кривые – эпициклоиду, гипоциклоиду, розы, эпитрохоиду, гипотрохоиду и другие. Эти изображения создаются с помощью лазерного проецирования, которое осуществляется путем отражения лазерного луча от очень малого и быстро перемещаемого зеркала с помощью прецизионных гальванометров, чьи движения контролируются комбинацией математики, программного обеспечения и специально созданных аппаратных средств. Фатьма Мете (Fatma Mete) видит процесс проектирования как итеративный процесс «изменения» или «самосборки». Она пытается применять свой творческий подход в различных дизайнерских областях, например, в текстильном дизайне. Оуэн Поль Мейер делает рисунки, бумажную скульптуру и занимается деревообработкой. Он питает большую любовь к исламскому орнаменту за его геометричность и считает, что потенциал других систем орнамента до сих пор полностью не раскрыт. Кензо Накамура использует программы «Mathematica» и «Illustrator» для создания геометрических форм. Пол Пруденс придумал «автотроф» (от греческого autos – я и trophe – питание). Автотроф – это организм, который производит сложные органические соединения из простых неорганических молекул с использованием энергии света и неорганических химических реакций. Он использовал методы визуального программирования в VVVV – гибридной графической/текстовой среде программирования, предназначенной для работы с большими медиа инсталляциями и программирования физических интерфейсов, с особым акцентом на синтез динамической и интерактивной графики, видео и аудио в реальном времени, морфологические структуры, архитектурные паттерны и гиперболическую геометрию для моделирования этих культур. Используя токарный станок как основной инструмент, Боб Роллингс разработал индивидуальный подход к изготовлению разнообразных многогранников. Он интерпретировал платоновы тела под влиянием работ Иоганна Кеплера, Луки Пачиоли, Леонардо Да Винчи, М.С. Эшера, Бакминстера Фуллера и Дональда Коксетера. После экспонирования работ в Филдс институте, Боб был приглашен участвовать на выставке Дональда Коксетера на кафедре математики в Университете Торонто. Натан Селиков любит экспериментировать на границе между искусством, математикой и программированием, для чего он создает интерактивные программы, которые использует для своих произведений искусства. В хаотических динамических системах, малейшие изменения в начальных условиях производят радикально разные результаты. Интерфейс его программного обеспечения дает возможность управлять этими чувствительными алгоритмами и позволяет осуществлять творческий контроль. Мягкие скульптуры Микки Шоу изготовлены из вязаных волокон так, чтобы в геометрической прогрессии создавать вариации трехмерной неевклидовой геометрии. Его работы отображают фундаментальную взаимосвязь между искусством и математикой. Лора Шиа любит создавать сложные структуры из бисера и ниток на базе классических форм, каркасных многогранников, регулярных разбиений и мозаики. Паркет и многогранники обеспечивают игру света за счет стекла, камня и драгоценных металлов. Работа Марка Стока изображает пространства, которые получают сложность из простого поведения большого числа независимых частиц. Правила, регулирующие

действие каждого элемента, основаны на физических силах и могут быть описаны при помощи нескольких строк кода. После изучения геометрии регулярных узоров студент текстильного дизайна Бриони Томас заинтересовался возможностями паттернов, повторяющихся в трех измерениях, вокруг граней математических тел. Математические искривленные поверхности складчатых бумажных скульптур, так называемое «численное оригами», лежит в основе творчества Эрика и Мартина Димейн (Demaine, 1981). Торольф Сауэрман создал галерею скульптур и ювелирных украшений [8], полученных путем топологических преобразований многогранников. MathMod – программное обеспечение для моделирования, визуализации и анимации математических поверхностей. Значительное влияние на развитие математических методов в формообразовании и скульптуре оказал Эргюн Аклман. Его работа по моделированию топологических сетей привела к разработке компьютерной программы моделирования сеточных объектов TopMod [9]. Он также имеет большое количество работ по моделированию поверхностей и циклических плетеных структур. Таким образом, можно сделать вывод, что современные художественные произведения, созданные на основе компьютерных программ и численных методов, несмотря на большое разнообразие подходов, имеют стилевое единство с конструктивизмом прошлого века.

Список библиографических ссылок

1. Надыршин Н.М. Параметрические паттерны в архитектурном дизайне. // Дизайн ревю, 2012, № 1-2. – С. 6-10.
2. Официальный сайт Чарльза О. Перри. Биография. URL: http://www.charlesperry.com/ (дата обращения: 22.10.2016).
3. Выставка математического искусства «Bridges», 2009. Bridges Exhibition of Mathematical Art, URL: http://www.bridgesmathart.org/art-exhibits/bridges2009/index-2.html (дата обращения: 22.10.2016).
4. Международное общество искусства, математики и архитектуры, ISAMA. URL: http://www.isama.org/hyperseeing/ (дата обращения: 22.10.2016).
5. Официальный сайт Аниты Чодри. URL: http://www.anitachowdry.com/ (дата обращения: 22.10.2016).
6. Официальный сайт Дугласа Данхама, профессора информатики, факультет информатики, Университет Миннесоты. URL: https://www.d.umn.edu/~ddunham/ (дата обращения: 22.10.2016)
7. Венгерский университет искусств и дизайна. Moholy-Nagy University of Art and Design. URL: http://www.mome.hu/en/institute-of-architecture (дата обращения: 22.10.2016).
8. Торолф Сауэрманн (Jotero), URL: http://www.evolution-of-genius.de/gallery/default.htm (дата обращения: 22.10.2016).
9. TopMod3D: интерактивный топологический сеточный модельщик. URL: https://www.viz.tamu.edu/faculty/ergun/research/topology/ (дата обращения: 22.10.2016).

Belov M.I. – candidate of art, senior lecturer
E-mail: belov_m@list.ru
Mikhaylova A.S. – candidate of art, associate professor
E-mail: misuoka@gmail.com
Nadyrshin N.M. – candidate of architecture, associate professor
E-mail: neil.nadyrshine@yandex.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Creative method of Naum Gabo and his influence on the shaping in architecture and art

Resume

The article discusses the work of constructivist Naum Gabo, and the impact of his method of artistic design in the development of modern architecture and formfinding. The paper

analyzes the emergence of new trends in architecture, abstract art and sculpture, which are based on the use of mathematical models of complex geometric surfaces, topological transformations of the classical polyhedra and various tessellations. It is shown that modern art works created by computer programs and numerical methods, in spite of the wide variety of approaches have stylistic unity with constructivism of 20-60s of the last century. The present study suggests a continuity and succession in the development of styles in architecture and art of modernism and contemporary trends, including parametrism as the main style of the post-industrial era. However, the work has shown the need for fundamental research of new styles that are based on mathematical models.

Keywords: constructivism, style, mathematical sculptures, mathematical models of surfaces, tessellation, topological transformation of polyhedra, pattern, architectural ornament.

Reference list

1. Nadyrshin N.M. Parametrical patterns in architectural design // «Design review», 2012, № 1-2. – P. 6-10.
2. Official site of Charles O. Perry, biography. URL: http://www.charlesperry.com/ (reference date: 22.10.2016).
3. Bridges Exhibition of Mathematical Art, http://www.bridgesmathart.org/art-exhibits/bridges2009/index-2.html (reference date: 22.10.2016).
4. International Society of the Arts, Mathematics, and Architecture, ISAMA. URL: http://www.isama.org/hyperseeing/ (reference date: 22.10.2016).
5. Official site of Anita Chowdry. URL: http://www.anitachowdry.com (reference date: 22.10.2016).
6. Official site of Doug Dunham, Professor of Computer Science, Department of Computer Science, University of Minnesota Duluth, Freelance artist. URL: https://www.d.umn.edu/~ddunham/ (reference date: 22.10.2016).
7. Moholy-Nagy University of Art and Design. URL: http://www.mome.hu/en/institute-of-architecture (reference date: 22.10.2016).
8. Official site of Torolf Sauermann (Jotero). URL: http://www.evolution-of-genius.de/gallery/ default.htm (reference date: 22.10.2016).
9. TopMod3D: interactive topological mesh modeler. URL: https://www.viz.tamu.edu/ faculty/ergun/research/topology (reference date: 22.10.2016).

УДК 725.514
Гайдук А.Р. – кандидат архитектуры, старший преподаватель
E-mail: work@a-studiya.org
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1

Реновация промышленных объектов и адаптация индустриальных зон городов к современным условиям (на примере г. Казань)

Аннотация

Статья посвящена выявлению различных подходов к реновации промышленных территорий, рассмотрению на примерах российской и мировой практики общих методов решения проблем развития промышленных территорий в современном городе. Определены основные задачи территориального планирования г. Казань, проведен анализ районов города и предложены принципиально разные направления преобразования существующих промышленных территорий.

Ключевые слова: реновация промышленных территорий, промышленные зоны, преобразование пространств, правила землепользования и застройки.

Под «реновацией» в архитектуре понимается адаптационный процесс, протекающий в существующем здании, изменения функционального назначения здания или сооружения, для возможного дальнейшего использования. Реновация промышленных территорий исторических городов, таких как Казань, является одной из наиболее важных проблем градостроительного проектирования и фактического градостроительного планирования. Происшедшее закрытие промышленных предприятий, сокращение объемов производства привело к обострению огромного числа вопросов, одним из которых является эффективность использования заброшенных промышленных территорий. Проблема реновации промышленных территорий становится особенно актуальной. Целесообразность реновации, внедрения вариативных функций обуславливают социально-экономические, психологические, исторические и многие другие факторы. Большинство промышленных предприятий переносятся из центра на периферию или выносятся на удаление от города. При этом отказ от промышленного использования территории в городской среде позволяет снизить негативное воздействие на экологию.

Подобная ситуация сложилась и в Казани – крупнейшем культурном, научном, политическом и спортивном центре. Сейчас в нем располагаются как градообразующие предприятия, так и достаточно большое количество других промышленных предприятий разного класса, некоторые из которых давно устарели и пришли в упадок.

Проблема отживших свой срок и вышедших из эксплуатации промышленных комплексов остро стоит не только в Казани, но и во многих регионах России. Значит, проблема носит всероссийский характер. Выходом из сложившейся ситуации может стать проведение специальных реновационных мероприятий на деградирующих промышленных комплексах.

Исследованием отмечено, что в Казани и РТ развиты такие отрасли как машиностроение, высотное строительство, пищевая, нефтехимическая и легкая, промышленности. Инновационные разработки представлены крупнейшим в нашей стране IT-парком «Идея».

В начале второго тысячелетия было принято решение о разработке нового Генерального плана города Казани. Генеральный план должен был отразить изменения в экономической и политической жизни страны. Приоритетным направлением нового генерального плана было создание условий для туристического притока и вывода жилой и общественной застройки в акваторию реки Волга. При разработке генерального плана города было предложено вынести промышленные комплексы, железнодорожные ветки и узлы, складские комплексы на периферийные зоны.

Основными задачами генерального планирования территории Казани стали:

- сохранение уникального историко-культурного наследия;

- создание уникального ландшафтного и архитектурно-пространственного облика города;
- эффективное использования городских зон;
- создание комфортной среды для жителей и туристов;
- обеспечение безопасности территории;
- создание равномерности размещения на территории города жилых и общественных массивов;
- создание комфортного транспортного потока;

Таблица

Анализ существующих районов города Казани

Район	Промышленные предприятия	Характеристики района
Авиастроительный район	ОАО «Казаньоргсинтез», ОАО «Татхимфармпрепараты», технопарк технополис «Химград», ОАО «Тасма-холдинг» и Казанская ТЭЦ-3.	Воздействие заводов на атмосферу неблагоприятное. Высотно-планировочный признак-кластер промышленной зоны также спального района. Временные признаки – ветхое жильё в пределах срока службы.
Вахитовский район	завод «Нефис косметикс»	Экологическое состояние не критичное. Историческая культурная застройка, высотно-планировочный признак – малоэтажная застройка. Временные признаки – преобразование ветхого жилья, появление новостроек.
Кировский район		Экология – загрязнённый район. Социокультурные признаки – преобладает промышленная зона в районе. Малоэтажная застройка, среднее этажная застройка планируется строение многоэтажного жилья. Преобладание ветхого жилья малоэтажной застройки бывших посёлков и дач. В будущем планируется строение высотного жилья.
Московский район		Социокультурные признаки - отдалённый от центра спальный район. Планировочные признаки – средняя этажность доминирует. Временные признаки – имеет ветхое жилье 70 %, также новостройки – 20 %.
Ново-Савиновский район		Высотно-планировочные признаки – разная этажность, преобладание высотных зданий. Наличие большого числа объектов социальной инфраструктуры: больниц, школ, поликлиник, крытого ледового катка, плавательного бассейна на прилегающих территориях правого берега реки Казанка.
Приволжский район	З-д «Радиоприбор», з-д СК «Кирова», доля промышленных зданий занимает 40 % от всего района.	Главная характеристика района в том, что он постепенно расширяется в сторону экологических микрорайонов, таких как Мирный, посёлок Петровский, также планируется высотное строение микрорайона в Лаишевском районе.

Согласно новому генеральному плану, центральная часть Казани должна стать полифункциональным ядром, в котором будут протекать всевозможные сценарии

культурной жизни города, а так же общение, обмен информацией, отдых жителей города. Так же предусматривался перенос из городского ядра промышленных и складских объектов с возможностью их рефункциализации (изменение назначения промышленного объекта). Были отмечены экологически небезопасные и вредные предприятия, которые стали нерентабельны и находились в упадке (такие как железнодорожное хозяйство, меховое объединение «Мелита», фабрика «Заря», производственное объединение «Спартак»).

Исследованием предложены качественно разные направления по реновации и рефункцилизации таких промышленных территорий и комплексов:

- развитие промышленного комплекса (в том случае, если оно целесообразно с экономической стороны и не влияет на ухудшение экологического состояние города);
- сохранение первоначального облика здания (создание музея);
- рефункцилизация с последующим внедрением новых технологических процессов;
- перепрофилирование промышленных объектов и их территорий под новые функции (например, торговые центры, жилье, выставочное пространство и т.д.);
- рекультивации промышленных территорий, с последующим созданием зеленого каркаса города (парки);
- полное удаление промышленного объекта и использование территории под другим назначением.

Из числа существующих методов для реконструкции (рефункцилизации) промышленных объектов целесообразно выделить несколько основных, которые позволяют адаптировать промышленную архитектуру Казани к современным условиям:

1. Метод «аппликации». Данный метод подразумевает создание нового облика фасада и объемно-планировочного изменения за счет «наложения» новейших строительных технологий, материалов и инженерного оборудования.

2. Метод «сравнений». Предполагает сравнение существующего объекта с аналогами, обладающими новыми качествами. Чаще всего сравнивают функциональные аналоги: функциональные взаимосвязи, пластика фасадов, технологические процессы и т.д. Примером может служить инженерное оборудование, вынесенное на фасадную часть здания, или искусственная подсветка здания как прием функционально-художественного языка для раскрытия образа здания.

3. «Внедрение», или врезка новых элементов, структур в существующую объёмно-планировочную композицию здания. Это достигается путем создания доминант в объеме существующего здания, визуальное скрытие масштабов здания с помощью художественных приемов, адаптация к окружающей застройке местности.

Изучив зарубежный и отечественный опыт реновации промышленных зданий и территорий можно отметить как положительный, так и отрицательный опыт.

Ярким примером могут служить газгольдеры в Вене. Газгольдеры были построены в период с 1896 по 1899 года. Здания, как и предполагалось, были построены для хранения газа, но со временем стали не востребованы, технологическое оборудование было вывезено. Газгольдеры имеют довольно внушительные размеры – 62 метра диаметр внутреннего кольца и высота башен около 72 метров. Однако хорошо сохраненная кирпичная кладка и внутренне пространство 90000 м^3 остались нетронутыми. Позже здания были признаны памятниками архитектуры. В конце 90-х годов было решено изменить функциональное назначение старых газгольдеров. Был проведен конкурс, после которого четыре архитектурные мастерские взялись за преобразование газгольдеров, насыщение их различными функциями. Над проектом работали следующие известные архитектурные мастерские: Coop-Himmelbau, Manfred Wehdorn, Wilhelm Holzbauer и Jean Nouvel. Мастерским было поручено и изменение промышленной зоны (заброшенные пустыри), прилегающим к газгольдерам. После проведенной реновации заброшенные скелет газгольдеров превратились в фешенебельные квартиры, офисы, магазины. Только теперь это не заброшенные скелеты, а привлекательные фешенебельные офисы, квартиры и магазины. Ведущими архитекторами отмечено, что это наиболее удачный пример по реновации промышленных объектов и их территорий. Автор проекта, архитектор Прикс, говорит: «…проект газгольдеров – это один из редких примеров городских центров, создающих тесную связь между историческим ядром города и новой, развивающейся застройкой».

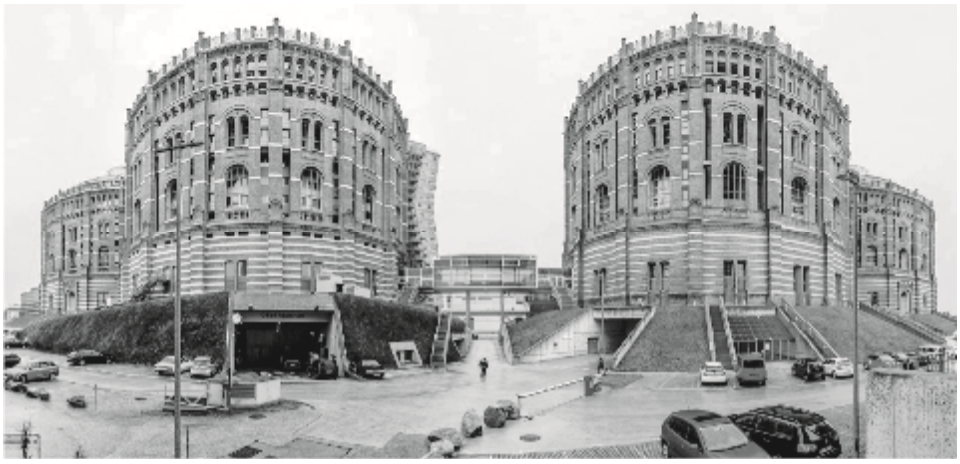


Рис. 1. Газгольдеры в Вене

В нашей стране ярким примером положительного опыта реновации промышленной территории может служить проект рефункциализации завода «Красный пролетарий» в Москве. Над проектом работала мастерская Сергея Скуратова. При осмотре данного проекта стоит выделить два вектора «красный» и «белый». Красный цвет – это цвет кирпича и промышленной зоны, а белый, лёгкий цвет – это цвет новой архитектуры 20 века. При реконструкции завода было намечено размещение выставочных пространств, художественных салонов, школой искусств. Отличительной особенностью можно считать отсутствие заборов и лёгкой проницаемостью на территорию бывшего завода посетителей. С одной стороны это хорошо, но с другой плохо. Москвичи выступают за закрытие зон завода, считая, что лёгкая доступность «портит» архитектуру завода.

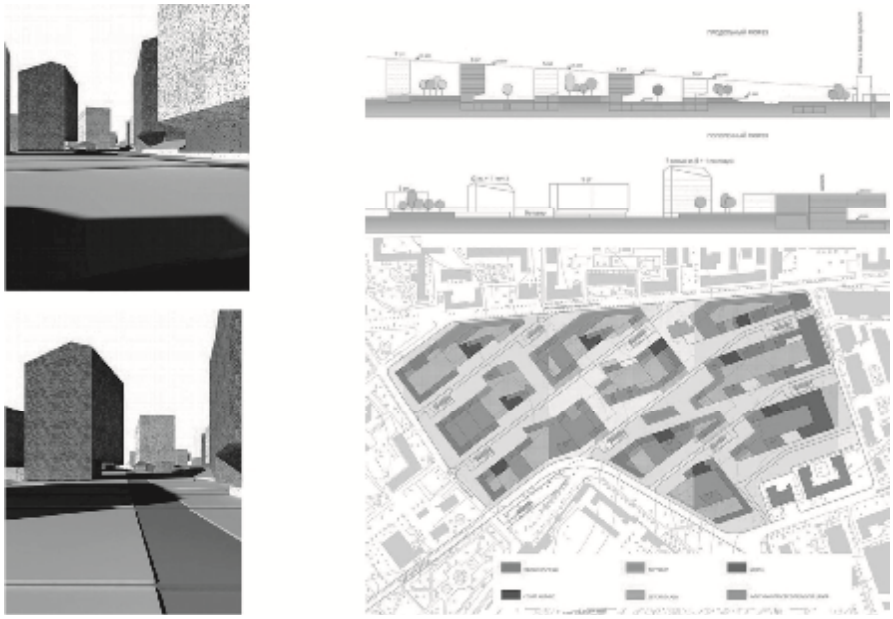


Рис. 2. Реновации территории завода «Красный Пролетарий»

В качестве же отрицательного примера, не законченного или не удавшегося, можно привести московский проект Галерея Якута. Архитекторы пытались сделать из газгольдеров выставочные пространства, клуб, галереи, офисные пространства, но все терпело крах. Придание зданиям «гламурного» облика лишь испортило фасад газгольдеров. А перекрытое монолитными балками внутренне пространство оказалось безликим и монотонным.

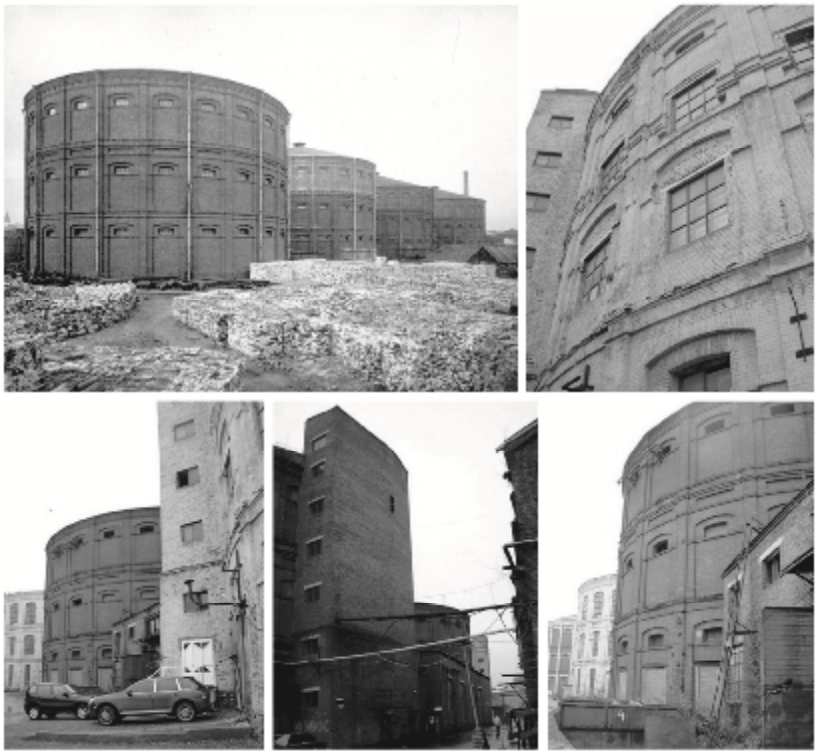


Рис. 3. Реновации территории и внешнего облика Галереи Якута

Таким образом, выявлено несколько направлений, методов и способов адаптации промышленных объектов к потребностям современных городов, обладающих многовековой историей. Перспективное развитие промышленной архитектуры заключено в ее возможной и быстрой адаптации к развивающимся технологиям. Это может быть достигнуто с помощью рефункциализации промышленных объектов, насыщением их новыми функциями.

Список библиографических ссылок

1. Ахмедова Е.А. Современный генеральный план города и возможности его реализации в условиях рынка // Промышленное и гражданское строительство, 2010, № 8. – С. 6-10.
2. Ахмедова Е.А., Галахов С.И. Принципы формирования архитектурно-планировочной структуры офисноделовых центров в исторической застройке крупнейших городов // Вестник СГАСУ. Градостроительство и архитектура, 2014, № 1 (14). – С. 6-12.
3. Халитов Н.Х., Аитов Р.Р., Надырова Х.Г. Концепция поддержки и развития национального своеобразия в архитектуре Татарстана // Известия КГАСУ, 2012, № 2 (20). – С. 49-64.
4. Ефимов А.В., Панова Н.Г. Колористическая культура архитектора. Эволюция цветовых предпочтений в архитектуре // Архитектура и строительство России, 2015, № 1 (205). – С. 30-39.
5. Вершинин В.И. Эволюция промышленной архитектуры: – М.: Архитектура-С, 2007. – 167 с.
6. Реновация промышленных территорий и объектов. URL: http://arch-grafika.ru/publ/bez_kategorij/bez_kategorij/renovacija_promyshlennykh_territorij_i_obektov/12-1-0-69 (дата обращения: 22.09.2016).
7. URL: http://stroi.mos.ru (дата обращения: 20.09.2016).
8. URL: http://mosday.ru/guide/id.php?1270 (дата обращения: 10.09.2016).

Gaiduk A.R. – candidate of architecture, senior lecturer
E-mail: work@a-studiya.org
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Renovation of industrial facilities and adaptation of the industrial zones of the cities to modern conditions

Resume

The article dwells upon the renovation of several large industrial parts of Kazan. The authors explore the history of the development of industrial enterprises which were formed the first part of the 20th century, and the reasons of their land degradation. The article summarizes the characteristics of former industrial area of urban location and the problems of their development. It is concluded that prospects of these newly emerged territories in the public areas of the city are unique. Shortcomings of the proposed projects for the land reconstruction are analyzed. The authors aim to develop a methodology for the renovation and fundamental transformation of these large industrial areas. Historically, the industry of Kazan has evolved along with the city. Many industrial sites are currently degraded. However, former industrial area was a significant part of the city. The question of the liberation of the territory became one of the main. An existing solution to this problem in Kazan is the removal (demolition) of the enterprise in the peripheral part of the city refunctionalisation of an industrial site.

Keywords: renovation of industrial areas, industrial zones, the transformation of spaces, land use and development rules, general plan.

Reference list

1. Akhmedova E.A. The Modern General plan of the city and the possibilities of its implementation in the market conditions // Promyshlennoe I gragdanskoe stroitelstvo, 2010, № 2. – P. 6-10.
2. Akhmedova E.A., Galakhov S.I. The principles of formation of the architectural-planning structure of the office and business centers in the historic building of the largest cities // Bulletin. Promishlennoe I gragdanskoe stroitelstvo, 2014, № 1 (14). – P. 6-12.
3. Khalitov N.H., Aitov R.R., Nadirova Kh.G. The Concept of support and development of national identity in the architecture of Tatarstan // Izvestiya KGASU, 2012, № 2 (20). – P. 49-64.
4. Efimov A.V., Panov N.G. Color culture of an architect. The evolution of color preferences in architecture // Arhitektura I construkcii Rossii, 2015, № 1 (205). – P. 30-39.
5. Vershinin V.I. Evolution of industrial architecture: proc. allowance. – M.: Architectura-C, 2007. – 167 p.
6. Renovation of industrial territories and objects. URL: http://arch-grafika.ru/publ/bez_kategorij/bez_kategorij/renovacija_promyshlennykh_territorij_i_obektov/12-1-0-69 (reference date: 22.09.2016).
7. URL: https://stroi.mos.ru (reference date: 20.09.2016).
8. URL: http://mosday.ru/guide/id.php?1270 (reference date: 10.09.2016).

УДК 728.03
Князева А.Р. – студент
E-mail: aleksandra_knz@mail.ru
Смирнова С.Н. – кандидат архитектуры
E-mail: smirnovskie_ns@mail.ru
Поволжский государственный технологический университет
Адрес организации: 424000, Россия, г. Йошкар-Ола, Ленинский пр., д. 3

Традиционное жилище в аспекте энергосбережения

Аннотация
В статье проанализирован мировой опыт строительства традиционного жилища в разных климатических поясах. Выявлены общие архитектурно-планировочные приемы энергосбережения для жилья каждого климатического пояса. Учитываются общая форма и габариты, используемый экологичный материал и конструкция, энергосберегающие решения во внутренней планировке (тепловое зонирование, наличие теплового буфера, расположение источника тепла, наличие окон и т.д.), ориентация относительно Солнца. Основным показателем выступает коэффициент компактности. Результаты исследования объединены в таблицу.
Ключевые слова: экологичность, энергосбережение, традиционное жилище, коэффициент компактности.

«Лучшая архитектура исходит из синтеза всех элементов, из которых по отдельности состоит здание: от его связи с городским пейзажем или очертаний его конструкций; службы (инженерные системы), которые позволяют ему работать; экология здания; используемые материалы; характер пространств; использование света и тени; символика формы… Успешная, устойчивая архитектура решает все эти задачи и многое другое», – утверждает Н. Фостер [1].

И, как ни странно, наиболее полно все выше сказанное реализуется в традиционном жилище, энергосберегающие приемы которого были отработаны на протяжении нескольких тысячелетий. Климат явился решающим фактором при определении их конструкции, формы и используемого материала. Для проектирования энергоэффективной архитектуры на современном этапе будет полезно изучение этого опыта.

Жилища арктического и субарктического поясов

Данные климатические пояса представлены следующими типами сезонного жилья: чум (жилище народов Сибири), яранга (жилище народов северо-востока Сибири), ураса (летнее жилище якутов), балаган (зимнее жилище якутов), юрта (жилище тюркских кочевников), иглу (жилище эскимосов). Их общими чертами являются: экологичность, каркасная конструкция, ветроустойчивость, учет ориентации, быстрое время сборки, высота помещения – 2-2,2 м, площадь поверхности, соприкасающаяся с атмосферой минимальна, что позволяет сохранять и поддерживать тепло, расположение очага в центре жилища, теплый воздух от очага, поднимаясь вверх до дымового отверстия, создает зону повышенного давления, и холодный воздух не проникает внутрь, зимой в качестве теплоизолирующего слоя выступают шкуры особой обработки, а летом – кора лиственницы, войлок или береста. Размеры в плане и высота: балаган 6х6 м (высота 2-2,2 м), ураса 6-10 м (высота 10-12 м), яранга 5-8 м (высота 3,5-4,5 м), чум 3-8 м (высота 3-4 м), юрта 4,5-8 м (высота 4-5 м). При строительстве иглу, используются снежные блоки и форма жилища полусферическая. Размеры в плане 3-4 м и высота помещения 2 м [2-6].

Жилища умеренного пояса

Для данного климатического пояса характерно жилище – изба. Существует несколько видов изб: северорусская изба (рис. 7), угро-финская изба (рис. 8), словенская изба (рис. 9), половецкая изба (рис. 10). Общие черты, объединяющие эти жилища: избу возводили из сосны и лиственницы; похожая планировка; размеры в плане 4х5 м, высота

2,3-3 м, учет ориентации; высокое крыльцо. Для изготовления всех частей жилого дома применялось дерево, экологически чистый и возобновляемый материал. Но, отдельно следует отметить, что для строительства украинской избы – хаты и мазанки, в качестве материала используется глина и солома. Размеры в плане угро-финской избы 6х8 м. Основные принципы энергосбережения: наружные стены из паропроницаемого материала, наличие теплового буфера (теплоизолированный цоколь-завалинка, утепленные перекрытия, чердачная крыша). Большую роль играет наличие в избе печи, она занимает значительную площадь помещения и обогревает все пространство дома [5].

Рис. 1. Чум

Рис. 2. Яранга

Рис. 3. Ураса

Рис. 4. Балаган

Рис. 5. Юрта

Рис. 6. Иглу

Рис. 7. Северорусская изба

Рис. 8. Угро-финская изба

Рис. 9. Словенская изба

Рис. 10. Половецкая изба

Рис. 11. Минка

Рис. 12. Трулло

Жилища субтропического пояса

Данный климатический пояс представлен следующими типами жилья: минка (жилище в Японии – рис. 11), трулло (жилище в Италии – рис. 12), пальясо (жилище в Испании – рис. 13), сакля (жилище народов Кавказа – рис. 14). Минка – жилище несколько иного типа, основной материал, используемый при строительстве, бамбук, размеры в плане 2х2 м с высотой помещения 4-5 м. Конструкция выполнена в виде легкого деревянного каркаса со съемными стенами. Объем состоит из двух секций, в одной из которых имеется глиняная печь. Общими чертами остальных представленных типов являются: отсутствие окон, либо их минимальное количество; используемый материал при строительстве – камень; учет ориентации; толстые стены. Размеры в плане и высота: трулло 4-5 м (высота 6-8 м), пальясо 10-20 м (высота 4-5м), сакля 4х4 м (высота 3-3,5 м).

Рис. 13. Пальясо

Рис. 14. Сакля

Рис. 15. Африканская пещера

Жилища тропического пояса

Данный климатический пояс представлен следующими типами жилья: африканские пещеры (рис. 15), пуэбло (жилище индейских народов – рис. 16). Общие черты – массивные стены, обладающие значительной тепловой инерцией (рис. 17). Для африканских пещер характерны внутренние помещения порядка 20 метров и двор диаметром 10 метров, возможно расположение в несколько этажей, для передвижения между этажами служит веревочная лестница. Для пуэбло характерно использование местных экологичных материалов – глинобита и камня. Внешне напоминает многоквартирный современный дом с массивными стенами, что обусловлено необходимостью укрыться от жары [7].

Рис. 16. Пуэбло

Рис. 17. Небоскреб из глиняного Кирпича, г. Шибам, республика Йемен. Включен в программу Всемирного наследия ЮНЕСКО

Рис. 18. Рондавель

Жилища субэкваториального пояса

Данный климатический пояс представлен следующими типами жилья: африканский рондавель (рис. 18), соломенная американская хижина (рис. 19), австралийский шалаш (рис. 20), азиатская сарифа (рис. 21). Для рондавеля характерно строительство из камня с применением «цементного раствора» из песка, земли или их смеси с навозом; для выравнивания поверхности пола обработка навозосодержащей смесью, каркас выполняют из круглого лесоматериала с последующим настиланием тростника. Общими чертами для остальных типов жилья являются: легкость конструкции, использование экологичных местных материалов. Размеры в плане и высота: рондавель 3-4 м (высота 4-5 м), соломенная хижина 3-4 м (высота 4-5 м), австралийский шалаш 3-4 м (высота 4-5 м), сарифа 3х4 м (высота 3-4 м) [8].

Рис. 19. Соломенная хижина

Рис. 20. Шалаш австралийский

Рис. 21. Азиатская сарифа

Жилища экваториального пояса

Данный климатический пояс представлен следующими типами жилья: африканский дом на сваях (рис. 22), азиатский дом на сваях (рис. 23), южно-американский дом на сваях (рис. 24). Общими чертами являются: технология

строительства; размеры в плане; высота помещения; учет ориентации; использование местного материала – бамбука; изготовление свай из твердых пород дерева; конструкция жилища позволяет сберечь постройку от сырости, обдувая ветром постройку снизу; также построив дом на сваях, в него не проникнут змеи и насекомые [8].

Рис. 22. Африканский дом на сваях

Рис. 23. Азиатский дом на сваях

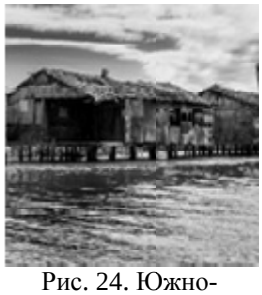


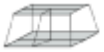
Рис. 24. Южно-американский дом на сваях

В традиционном жилище учтены энергоэффективные решения: архитектурные, конструктивные, инженерные (табл.). К архитектурным решениям относятся: форма, размеры в плане, внутренняя планировка, ориентация. К конструктивным решениям – конструкция стен и материал, конструкция окон и площадь освещения, конструкция покрытий и материал. К инженерным решениям – отопление, освещение, пассивное использование невозобновляемых источников энергии, вентиляция [9].

Коэффициент компактности, нормировавшийся в СНиП 23-02-2003, ввиду неполного им отражения теплозащитных свойств здания в актуализированной редакции СНиП «Тепловая защита зданий», не входит в число показателей, определяющих тепловую защиту зданий. Вместо него введено обязательное нормирование удельной теплозащитной характеристики здания, одновременно учитывающей как форму здания, его поверхность стен, так и сопротивление теплопередаче отдельных ограждающих конструкций здания [10]. Тем не менее, в народном жилище, опирающимся на использование местных строительных материалов и исключающим таким образом какие-либо варианты состава наружных ограждающих конструкций, тепловая защита здания большей частью определяется его объемно-планировочными характеристиками, которые и учитывает коэффициент компактности.

Таблица

Архитектурные решения традиционного жилища

Климатический пояс	Жилище	Форма	Размеры в плане, м	Высота, м	Площадь поверхности A_b^{sum}, м^2	Отапливаемый объем здания, V_h, м^3	Коэффициент компактности, k_e^{des}, м$^{-1}$	Материал	Внутренняя планировка	Учет ориентации
Арктический	Иглу		d=3-4	2	25,1	33,5	0,75	Снежные блоки	Точечный источник тепла – очаг в центре жилища	+
Субарктический	Яранга		d=5-8	3,5-4,5	88,9	107,6	0,83	Деревянные шесты, шкуры		+
	Чум		d=3-8	3-4	71,6	67	1,07	Жерди, береста		+
	Ураса (летнее)		d=6-10	10-12	131,9	94,2	1,39			
	Балаган (зимнее)		6x6	2-2,20	100	55,7	1,8	Тонкие бревна		+

Продолжение таблицы

	Юрта		d=4,5-8	4-5	59,8	53,01	1,13	Жерди, войлок		+
В среднем		Круглая в плане	d= 4-6	3-4	–	–	–	Каркас из дерева		
Умеренный	Изба северорусская, словенская		4х5	2,3-3	98	60	1,3	Бревна	Наличие теплового буфера, печь как источник тепла в центре жилища	+
	Половецкая							Глина, солома		
	Угро-фин.		6х8	2,3-3	234	180	1,3	Бревна		+
В среднем		Прямоугольная	4х5	2,3-3	–	–	–	Бревна		
Субтропический	Минка		2х2	4-5	20	8	2,5	Бамбук	Отсутствие окон в помещении, отсутствие отопления	+
	Трулло		d=4-5	6-8	87	75	1,2	Камень		+
	Пальясо		d=10-20	4-5	156	95	1,64			+
	Сакля		4х4	3-3,5	80	48	1,6		Отсутствие окон, очаг в центре жилища	+
В среднем		–	4-5	4,5	–	–	–	Камень		
Тропический	Пещера	–	–	5-6	–	–	–	Глинобит	Многокамерное жилище	–
Субэкваториальный	Рондавель		d=3-4	4-5	28	18	1,5	Камень	Небольшой очаг в центре жилища	+
	Хижина		d=3-4	4-5	25	14	1,7	Солома		+
	Шалаш		d=3-4	4-5	25	14	1,7	Бамбук		+
	Сарифа		3х4	3-4	23	15	1,5	Солома		+
В среднем		Круглая	d=3-4	4-5	–	–	–	Местный материал		
Экваториальный	Дом на сваях		3х3	3-4	54	36	1,5	Бамбук	Наличие кухни в центре жилища	+

Форму здания определяют климатические условия (температура, влажность, ветер), использование местного материала, характерного для данной местности. Размер

сооружения остается в среднем 3-4 метра, независимо от климатических условий, что определяется, прежде всего, минимальными потребностями человека с традиционным укладом жизни. Высота сооружения, при изменении климатических условий от суровых к более теплым, в среднем увеличивается от 2 до 4,5 метров. Использование только местных материалов обеспечивает оптимальный микроклимат помещений.

Низкое значение коэффициента компактности позволяет говорить о том, что традиционное жилище характеризуется невысокими потерями тепла вследствие компактной формы зданий. Чем суровее климат, тем значение коэффициента меньше (0,75-1,07), а жилище, таким образом, спроектировано более рационально и экономично.

Если мы заявляем об устойчивости (экологичности), а значит и жизнеспособности наших творений, не просто отдавая таким образом «дань моде», а искренне надеясь на преображение нашего общего жилища – планеты Земля – то вправе ли мы не стремиться к компактности проектируемых объектов, игнорировать конструктивные материалы, которые сама природа определила для использования в той или иной местности, как наиболее подходящие для обеспечения требуемого микроклимата и т.д.? Получается, что древние безымянные зодчие уже давно нашли тот путь создания «успешной, устойчивой», «лучшей» архитектуры?

Список библиографических ссылок

1. Foster N. Architecture and Sustainability. 2003. URL: http://www.fosterandpartners.com/media/546486/essay13.pdf (дата обращения: 20.10.16).
2. Дом иглу из снега и льда. URL: http://proekt-sam.ru/proektdoma/dom-iglu-iz-snega-i-lda.html (дата обращения: 2.06.16).
3. Тырылгин М.А. Истоки феноменальной жизнеспособности народа саха. – Якутск: Бичик, 2000. – 304 с.
4. Маркус Т.А. Моррис Э.Н. Здания, климат и энергия. – Л.: Гидрометеоиздат, 1985. – 542 с.
5. Смирнова С.Н. Реализация архитектурно-планировочных принципов проектирования энергоэффективного жилья в традиционном жилье севера России // Интернет-вестник ВолгГАСУ. Сер.: Политематическая, 2013, № 3 (28). URL: http://vestnik.vgasu.ru/attachments/Smirnova-2013_3(28).pdf (дата обращения: 12.06.16).
6. Ноговицын В.П., Соломонов Н.Г., Саввинов А.С., Степанов А.В. Естественно-научный взгляд на якутский балаган // Вестник Северо-Восточного федерального университета им. М.К. Аммосова, 2015, № 2. URL: http://cyberleninka.ru/article/n/estestvenno-nauchnyy-vzglyad-na-yakutskiy-balagan (дата обращения: 13.06.16).
7. Смирнова С.Н. «Земляное» жилище как составляющая экологической архитектуры // Архитектон: известия вузов, 2013, № 1 (41). URL: http://archvuz.ru/2013_1/4 (дата обращения: 15.06.16).
8. Национальные дома народов Африки: круглые дома, шалаши, дома на сваях и пещеры в пустынях. URL: http://www.remontpozitif.ru/publ/stroitelstvo/stroitelstvo_doma/nacionalnye_doma_narodov_afriki_kruglye_doma_shalashi_doma_na_svajakh_i_peshhery_v_pustynjakh/73-1-0-1476 (дата обращения: 12.06.16).
9. Табунщиков Ю.А., Бродач М.М., Шилкин Н.В. Энергоэффективные здания. – М.: АВОК-ПРЕСС, 2003. – 200 с.
10. Гагарин В.Г., Козлов В.В. Теплозащита и энергоэффективность в проекте актуализированной редакции СНиП «Тепловая защита зданий» // Энергосбережение, 2012, № 3. – С. 44-46.

Knyazeva A.R. – student
E-mail: aleksandra_knz@mail.ru
Smirnova S.N. – candidate of architecture
E-mail: smirnovskie_ns@mail.ru
The Volga State University of Technology
The organization address: 424000, Russia, Ioshkar-Ola, Leninskiy pr., 3

Traditional dwelling in the aspect of energy saving

Resume

Traditional dwelling in different climatic zones based on the accounting of climatic conditions. This aspect is realized in the choice of a rational form and dwelling size, the inclusion of buildings into the natural landscape, the orientation relative to the sun, the direction of wind flows, using natural materials typical for the area, which provides optimal indoor climate. Particular attention is given to energy-saving solutions in the interior layout. Of course, for each climate zone these solutions are different, but in the dwelling within the same climatic zone there are many similarities. The index of the shape of a building is calculated as one of the major space-planning indicators, which allow to conclude about the level of energy efficiency. The trends and the general direction of the architectural and planning methods of energy saving in a traditional dwelling clearly present in the following table, compiled from the results of the study.

Traditional architecture in the development process accumulates in itself only the best, viable. That is why it is necessary to pay attention to the valuable experience of the ancient nameless architects at the present stage design.

Keywords: environmentally friendly, energy saving, traditional dwelling, index of the shape of a building.

Reference list

1. Foster N. Architecture and Sustainability. 2003. URL: http://www.fosterandpartners.com/media/546486/essay13.pdf (reference date: 20.10.16).
2. House igloo out of snow and ice. URL: http:/proekt-sam.ru/proektdoma/dom-iglu-iz-snega-i-lda.html (reference date: 02.06.16).
3. Tyrylgin M.A. Origins phenomenal vitality of the Sakha people. – Yakutsk: Bichik, 2000.–304 p.
4. Marcus T.A., Morris E.N. Buildings, climate and energy. – L.: Gidrometeoizdat, 1985. – 542 p.
5. Smirnova S.N. Implementation of architectural and planning principles design of energy-efficient housing in the traditional housing in northern Russia // Internet-vestnik VolgGASU. Ser.: Politematicheskaya, 2013, № 3 (28). URL: http://vestnik.vgasu.ru/attachments/Smirnova-2013_3(28).pdf (reference date: 12.06.16).
6. Nogovitsin V.P., Solomonov N.G., Savvinov A.S., Stepanov A.V. Natural-scientific view of the Yakut circus // Vestnik Severo-Vostochnogo federal'nogo universiteta im. M.K. Ammosova, 2015, № 2. URL: http://cyberleninka.ru/article/n/estestvenno-nauchnyy-vzglyad-na-yakutskiy-balagan (reference date: 13.06.16).
7. Smirnova S.N. «Earthlings» housing as a component of ecological architecture // Arkhitekton: izvestiya vuzov, 2013, № 1 (41). URL: http://archvuz.ru/2013_1/4 (reference date: 15.06.16).
8. National homes of the African peoples: the round houses, huts, houses on stilts and caves in the desert // URL: http://www.remontpozitif.ru/publ/stroitelstvo/stroitelstvo_doma/nacionalnye_doma_narodov_afriki_kruglye_doma_shalashi_doma_na_svajakh_i_peshhery_v_pustynjakh/73-1-0-1476 (reference date: 12.06.16).
9. Tabunschikov Y.A., Brodach M.M., Shilkin N.V. Energy efficient buildings. – M.: AVOK-Press, 2003. – 200 p.
10. Gagarin V.G., Kozlov V.V. Thermal insulation and energy efficiency in the project of the updated version of Building norms and regulations «Thermal protection of buildings» // Energosberezheniye, 2012, № 3. – P. 44-46.

УДК 74.01/.09
Михайлова А.С. – кандидат искусствоведения, доцент
E-mail: misuoka@gmail.com
Надыршин Н.М. – кандидат архитектуры, доцент
E-mail: neil.nadyrshine@yandex.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1

Бионические паттерны в архитектуре и дизайне

Аннотация

Статья посвящена одному из актуальных направлений в области дизайна – параметризму, а именно бионическому паттерну в архитектуре и дизайне. Параметризм преобразует технику геометрических паттернов в новый реестр тектонической артикуляции архитектурного дизайна. В статье кратко рассматриваются основные виды паттернов и более детально один из видов – бионический паттерн. Комбинируя элементы ботаники, морфологии, топологии, оптические эффекты и эмергентных растущих элементов, эта система представляет собой новое поколение мембран, полученных на основе параметрических моделей, использующих «сложность» как стратегию современного дизайна для повышения их привлекательности.

Ключевые слова: дизайн среды, дизайн города, современный дизайн, постиндустриальный дизайн, параметризм, бионика, биоморфизм, паттерн, архитектурный паттерн, паттерн в дизайне.

Современный дизайн и архитектура достаточно активно и принципиально на новом уровне обращаются к теме паттернов. В общем случае это обращение представляет собой комбинирование и повторение различных визуальных элементов, имеющих разнообразное использование в зависимости дисциплины или технологии. Опыт использования паттернов в архитектуре и дизайне в действительности очень глубок. Сегодня создаваясь на различных временных и масштабных уровнях, паттерны могут включать в себя как естественные элементы, так и искусственные. Современные технологии оказывают сильное влияние на роль паттернов в дизайне и архитектуре, способствуя и автоматизации их построения, и совершенствованию их воплощения, а также расширяя типологический ряд применения. В конце 1990-х годов, были обнаружены новые возможности использования паттернов на основе применения техники наложения текстуры на искривленные поверхности. Архитектурный паттерн стал элементом авангардного движения, которое дизайнеры выдвигают как новый стиль «параметризм». В настоящее время фактически техника наложения текстур была заменена написанием программного скрипта, а старые методики используются для первоначальной проверки или иллюстрации эффектов, которые затем должны быть реализованы в виде набора процедур.

Параметризм – весьма объемное явление, но что касается паттернов, то здесь происходит преобразование техники построения геометрических повторяющихся фигур в новый реестр тектонической артикуляции архитектурного дизайна. Важнейшим шагом стал переход от адаптивной компенсации паттернов к их дифференциации, в зависимости от работы конструируемой оболочки. Параметрическое моделирование позволяет достичь вариабельности проектируемой поверхности, которая в свою очередь запрограммирована и управляема путем изменения элементов базы данных. Таким образом. Поведение паттернов, применяемых в архитектуре и дизайне, управляется. Дифференциация может быть выполнена, в том числе преднамеренно, путем «разрисовывания» поверхности каким-либо узором, который становится базой для моделирования паттернов.

Немаловажным моментом здесь является функциональная нагрузка паттерна. Поверхностная артикуляция может соответствовать структурным линиям различного содержания, например, изолиниям распределения напряжений на поверхности оболочек. Дифференциация может включать апертуры (лат, apertura – отверстие), размещенные по

поверхности, которая может быть выполнена с учетом отделки, а орнамент может быть использован для создания многослойной сетчатой конструкции оболочки [1].

Еще одним перспективным направлением является адаптивная дифференциация архитектурного фасада, выполняемая с учетом экологических параметров, различаемых в зависимости от ориентации поверхности ограждений. К примеру, использование солнечного света: постепенное изменение его интенсивности переводится в градиентное преобразование компонентов искривленной поверхности. В параметризме такие функциональные зависимости реализуются в художественно-эстетической концепции. И таким образом мы не ограничены в использовании способов и элементов – параметров артикуляции поверхностей: рельеф, материал, текстура, цвет, отражение, прозрачность и т.д. Потенциально, эти параметры могут быть использованы в соответствующих процедурных скриптах [1].

Рассмотрим недавние исследования, обусловленные необходимостью реализации сложных архитектурных форм свободного очертания, где паттерны возникают естественно путем компоновки панелей и несущих структур, связанных с геометрией свободных форм.

Наложение текстур/панелизация. Компьютерная графика интенсивно исследует проблемы отображения плоской текстуры на двояко изогнутой поверхности, минимально деформируя ее. Методы отображения текстур могут быть полезными в архитектуре для целей оформления и презентации, но для разбиения поверхности на панели они вряд ли достаточны. На основе выбора материала и технологии изготовления, определенные геометрические формы являются предпочтительными – плоские панели всегда просты и дешевы.

Техники разбиения поверхностей. Разбиение (или тесселяция) является основным подходом к моделированию архитектурных форм и базируется на последовательном уточнении исходной сетки. Алгоритмы разбиения поверхностей привели известного американского архитектора, дизайнера, инженера и изобретателя Бакминстера Фуллера к построению геодезических куполов с любопытными с эстетической точки зрения сетками, представляющими особый интерес для архитектурного проектирования. Они могут быть использованы для создания сеток, образованных треугольниками, прямоугольниками, шестиугольниками, или даже более сложными паттернами. Подобное разбиение также может быть частью стратегии геометрической оптимизации архитектурного сооружения.

Паттерны на базе плоских четырехугольников (Quads). В последнее время, достигнут значительный прогресс при проектировании и расчете сетчатых оболочек свободных форм, с ячейками, имеющими четыре плоские грани (известные как сетки PQ). К примеру, несущие системы – специальный тип (PQ) сеток, могут быть встроены в последовательность ячеек такого же типа, которые находятся на постоянном расстоянии друг от друга. Расстояние может измеряться по-разному, что приводит к различным типам сеток. Например, грани конических сеток находятся на постоянном расстоянии, и с ними связаны схемы несущих балок, то есть в каждой вершине центральные плоскости балок коаксиальны (проходят через одну ось). С другой стороны, гибридные сети могут быть связаны с переменным расстоянием, однако расположение свободных от кручения балок, в общем случае, может быть достигнуто только в приближенном виде с помощью алгоритма оптимизации [2].

Гексогональные структуры. Бакминстер Фуллер, Фрай Отто, Ларс Спайбрук и другие были очарованы формами и структурной эффективностью кремнистых микроскелетов радиолярий с формами на основе гексагональной сетки. Структурно это очень интересные геометрические объекты – шестигранные сетки, представляющие фигуры произвольной формы.

Паттерны в виде кругов и структуры на их основе, получаемые со специальной упаковкой кругов и сфер на сложных поверхностях – так называемые сетки, упакованные окружностями (circle-packing, CP). Это треугольные сетки, где вписанные окружности соседних треугольников имеют одну точку контакта на общем ребре. Сетки «CP» имеют высокую эстетическую ценность и приводят к интересным моделям поверхностей, а также к ряду нерешенных математических задач. Соседствующие вписанные окружности CP сеток тангенциальны к друг другу и формируют систему из кругов, которая в математике называется «упаковкой кругами или сферами».

Стоит отметить, что проектирование и изготовление геометрически сложных архитектурных сооружений будет иметь пользу от взаимодействия архитекторов, математиков и инженеров. Это было показано в ряде последних исследований, например, для решения задач панелизации (на базе плоских прямоугольников, шестиугольников и гибридных сеток) и проектирования несущих конструкций оболочек свободной формы, обладающих свободными от кручения узлами. Математика также предлагает перспективные инструменты для разработки полностью трехмерных пространственных структур, таких как диаграмма Вороного (Voronoi diagram) и эволюционные алгоритмы формообразования [3].

Одной из наиболее вдохновительных областей для дизайнеров и архитекторов современности является природа. Архитектурная бионика, биомиметика, биоморфизм, бионический дизайн – эти термины знакомы дизайнерами и архитекторам уже с конца прошлого века. Естественно, не обошлось бионическое направление в формообразовании и без внедрения в области формирования паттернов.

Биоподражательный (бионический) орнамент на примере системы «Флора флекс». На пути к более умной, ассоциативной и топологически пышной архитектуре, Эван Дуглис разрабатывает новую логику формообразования, заключенную в скриптах и зависимостях, и основанную на природных аналогах, которые являются источником вдохновения и новых открытий. Морфология цветущих растений стала объектом исследования в качестве идеального примера вариации поверхностей и ретинальных эффектов [4]. Эта модель предлагает существенное понимание сложного и таинственного мира природных систем, претерпевающих непрерывное изменение. Положенная в основу сложной сборки из тонких радиальных лепестков, синхронно расширяющихся в связи с постоянно меняющимся циклом фотосинтеза, транспирации и опыления, логика простого цветка является впечатляющим примером для построения моделей в морфоэкологии. Эта модель, как любой реляционной организм, выживание которого симбиотически зависит от его экологического контекста и окружающих видов, олицетворяет собой возможности новых эмергентных систем, основанных на повторяющихся паттернах, определяющих различия и сходства. С самого начала создания системы «Flora flex» приоритетом стала разработка повторяющегося модуля, который максимально демонстрировал бы иллюзорные свойства поверхности, проявляющиеся при непрерывном изменении геометрии паттерна или в связи с изменением положения наблюдателя. По аналогии с примитивной обтекаемой изотропной поверхностью, которую можно найти в мире топологии, винтовые вращения спроецированных лепестков, вращающихся вокруг центра тора, послужили основой для получения аналогичной вибрации, необходимой для создания внешнего вида анаморфной поверхности (рис. 1).

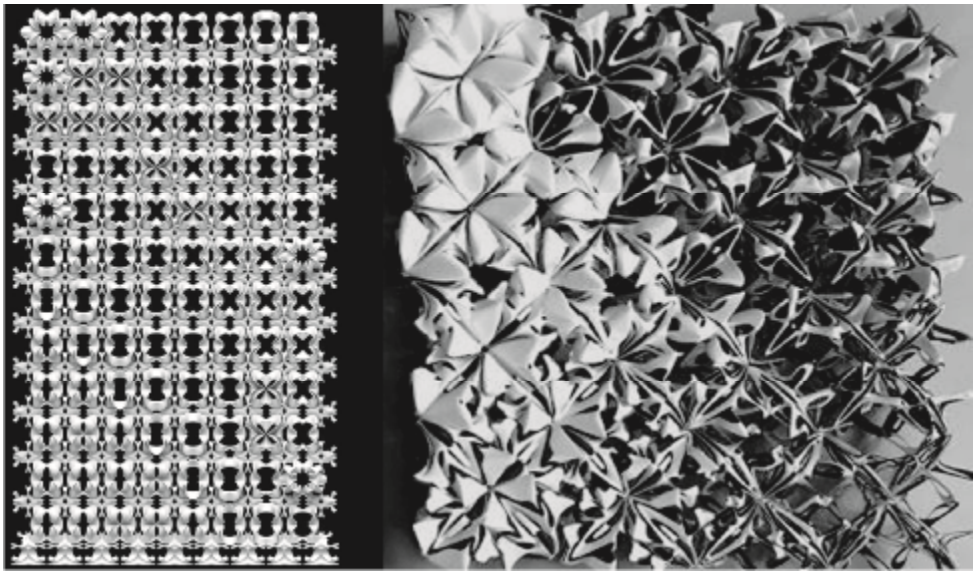


Рис. 1. Биоподражательный Орнамент Эвана Дуглиса, система «Флора флекс» [8]

В любой модульной системе всегда есть критическое взаимодействие между единицей и множеством. Уникальная задача состоит в том, чтобы поддерживать изменения поверхности любыми имеющимися средствами, создавая калейдоскоп визуальных эффектов, которые работали бы в различных масштабах и с разных перспективных точек. В то время как базовая геометрия основного элемента оставалась фиксированной (геометрические параметры тора), интенсивное применение скрипта для описания хореографии лепестков, выявило широкий спектр возможных комбинаторных вариантов, необходимых для производства сложных визуальных эффектов, для создания эмергентной поверхности панели. В сочетании с основными элементами, регулирующими общую прозрачность и экспрессию поверхности вдоль мембраны, был разработан дополнительный модуль. В качестве критически важного структурного и топологического аксессуара, дополнительный элемент выполняет ряд проектных задач, необходимых для общей работы системы «Флора флекс». Выступая в качестве промежуточного строительного компонента, перенося нагрузку по диагонали через всю мембрану, этот вторичный модуль выполняет неоценимую роль, привнося пространственную и структурную непрерывность в большие сборки, состоящие из отдельных частей. Предлагаемый в качестве девиантного элемента, дополнительный блок подвергается морфологическим преобразованиям на уровне основания, чтобы обеспечить необходимое распределение горизонтальных нагрузок. Фокусируя внимание на постоянной реконфигурации лепестков цветка, как примера метаморфоза и динамики природных систем, модульная система «Флора флекс» стремится воссоздать аналогичные визуальные ощущения с помощью изменения пористости и избыточности поверхности. Задуманная как игра и одновременно как целенаправленное проектное исследование, организация модульных частей, размещенных по поверхности мембраны, на базе вычислений, представляет собой будущее орнаментальной архитектуры. Предлагаемая в качестве открытого проекта, данная версия «Флора флекс» представляет собой первый этап эволюционного развития. В духе любой эмергентной системы, способной становиться все более интеллектуальной от одного шага к последующему, следующее поколение системных скриптов, способных предложить еще большую гибкость, изучаются в настоящее время. Отдавая предпочтение более совершенной модульной версии, студия Эвана Дуглиса в настоящее время работает над увеличением сложности тора, путем использования топологии различных узлов; над созданием постоянно расширяющегося меню типов лепестков, которые предполагают еще большую степень изменения поверхностей; над развитием морфологии промежуточных элементов, играющих все возрастающую структурную роль на поверхности всей мембраны; над интеграцией умных материалов в проектирование и производственный процесс, в качестве средства для повышения общих рабочих параметров и эффектов мембранных систем; разработать мембрану с двусторонней кривизной для дальнейшего создания целого ряда топологических пузырей на пути к первому дому с новаторской технологией «Флора флекс» (рис. 2) [5].

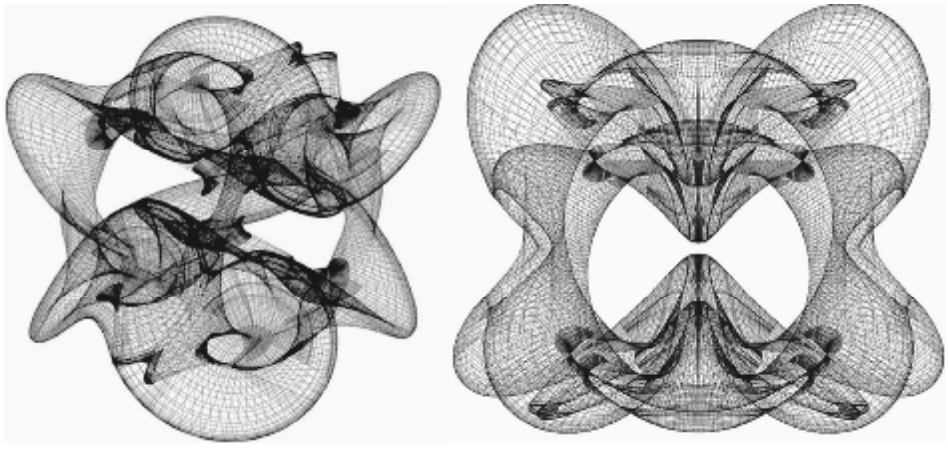


Рис. 2. Система «Флора флекс».
Студия Эвана Дуглиса (Evan Douglis Studio, Flora_flex, Rotterdam/New York), 2007 [8]

Комбинируя элементы ботаники, морфологии, топологии, оптические эффекты и эмергентных растущих элементов, эта система представляет собой новое поколение мембран, полученных на основе параметрических моделей, использующих «сложность» как стратегию современного дизайна для повышения их привлекательности. Прототип панели, собранной из взаимозаменяемых элементов, представляющий собой матрицу, образующую рельеф на ее поверхности и меняющей прозрачность и комбинаторные параметры, Система «Флора флекс» доступна для потребителя, обещая большую гибкость дизайнерских систем. Основанная на современных технологиях формования или 3D-печати из различных композитных материалов стеновая система нацелена на использование последних достижений в материаловедении. Учитывая разнообразие вариантов материала и изготовления, доступных для производства первых прототипов, было принято решение работать с более привычными материалами с самого начала, а с течением времени использовать более сложные технологии, если это будет сочтено целесообразным для проекта. При поддержке Европейского Центра Керамики (European Ceramic WorkCentre, EKWC) в Нидерландах в 2007, студия разработала серию форм, необходимых для материализации параметрического дизайна керамических модульных компонентов [8]. После продолжительного периода проб и ошибок, был успешно изготовлен набор работающих форм, который позволил выполнить литье и обжиг полномасштабных элементов из фарфора. Набор прототипов модели был представлен в 2007 году на Роттердамском биеннале (рис. 3).

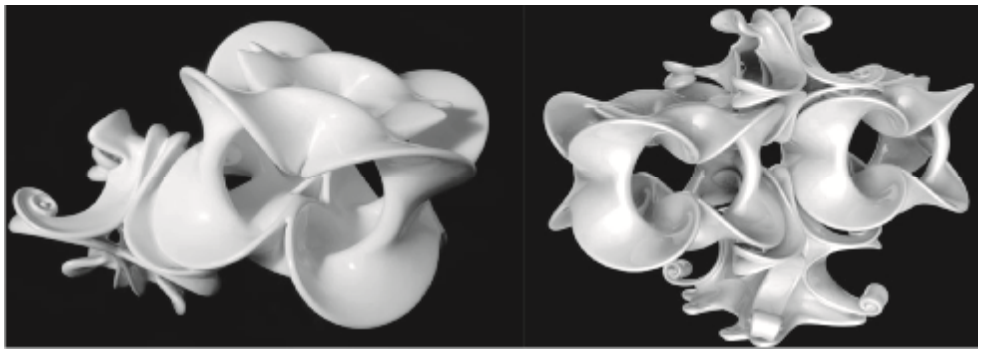


Рис. 3. Эван Дуглис студио. «Флора флекс». Рядовой и соединительный элементы орнамента [8]

Скошенный вид каркасной сетки показывает большое разнообразие поверхности, присущей основному блоку. Фасад каркасной сетки показывает высокую степень сложности поверхности распространяющейся по всему кольцу тора центра.

Параметризм студио Эвана Дуглиса (Evan Douglis Studio) предоставляет уникальную возможность для синтеза типологий барокко и рококо с современной цифровой практикой проектирования и производства [6]. Использование цифровых методов и современных технологий изготовления в сочетании с традиционными методами массового производства в архитектурном дизайне требует постоянного баланса между авангардным и классическим подходом в формообразовании. Одним из интересных заданий, поставленных перед фирмой Дуглиса, было проектирование магазинов классического французского кофе и кондитерских изделий, а также рынка и бистро. Оно включало разработку интерьера, который раскрыл бы потенциал архитектурных поверхностей с орнаментальным богатством материальной структуры, отвечающей красоте и изысканности продаваемых изделий [7]. Разработанная Дуглисом форма потолка «Moon Jelly», представляет собой репозиционирование классической европейской типологии рельефных потолков. Например, образ непрерывно струящейся ткани, которую можно было бы реализовать на основе сотовых паттернов. Экономичность разработанной программы проектирования зависела от создания одной типовой ячейки. Этот элемент радиально распространяющегося массива, мог бы создать бесконечную плиточную систему, распространяющую эстетический эффект равномерно по всему полю, не акцентируя какой-либо конкретный фокус. Система легко интегрирует несколько функциональных компонентов, включая динамики, освещение и оборудование для пожаротушения в отверстиях потолка [9].

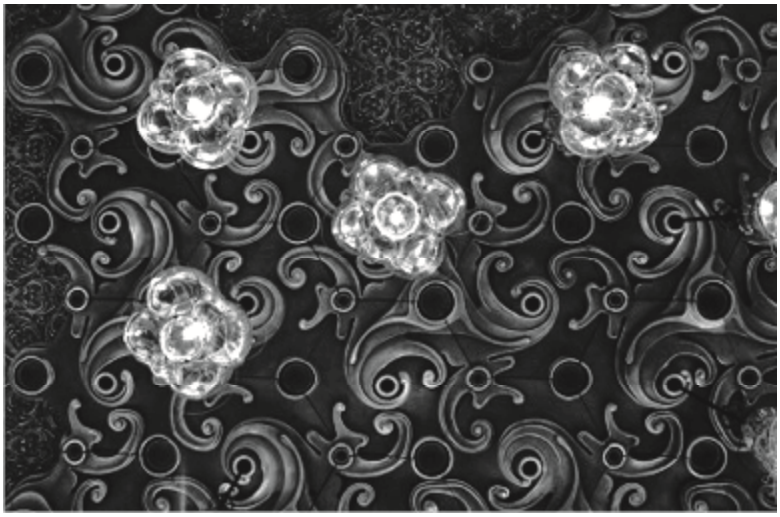


Рис. 4. Декоративная система потолка «Moon Jelly» [9]

Плотная геометрическая структура потолка Moon Jelly состоит из перекрывающихся геометрий разбивочной гексагональной сетки с тремя, наложенными сетками триангулированных фокальных точек, волнистость, задаваемая кривой, устанавливает прямолинейную сетку в ее пределах. На поверхности потолка создается напряжение за счет использования серии нисходящих конусов, которые выражают скрытую энергию, которая возникает в момент появления вторичной системы, в данном случае люстр «Chrysalis». Рассматривая эти конусы как тангенциальные вершины, можно видеть, что эффект чередующихся спиралей поверхности создает гиперактивность поверхности (рис. 4). Система «Moon Jelly» располагается над вторичными филигранными системами, которые начинаются с такой же геометрической структуры, как и главные плитки. Система филигранной работы, работает на основе радиальной симметрии, демонстрируя взаимосвязь между фигурой и полостью в виде динамического партнерства, в качестве рельефа, разбиваемого плиткой до бесконечности. Дутое стекло источника освещения является посредником между растянутой пространственной структурой, разработанной с использованием передовых инженерных методов, и непредсказуемостью поведения жидкого материала, стекла и стеклодува [9].

Несущая структура сама держит свою форму путем растяжения материала, находя баланс, который является тектоничным представлением о взаимосвязи между формой и материальностью. Объем, который этот корсет формирует вокруг, становится точкой инжектирования для стекла, которая раздувает до предела материал и структуру, создавая объемное тело, замороженное во времени на пике стресса.

Источники света представляют собой кульминационный момент в композиции потолка, когда соединение между старым и новым не навязывается, а логически вытекает из свойств самого материала. Дуглис является сторонником предположения, что создание архитектуры является эволюционным процессом на базе эмергенции. Речь идет не о предопределенном изображении, иконе или эстетической идеи в дизайне, которая навязывается миру, а скорее о возможности для разработки и экспериментирования с концептуально строгой методической системой, предлагающей широкий спектр адаптаций, в связи с постоянно растущим интересом к параметрическим методам проектирования. Очевидно, что такой подход сопряжен с риском непредсказуемости для тех, кто стремится к мгновенным результатам, но самое главное, это уникальный вклад в проектирование, метод, популярный среди нынешнего поколения архитекторов, подход, который реализует «контролируемую вероятность» как средство для управления сложностью и многовариантностью. Дуглис пытается показать, чем эта стратегия отличается от модернистского подхода к повторению. В данном конкретном случае, правило гласит, что управление топологическими поверхностями может быть, как прямым, так и гибким, для того, чтобы поддерживать постоянно развиваемый архив выражений. Благодаря применению рекурсивной игровой стратегии, подразумевающей появление гетерогенных

эффектов, возникает сопротивление естественной тенденции к однообразию или монотонности, которая зачастую возникает в любом процессе репликации. Дуглис останавливается подробнее на правилах этих процедур и как они влияют на архитектурное проектирование. В своей работе он отмечает парадоксальную зависимость между блоком модулей и соответствующими областями, фокусируя внимание на значительном приоритете, который он отводит управлению сложностью на различных масштабах. Важно правильно оценивать эффективность любой области этих поверхностей в рамках большей эволюционной цепи параметрических построений. В результате таких усилий мы сталкиваемся с более упругой топологической поверхностью, хорошо оснащенной, чтобы отвечать постоянно растущим требованиям современной модульной системы.

Программирование и орнамент. Одним из наиболее поразительных аспектов работы Дуглиса является его утонченный вкус, который он демонстрирует каждый раз при разработке параметрических паттернов ограждающих конструкций. С точки зрения формальной генеалогии, Дуглис, по-видимому, возрождает линию исторической архитектурной мысли, которая была вытравлена модернистами. В XIX веке, архитектор и теоретик Готфрид Земпер утверждал, что орнамент был основным условием для архитектуры, в соответствии с которым несущий остов должен был быть скрыт за украшением. Во времена Луиса Салливана и Джона Рута, орнамент был уже вторичным по отношению к главным элементам – пространственной и структурной организации зданий. Европейские модернисты считали, что они покончили с орнаментом как с явлением в целом. Таким образом параметрические построения Дуглиса и орнаментальные паттерны, которые они производят, вписываются в более широкий контекст культуры. Дуглис объясняет свой интерес к сложным паттернам в контексте эмергентных технологий и современной биологической миметики. Это вопрос разработки обширного архива топологической сложности, что стало возможно благодаря этой новой технологии, применимой для очень специфического набора архитектурных решений. Все проекты, представленные здесь, находятся в рамках топологической избыточности и эстетического изобилия, стилевое направление, имеющее потенциал развития новых видов архитектурных компонентов, которые рассматривают орнамент и структуру как единое целое сложной организационной системы. Это направление нацелено, прежде всего, на производство мембран. Оно переоценивает классическое разделение между этими двумя подходами к проектированию ограждающих конструкций, для того, чтобы получить более умную и реагирующую кожу сооружения, которая отвечала бы структурным, программным и эстетическим требованиям.

Список библиографических ссылок

1. Надыршин Н.М. Параметрические паттерны в архитектурном дизайне // Дизайн ревю, 2012, № 1-2. – С. 6-10.
2. Jesse Reiser, Nanako Umemoto. Atlas of Novel Tectonics. – New York: Princeton Architectural Press, 2006. – 288 p.
3. Farshid Moussavi. The Function of Ornament. Harvard Graduate School of Design. – Barcelona: Actar, 2006. – 192 p.
4. Официальный сайт Эвана Дуглиса. URL: http://www.evandouglis.com/ (дата обращения: 2.10.2016).
5. Эван Дуглис. Интернет-энциклопедия «Википедия». URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Evan_Douglis (дата обращения: 2.10.2016).
6. Официальный сайт Школы архитектуры в Ренселер. URL: http://www.arch.rpi.edu/ (дата обращения: 2.10.2016).
7. Досье Эвана Дуглиса // Сайт Школы архитектуры в Ренселер. URL: http://www.arch.rpi.edu/2011/10/evan-douglis/ (дата обращения: 2.10.2016).
8. Система «Флора флекс». Галерея лучших дизайнеров мира «Behance». URL: https://www.behance.net/gallery/21286059/Flora-Flex (дата обращения: 2.10.2016).
9. Eric Goldemberg. Pulsation in Architecture. Florida: J. Ross Publishing, 2011. – 480 p.

Mikhaylova A.S. – candidate of art, associate professor
E-mail: misuoka@gmail.com
Nadyrshin N.M. – candidate of architecture, associate professor
E-mail: neil.nadyrshine@yandex.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Bionic pattern in architecture and design

Resume

Contemporary design and architecture are turning to the topic of spatial patterns on the fundamentally new level. In general, this is a combination and repetition of different visual elements having various uses depending on the discipline or technology. The article is devoted to one of the current trends in the field of design – to parametrism, namely a bionic pattern in architecture. Parametrism technique transforms geometric patterns in the new register of tectonic articulation of architectural design. The article briefly examines the main trends of shaping patterns – texture mapping/panelisation, techniques of surface partitioning, the patterns on the basis of flat rectangles, bearing structures, hexagonal grids, patterns based on circles and radial structures. We consider in detail the bio-mimetic or bionic pattern with analysis of methods of its formation with reference to the authors of world renown. Combining elements of botany, morphology, topology, optical effects and emergent growing elements, this system represents a new generation of membranes derived from parametric models using the «complexity» as strategy of modern design to enhance their attractiveness.

Keywords: city design, design of the environment, design of the city, modern design, post-industrial design, parametric design, bionics, biomorphism, pattern, architectural pattern, pattern in design.

Reference list

1. Nadyrshin N.M. Parametrical patterns in architectural design // Design review, 2012, № 1-2. – P. 6-10.
2. Jesse Reiser, Nanako Umemoto. Atlas of Novel Tectonics. – New York: Princeton Architectural Press, 2006. – 288 p.
3. Farshid Moussavi. The Function of Ornament. Harvard Graduate School of Design. – Barcelona: Actar, 2006. – 192 p.
4. Official site of Evan Duglis. URL: http://www.evandouglis.com/ (reference date: 2.10.2016).
5. Evan Duglis. Internet encyclopedia «Wikipedia». URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Evan_Douglis (reference date: 2.10.2016).
6. The official site of School of architecture in Rensselaer. URL: http://www.arch.rpi.edu/ (reference date: 2.10.2016).
7. Evan Duglis's file//the Website of School of architecture in Rensselaer. URL: http://www.arch.rpi.edu/2011/10/evan-douglis/ (reference date: 2.10.2016).
8. Flora Fleks system. Gallery of the best designers of the world «Behance». URL: https://www.behance.net/gallery/21286059/Flora-Flex (reference date: 2.10.2016).
9. Eric Goldemberg. Pulsation in Architecture. Florida: J. Ross Publishing, 2011. – 480 p.

УДК 712
Мхитарян К.О. – аспирант
E-mail: mk92@inbox.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1

Многоэтажный вертикальный парк «MFO»

Аннотация

В статье рассматривается одно из направлений, актуальных на сегодняшний день, зеленых стен – зеленые фасады. И особо ярким примером зеленых стен, который вводит новое понятие в ландшафтную архитектуру и формирует термин – «здание, как пейзаж», является «MFO» парк в Цюрихе. Основной его целью является создание общественного пространства для города, которое также может служить в качестве площадки для общественных мероприятий. А уникальность этого проекта заключается в том, что он размывает границы между «внутри» и «снаружи» и смешивает понятия «парк» и «здание».

Ключевые слова: зеленая стена, вертикальный сад, вертикальное озеленение, зеленые фасады, живые стены, категории зеленых стен, дизайн городской среды, модульная решетка, сетка из металлических тросов, ландшафт как здание, здание как пейзаж.

Понятие вертикального сада или же зеленой стены с каждым годом становится все популярнее. Зеленая стена (Вертикальный сад) является термином, используемым для обозначения всех форм заросших стеновых поверхностей. Зарубежные эксперты в области зеленых стен и крыш подразделяют зеленые стены на две основные категории: зеленые фасады и живые стены. Зеленые фасады в свою очередь делятся на типы по принципу поддержания растений – при помощи цветочных горшков, при помощи наложения на стены (модульной решеткой, подвесной системой, сеткой из металлических тросов). А живые стены на ландшафтные, овощные и модульные [1].

«MFO» парк в Цюрихе как раз таки является наглядным примером одной из основных категорий вертикального озеленения – зеленым фасадом. И представляет собой сложную систему переплетения принципов поддержания зеленых растений – модульной решетки и сетки из металлических тросов – простирающихся по всему периметру парка в 270 м и на высоту в 18 м, как и окружающая их городская застройка. Помимо этого, он создает новую городскую озелененную рекреацию для тихого отдыха горожан.

Обзор проекта

Расположение: Цюрих, Швейцария;

Новое строительство или модернизация: Модернизация;

Дата реализации: Первый камень в фундамент заложили осенью 2001 года, а официальное открытие состоялось в мае 2002 г.;

Размер: 3 500 м^2 (100 метров на 35 метров);

Стоимость: $ 180 000 (материалы);

Структурная система поддержки: Стальные конструкции с нержавеющей модульной решеткой и сеткой из металлических тросов;

Проектные цели/критерии: Для создания зеленой окружающей среды в промышленной зоне, куда люди приходят, чтобы расслабиться и пообедать, или же ненадолго очутиться в зеленом оазисе, при этом, не покидая город. Он также используется для таких массовых событий, как кинотеатр под открытым небом или же для проведения фестивалей. Создает новое понятие «ландшафт как здание»;

Проектные решения: Структура необходима, чтобы парк не выбивался из общей высотной застройки, промышленного района и был на одной высоте 18 м, как и окружающие его заводы. Именно поэтому было потрачено очень много сил на поиск подходящих растений, которые бы могли расти на такую большую высоту. В результате было решено разработать стену с различными уровнями, на которых располагаются

короба, являющихся основой для произрастания, с различными типами растений. На базовом уровне используется виноградник короткоцветоножковый, способный вырастать максимум до 7 метров. На втором уровне используется кампсис укореняющийся и древогубец круглолистный в среднем вырастающие на 13 метров. А на третьем уровне используется фалопия ауберта и виноград куанье, растущие до 17 метров;

Использующиеся растения: Фалопия ауберта[1], виноград куанье, кампсис укореняющийся[2], древогубец круглолистный[3], виноградник короткоцветоножковый.

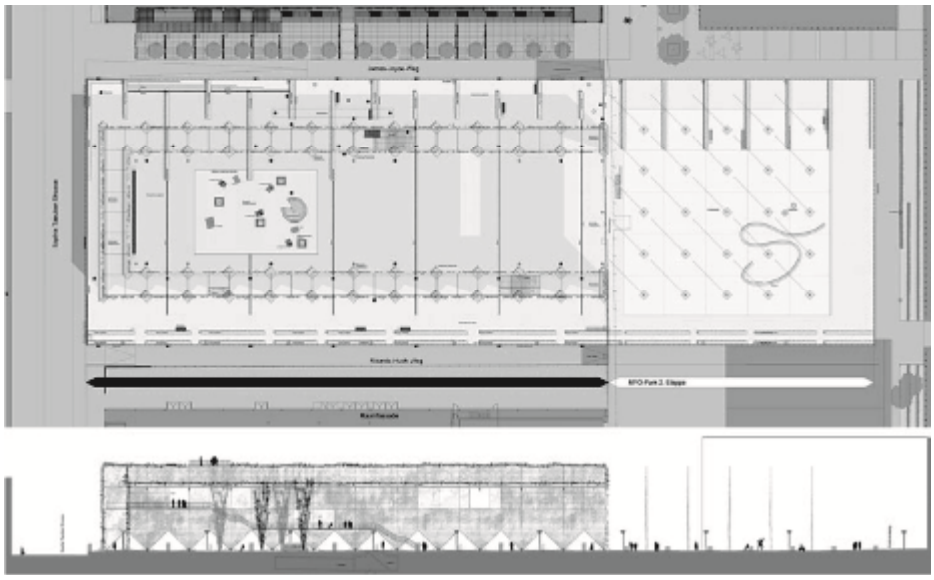


Рис. 1. «MFO» парк. Генеральный план и развертка

Парк «MFO» (по первым буквам названия завода по производству двигателей Maschinen Fabrik Oerlikon) в Цюрихе, Швейцария, от Буркхардт + Partner Raderschall Landschaftsarchitekten AG, предлагают новый ландшафтный дизайн на месте бывшей компании по производству двигателей Maschinenfabrik Oerlikon. Парк «MFO» занимает прямоугольный участок земли (рис. 1). С трех сторон он полностью закрыт металлическими сетками и рамами, здесь есть лестницы и проходы для обхода конструкции, а с четвертой стороны он полностью открыт для свободного доступа в сам парк. Все пространство парка, по его периметру, покрывает рамка, которая однажды полностью покроется вьюнами, лианами и плющом. Основная часть покрытия территории осуществлена гравием. Зона для спокойного времяпрепровождения с местами для тихого отдыха находится под растущими деревьями. Каркас соединяется с землей через колонны и диагональные крепления. Именно здесь растения начинают подниматься вверх. Несколько скамеек побуждают людей подняться и отдохнуть, наслаждаясь видом зелени. Несколько диагональных колон – также отличительная черта. Благодаря открытой планировке их можно увидеть из любого конца парка. С помощью вьющихся растений многоуровневая структура кажется закрытой, здесь появляется место, обнесенное зелеными стенами [2].

[1]Фаллопия Ауберта – является одной из наиболее быстрорастущих лиан. Белые цветки, собраны в кисти, по виду напоминают ветки белой сирени. Годовой прирост около 6 м. Дорастает до высоты около 10-15 м, побеги вьются вокруг опор.

[2]Кампсис укореняющийся – крупная лиана с многочисленными воздушными корнями на стеблях, с помощью которых, прикрепляясь к опоре, поднимается на высоту до 15 м. Цветки крупные, трубчато-воронковидные, с ярко-оранжевым, трубчатым венчиком и ярко-красным отгибом собраны в верхушечные кисти по 10-15 цветков.

[3]Древогубец круглолистный – одна из самых красивых декоративных лиан. Цветки мелкие невзрачные зеленоватые, сидят по нескольку штук в пучках на коротких ножках. У лианы густая крона, листья плотные, округлые, длиной до 10 см, сверху блестящие, снизу – сизоватые.

Ввиду плотной застройки промышленной части города и неимением зеленых зон или же зеленых пространств, позволяющих людям уединиться с природой в обеденное время или же после работы, этот редкий парк стал решением этих проблем. Объемный, пространственный дизайн парка рассматривает растения в качестве жизненно необходимых и важнейших элементов решения пространства, давая определение пространственной оболочки, а также помогает определить его сущность (рис. 2).

Рис. 2. «MFO» парк. Внутреннее пространство.
Обходные террасы второго уровня с зелеными стенами;
Зоны тихого отдыха с гравийной подсыпкой и нависающей террасой

Казалось бы, хрупкая решетчатая структура интегрирована с различными растениями, создавая тем самым формальное пространство корпуса, которое больше похоже на структуру реальной архитектуры, чем на «традиционный» ландшафтный парк. Колонны зелени, двойные стены из плюща, а также сад на крыше, который обволакивает пространство, представляют собой радикальную трансформацию классической беседки. Тем не менее, разнообразие растений, используемых в этой конструкции, помогает парку двигаться далеко за пределы «городской живописности» с его снабжением микросреды богатой флорой. «MFO парк» ссылается на две предпосылки построения среды. Зеленый дом является, в частности, напоминанием о происхождении сказки архитектуры, примитивной хижины или же беседки. Переплетающиеся вертикальные зеленые поверхности и декорации натуралистических пространств подключают зрителя к определенной сказке, а также к романтическим атрибутам европейских садов (рис. 3).

Рис. 3. «MFO» парк. Внутреннее пространство

Еще большее значение, богатство и разнообразие растений, и их смелое включение в архитектурную среду делает «MFO» парк сложной садоводческой системой, которая представляет собой новое призвание к городской экологической архитектуре. Масштабные колонны зелени предлагают новые представления растений в определении пространства. Зеленый конверт и опорные линии сопоставляют пространство к классическому понятию беседки еще в радикально ином масштабе

Архитектура исторически ассоциируется с твердыми материалами: камень, кирпич, бетон, или же керамика. Сегодня уже примитивно думать о бетонных или кирпичных стенах, когда мы говорим о направлениях в дизайне городской среды. В противовес этому, зелень ассоциируется с массой, садами, утопающими в плюще стенами, или в лучшем случае геометрическими формами зеленого цвета внутри структур. Но с пространственной точки зрения, сама зелень не склонна создавать точные формы, спецификации и режимы выполнения – все это создает пространство, которое в новой конфигурации пока, по существу, незнакомы. Пространственный опыт довольно нов, и в некоторой степени невообразим для публики, зарабатывая высокие оценки с точки зрения респондентов к растущей экологической «социальной» повестки дня. С экологической точки зрения, это микро-ландшафтная система, которая вносит свой общий вклад в контекст окружающей его городской экологии. Эта точка зрения способствует «экологической» повестке дня. Созданное новое пространство, между металлическими сетками, обвитыми зеленью, которого еще до этого не было, приводит к новой форме дизайн-мышления, рассматривающееся с нескольких сторон.

С одной стороны, дизайн мышление в этом проекте пребывает в «культурных вопросах», в широком смысле. Это включает в себя социальные системы, дизайн, культуру, тектонику и т.д. С другой стороны, конструкция углубляется в «естественные системы», такие как садоводство, климат и т.д. Полностью реализованная концепция, в конечном счете, предполагает гибрид обеих сторон.

На материальном уровне она заключает в себе «жесткую» строительную тектонику (хотя и минимальную) и переплетается с «мягким» экологическим сообществом. Уроки, извлеченные из «MFO» парка, являются весьма информативными для современной архитектуры. Несмотря на то, что проект предполагает понятие «ландшафт, как здание», он одновременно диктует понятие «здание, как пейзаж».

После реализации проектов парка Ситроен и Ла Виллет в Париже, когда в композиции рекреационного ландшафта была успешно воплощена идея двухуровневого пространства, стало понятно, что в XXI веке можно вполне развивать зелёные технологии по вертикали, создавая новые парковые пространства на нескольких уровнях. При очевидном дефиците городских территорий, пригодных для превращения в новые природные оазисы в существующем городском окружении, этот пространственный ресурс оказался очень кстати замеченным.

И когда в районе Нью Орликон в Цюрихе, осуществляя реконструкцию бывшей промышленной территории, архитекторы и специалисты по организации современного ландшафта предложили впервые построить вертикальный, по существу – многоуровневый парк, названный парк «MFO», осознание возможностей зелёных технологий в новой интерпретации впервые обрело столь яркое воплощение. Парк производит очень сильное впечатление смелостью своего пространственного замысла. Потребовалось несколько лет, пока зелёные лианы смогли подняться на высоту 18 метров многоярусного металлического каркаса, по горизонтальным конструкциям которого можно гулять, как по парковым дорожкам, и располагаться на площадках для отдыха, начиная от уровня земли и до самого верхнего яруса конструкций. Безусловно, технология, которая была заложена в основу пространственного решения многоуровневого парка, позволяет поддерживать живые растения в автоматическом режиме, и ориентирована на предоставление комфортных условий для отдыха во всех уголках парка [3].

Сегодня, вертикальное озеленение может выступать не только как дополнение в архитектурную среду или же, как элемент ее оформления, а как уникальная самостоятельная единица, способная создавать новые формы или же формировать новые пространства. Для осознания и принятия данной возможности как реальности

потребовалось много лет экспериментов с вертикальным озеленением. «MFO» парк стал ярким примером уникальной самостоятельной единицей, воплотивший в себя весь накопленный опыт использования вертикального озеленения. Парк диктует новое понятие «ландшафт, как здание», или же «здание как пейзаж», выполненный за счет стальных конструкций с нержавеющей модульной решеткой и сеткой из металлических тросов и пятью видов растений. Также, он размывает границы между «внутри» и «снаружи» и смешивает понятия «парк» и «здание». В дальнейшем будущем это понятие поможет обогатить и гармонизировать городскую среду, вернуть зеленые зоны и восстановить природный баланс в крупных мегаполисах.

Список библиографических ссылок

1. Мхитарян К. О., Кожевникова А.Ю. «Зеленые стены» в дизайне городской среды – (зарубежный опыт) // Известия КГАСУ, 2016, № 3 (37). – С. 41-48.
2. Вертикальный парк в Цюрихе // KRUSTO.RU: свежие идеи в дизайне интерьера. 2014. 3 марта. URL: http://www.krusto.ru/vertikalnyj-park-v-cyurixe (дата обращения: 01.09.2016).
3. Нефёдов В. Общественное пространство: тренды нового века // GREEN-CITY.SU: зеленый город: зеленые технологии и архитектура. 2014. 27 января. URL: http:// green-city.su/obshhestvennoe-prostranstvo-trendy-novogo-veka/ (дата обращения: 01.09.2016).
4. Яринич Т.О. Вертикали в современном парке Цюриха // DESIGN-PROJECT.ORG: дизайн ландшафта и интерьера. 2012. 16 ноября. URL: http://design-project.org/ideas/ 2012/vertikali-sovremennom-parke-cyuriha (дата обращения: 01.09.2016).
5. Sharp R., Sable J., Bertram F. Introduction to green walls technology, benefits design // Green roofs for healthy cities, 2008. – 37 c.
6. KOLIJI H. Imagining Otherscape: Integrating Sociocultural and Natural Systems Through Soft-Tectonics // GLOBALIZING ARCHITECTURE / Flows and Disruptions. – University of Maryland, 2014. – С. 891-896.
7. Raderschall partner. MFO park // LANDEZINE.COM: landscape architecture works. 2009. 12 июля. URL: http://www.landezine.com/index.php/2009/07/mfo-park-switzerland (дата обращения: 20.09.2016).
8. Matthews J., Winter M. MFO Park, Zurich, Switzerland, 2010. – 7 c. URL: https://courses. washington.edu/gehlstud/gehl-studio/wp-content/themes/gehl-studio/downloads/Winter2010 /MFOpark.pdf (дата обращения: 20.10.2016).

Mkhitaryan K.O. – post-graduate student
E-mail: mk92@inbox.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Multi-storey vertical park «MFO»

Resume

Green walls can be subdivided into two major categories: Green Facades and Living Walls. The article considers one of the areas that is relevant for today, vertical gardening – green facades. And particularly striking example of the green wall is a «MFO» park in Zurich, which introduces a new concept in landscape architecture and forms, the term – the building as a landscape. Today, vertical gardening can act not only as a supplement to the architectural environment or as its design element, but as a unique independent unit that can create new forms or create new space. For the realization and acceptance of this possibility as a reality it took many years of experiments with vertical gardening. «MFO» park has become a shining example of the unique self-identity, embodied in itself all the accumulated experience of the use of vertical gardening. Park dictates a

new concept of «landscape as a building» or «building as a landscape», made of stainless steel construction with modular bars and mesh of metal wires and five plant species. Also, it blurs the boundaries between «inside» and «outside» and confuses the concept of «park» and «building». In the further future this concept will help to enrich and harmonize the urban environment, to return the green areas and restore the natural balance in the major metropolitan areas.

Keywords: green walls, living walls, vertical garden, vegetable wall, vertical kitchen garden, living wall, bio wall, green facade, design of architectural environment, modular trellis, grid and wire-rope net systems, the landscape as a building, the building as a scenery.

Reference list

1. Mkhitaryan K.O., Kozhevnikova A.U. «Green walls» in urban environmental design – (foreign experience) // Izvestiya KGASU, 2016, № 3 (37). – P. 41-48.
2. Vertical park in Zurich // KRUSTO.RU: fresh ideas in interior design. 2014. 3d of march. URL: http://www.krusto.ru/vertikalnyj-park-v-cyurixe (reference date: 01.09.2016).
3. Nefedov V. Public space: the trends of the new century // GREEN-CITY.SU: Green City: green technology and architecture. 2014. 27th of January. URL: http://green-city.su/obshhestvennoe-prostranstvo-trendy-novogo-veka/ (reference date: 01.09.2016).
4. Yarinich T.O. Verticals in the modern park of Zurich // DESIGN-PROJECT.ORG: landscape and interior design. 2012. 16th of November. URL: http://design-project.org/ideas/2012/vertikali-sovremennom-parke-cyuriha (reference date: 01.09.2016).
5. Sharp R., Sable J., Bertram F. Introduction to green walls technology, benefits design // Green roofs for healthy cities. 2008. – 37 p.
6. KOLIJI H. Imagining Otherscape: Integrating Sociocultural and Natural Systems Through Soft-Tectonics // GLOBALIZING ARCHITECTURE / Flows and Disruptions. – University of Maryland, 2014. – P. 891-896.
7. Raderschall partner. MFO park // LANDEZINE.COM: landscape architecture works. 2009. 12th of july. URL: http://www.landezine.com/index.php/2009/07/mfo-park-switzerland (reference date: 20.09.2016).
8. Matthews J., Winter M. MFO Park, Zurich, Switzerland, 2010. – 7 c. URL: https://courses.washington.edu/gehlstud/gehl-studio/wp-content/themes/gehl-studio/downloads/Winter2010/MFOpark.pdf (reference date: 20.10.2016).

УДК 721.1
Рачкова О.Г. – старший преподаватель
E-mail: olga.ra4kova@yandex.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, Казань, ул. Зеленая, д. 1

Использования формообразующей оболочки покрытия для проектирования гелиоэнергоактивного здания

Аннотация

Исследования проводились в рамках проектирования энергоэффективного здания учебного корпуса кампуса университета информационных технологий в г. Иннополис РТ.

С этой целью, с использованием программы Autodeck Project Vasari было построено оптимальное 3D-изображение энергоэффективной оболочки корпуса, проанализированы климатические особенности территории, с построением солнечной аналеммы и определением ее количественных и качественных характеристик.

Обозначены основные этапы проектирования энергоактивной оболочки корпуса, с интеграцией в ее структуру необходимого количества фотоэлектрических модулей.

Подсчитана экономическая эффективность от внедрения альтернативной системы электроснабжения здания, которая будет использоваться на потребности кондиционирования корпуса, определены сроки окупаемости оборудования системы.

Ключевые слова: энергосберегающие технологии, структурные оболочки, фотоэлектрические панели, моделирование, эскизные презентации.

В последние годы в отечественной и зарубежной практике активно прорабатываются вопросы, связанные с проектированием экологически чистых объектов, приближенным к «зеленым стандартам».

Применение средств альтернативной энергетики в структуре зданий является одним из важнейших аспектов современной, экологической архитектуры, способствующей снижению вредных выбросов и борьбе с сырьевым кризисом, открывающим новые возможности автономного энергоснабжения зданий.

Эти вопросы отражены и в Федеральной программе «Энергосбережения и повышения энергоэффективности…» на период с 2010 до 2020 года.

Энергосберегающие технологии и средства альтернативной энергетики все больше воплощаются в архитектурных образах проектируемых объектов. Однако энергоактивные здания целесообразно проектировать в районах, где имеется достаточная мощность солнечного излучения и сияния в течение суток, интенсивность теплового солнечного потока и температуры окружающей среды [1, 2].

На территории России, несмотря на холодный климат, возможно проектирование и строительство гелеоэнергоактивных зданий, используя солнечную энергию для преобразования ее в электрическую.

По исследованиям Объединенного института высоких температур Российской Академии Наук на большей части территории России средняя дневная сумма солнечного излучения составляет 4,0-5,0 кВтч/м^2 (в сравнении – на юге Германии этот показатель равен – 5,0 кВтч/м^2, в Испании – 6,0 кВтч/м^2). Это является положительным фактором для проектирования энергоактивных зданий.

Энергоактивные здания генерируют и сохраняют энергию, используя различные направления, применяя хорошую теплоизоляцию, инновационный дизайн, возобновляемые источники энергии, т.е. солнечную энергию.

Особенно перспективным является направление проектирования гелиоэнергоактивных зданий, за счет интеграции в ограждающие конструкции объекта (поверхности стен, оболочек покрытий и др.), средств преобразующих солнечную энергию в электрическую. Размещение фотоэлементов генерирующих энергию солнца возможно на любых поверхностях здания. Для определения максимального количества улавливаемой солнечной энергии необходимо построение трехмерного изображения объекта и его

поверхностей, облучаемых солнцем в различные периоды года и дня. Для этой цели используются программы, дающие большой спектр визуальных презентаций солнечного облучения поверхностей проектируемого здания (программа Autodeck Project Vasari).

В данном случае исследования проводились для получения фотоэлектрической структурной оболочки покрытия кампуса университета инновационных технологий в г. Иннополис РТ, в рамках дипломного проекта (дипломник Г. Давлетшин). Была создана трехмерная модель структурной оболочки покрытия объекта и задано местоположение – г. Иннополис: 55°75′с.ш. и 48°75′ в.д. Программа Autodeck Project Vasari позволила получить достаточно точную картину солнечного освещения в заданный период эксплуатации фотоэлектрических элементов с 1 февраля по 1 октября, с учетом времени приема с 10.00 до 16.00 часов дня. В результате было получено изображение солнечной аналеммы для г. Иннополис (рис. 1).

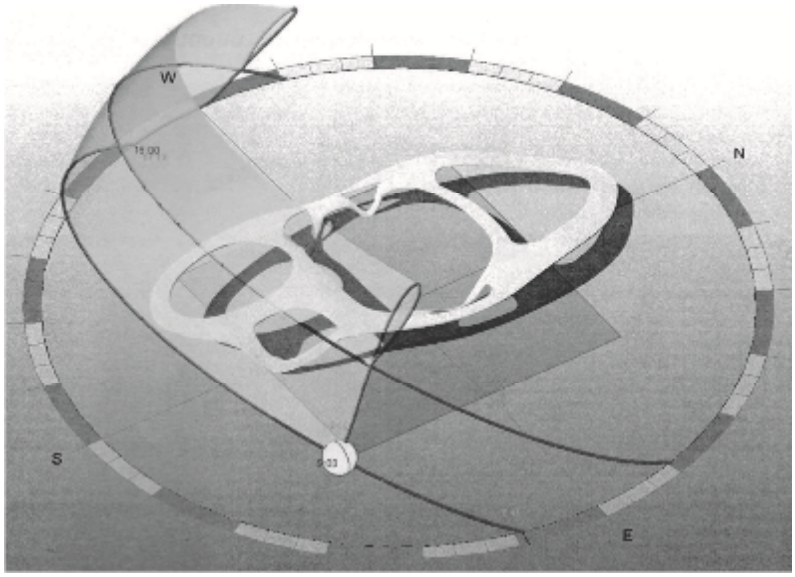


Рис. 1. Солнечная аналемма для г. Иннополис в период с 1 февраля по 1 октября

Программа, после определенных команд, выдает количественную оценку солнечной радиации на поверхности оболочки объекта в заданных границах, подлежащих анализу (рис. 2).

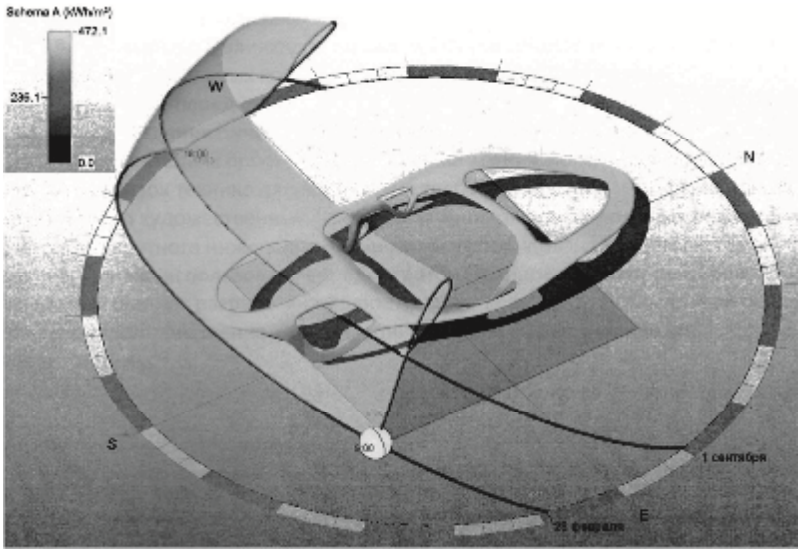


Рис. 2. Анализ интенсивности солнечной радиации. Расчет Autodeck Project Vasari

На изображении (рис. 2) наглядно прослеживаются отдельные неблагоприятные участки для установки фотоэлектрических панелей на поверхности оболочки.

Оценивая результаты визуализации исследуемой поверхности, можно сделать вывод, что форма оболочки выбрана правильно и дает возможность размещения на ней необходимого количества фотоэлектрических элементов.

Можно сформулировать основные этапы проведения исследований и проектирования фотоэнергоактивной оболочки здания:

– на стадии эскизирования выявляется объемно-пространственная композиция оболочки в соответствии с объемно-планировочным решением объекта;

– анализируются природно-климатические и метеорологические условия места расположения объекта;

– определяются участки на поверхности оболочки для размещения фотоэлектрических устройств на основе использования программы Autodeck.ProjectVasari, посредством визуализации солнечной радиации на ее поверхности (рис. 3).

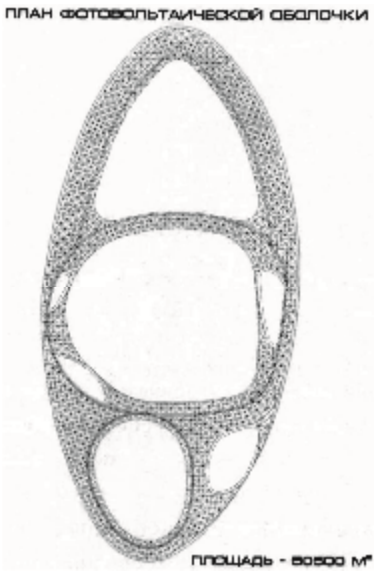


Рис. 3. Поверхность оболочки с расположением фотоэлектрических элементов

На последующих стадиях проектирования форма оболочки здания может корректироваться с учетом функциональных, архитектурно-художественных, конструктивных, технико-экономических факторов конкретного инженерно-технического оборудования энергосистемы.

В условиях экономического кризиса, инвестиции и внедрение прогрессивных средств альтернативной энергетики в проектирование крупных учебных заведений должно быть рентабельным и окупаться достаточно короткие сроки. Для определения срока окупаемости проектируемой альтернативной энергосистемы был выполнен расчет.

Исходные данные:

– для интеграции на поверхность оболочки был выбран монокристаллический модуль ФЭ TSM-200 с номинальной мощностью 0,4 кВт (площадь модуля 9,0 м^2);

– площадь принимаемой поверхности оболочки для монтажа модулей составляет 50500 м^2, на которой может разместиться до 5612 шт.

Количество получаемой электроэнергии от модулей, рассчитывается исходя из наихудших условий и нестабильности солнечной радиации в период с февраля по октябрь месяц и составит 2,35 пикочаса, т.е. промежуток в течение которого интенсивность солнечной радиации равна 1000 Вт/м^2.

Количество электроэнергии, вырабатываемое одним модулем равно:

$$W_m = \frac{k \cdot P \cdot E}{1000} = \frac{0,5 \cdot 0,4 \cdot 2,35}{1000} = 0,47\ kBm \cdot ч, \quad (1)$$

где k – коэффициент потерь мощности в модуле в летний период – 0,5;
P – мощность модуля – 0,4 Вт;
E – среднемесячное значение инсоляции – 2,35 кВт·ч/м^2.

Суммарное количество получаемой энергии вырабатываемое энергосистемой составит:

$$W=W_m \cdot N=0{,}47 \cdot 5612=2637\ кВт \cdot ч. \quad (2)$$

Количество полученной электроэнергии предполагается потратить на систему кондиционирования здания площадью 268 200 м^2. Потребляемая электроэнергии в год составляет 105 кВт·ч/м^2, на все здание необходимо будет потратить в течение года:

$$268200 \cdot 105=28161000\ кВт \cdot ч. \quad (3)$$

Эксплуатироваться фотоэлектрическая система будет с февраля по октябрь, т.е в течение 240 дней в году, исходя из этого находим количество потребляемой энергии в день:

$$\frac{28161000}{240}=117337\ кВт \cdot ч\ в\ день, \quad (4)$$

и соответственно в час:

$$\frac{117337}{24}=4889{,}06\ кВт \cdot ч. \quad (5)$$

На погашение потребляемой электроэнергии, запроектированная система, по расчету, будет вырабатывать 2637,64 кВт·ч, что составляет более 50 % необходимой электроэнергии на нужды кондиционирования учебного корпуса в указанный период.

Особенно система кондиционирования учебного корпуса будет эксплуатироваться в летние месяцы, в течение 150 дней, для чего потребуется:

$$117337 \cdot 150=17600616\ кВт \cdot ч. \quad (6)$$

Стоимость тарифа электроэнергии – 2,88 руб/кВт·ч, сумма затрат в денежном выражении:

$$17600616 \cdot 2{,}88=50689152{,}00\ руб. \quad (7)$$

Экономия должна составить 25344576 рублей, так как 50 % электроэнергии будет вырабатывать гелиоэнергоактивная система, вмонтированная в оболочку здания.

Затраты на оборудование (фотоэлектрические модули, АКБ, инвекторы):

$$5612 \cdot 30000=168360000{,}00\ руб., \quad (8)$$

где 5612 – количество фотоэлектрических панелей, 30000 руб. – их стоимость.

Условный срок окупаемости составит:

$$168360000{,}00:25344576=7{,}4\ года. \quad (9)$$

Использование средств альтернативной энергетики в структуре зданий – важнейший аспект современной экологической архитектуры, открывающий новые возможности архитектурного формообразования и автономного энергоснабжения проектируемых объектов.

Список библиографических ссылок

1. Матросов Ю.А. Энергосбережение в зданиях. Проблема и пути ее решения. – М.: НИИСФ, 2008. – 496 с.
2. Голицин М.В., Голицина А.М., Пронина Н.М. Альтернативные энергосистемы. – М.: Наука, 2004. – 159 с.
3. Сапрыкина Н.А. Основы динамического формообразования в архитектуре. – М.: Архитектура-С, 2005. – 312 с.
4. Шубенков М.В. Структурные закономерности архитектурного формообразования. – М.: Архитектура-С, 2006. – 321 с.
5. Селиванов Н.П., Мелуа Н.П., Зоколей С.В. Энергоактивные здания. – М.: Стройиздат, 1988. – 378 с.
6. Заварзина М.В. Строительная климатология. – Л.: Гидрометеоиздат, 1976. – 312 с.
7. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Серия 3. Многолетние данные. Части 1-6. Выпуск 12. Татарская АССР. – Л.: Гидрометиоиздат, 1988. – 326 с.

Rachkova O.G. – senior lecturer
E-mail: olga.ra4kova@yandex.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

The use of shape-generating shell cover for designing of Helio energy active building

Resume

One of the trend of designing energy-efficient buildings is the integration of renewable energy resources in the structure of the object fences.

As a part of an experimental design of energy-efficient building of educational building of the University of innovative technologies in Innopolis, the structural shell cover was designed, for integration into its structure of photovoltaic modules that convert solar energy into electricity.

The studies identified the main stages of the design with the construction of 3D-models of the shape-generating shell cover, the analysis of the quantitative and qualitative characteristic of the climatic features of Innopolis, which became possible with the use of modern software Autodesk Project Vasari.

Calculations have confirmed the efficiency of the use of shell cover, to be placed on it photovoltaic modules to produce additional electricity that can offset some of the energy consumption for air-conditioning of the educational building.

Count the cost-effectiveness of the implementation of the system and its payback within seven years.

Keywords: energy-saving technologies, structural shell, photovoltaic panels, modeling, sketch presentation.

Reference list

1. Sailors Y.A. Energy saving in buildings. The problem and its solutions. – M.: NIISF, 2008. – 496 p.
2. Golitsyn M.V., Golitsyna A.M., Pronina N.M. Alternative energy systems. – M.: Nauka, 2004. – 159 p.
3. Saprykina N.A. Fundamentals of dynamic shape-generating in architecture. – M.: Architecture-C, 2005. – 312 p.
4. Shubenkov M.V. Structural patterns of architectural shape-generating. – M.: Architecture-C, 2006. – 321 p.
5. Selivanov N.P, Melua N.P., Zokoley S.V. Energy active buildings. – M.: Stroyizdat, 1988. – 378 p.
6. Zavarzina M.V. Building climatology. – L.: Gidrometeoizdat, 1976. – 312 p.
7. Research and applied USSR climate handbook. Series 3. Long-term data. Parts 1-6. Issue 12. Tatar ASSR. – L.: Gidrometioizdat, 1988. – 326 p.

УДК 727.3.05
Сагатдинова А.М. – ассистент
E-mail: aidasm@mail.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

Формирование инновационной инфраструктуры в высших учебных заведениях архитектурно-строительного направления

Аннотация
Статья раскрывает вопрос современного функционального насыщения инновационной инфраструктуры архитектурных и строительных вузов России. Проанализирована ситуация взаимосвязи основных учебных помещений вуза и научных, исследовательских лабораторий, испытательных центров, проектных бюро. Выявлены функциональные блоки инновационной составляющей вузов и их планировочные особенности. Предложена классификация технопарков по принадлежности вузам. Группы технопарков на базе вузов сформированы по градостроительному признаку.
Ключевые слова: инновационная инфраструктура, технопарк, высшее учебное заведение, научно-исследовательский центр, функциональные блоки.

В настоящее время в России в условиях реформирования высшего профессионального образования прослеживается активное развитие университетской науки, поэтому триада «образование – наука – производство» становится для вузов главным ориентиром. Особое внимание необходимо уделить корректировке направления научно-исследовательских, проектных работ и учебного процесса в сторону проблем реального сектора экономики. Этим обусловлена необходимость создания технопарка в сфере строительства и архитектуры.

Сегодня количество научных исследований и разработок, по данным центра исследований и статистики науки, в строительной сфере значительно меньше по сравнению с другими областями [1]. Особенность технопарка на базе архитектурно-строительного вуза заключается в создании инновационной среды объединяющей работу таких специалистов как архитекторов и инженеров промышленно-гражданского строительства. Известно, что инновации являются катализаторами экономического роста стран. Рост инноваций основывается на развитии фундаментальной науки и образования. Система высших учебных заведений лучше всего подходит для воплощения научных и философских идей, поскольку именно научно-образовательные центры играют важную роль в жизни страны, определяя ее будущее развитие. Кроме того, в стенах образовательных учреждений формируется интеллектуальный потенциал будущего страны, который задает направления для дальнейшего развития науки и производства: ученые, педагоги – профессионалы с высоким уровнем компетентности.

Данные Центра исследований и статистики науки по организациям на 2013 год, выполняющим исследования и разработки показывают, что 48 % исследований и разработок приходится на научно-исследовательские организации, тогда как на вузы приходится всего 19 %. При этом сохраняется тенденция к увеличению объема исследования и разработок в вузах. В области архитектуры и строительства объем научных исследований и разработок на 2014 год составил всего 0,8 %.

Для увеличения объема и уровня научно-исследовательских разработок в области архитектуры и строительства необходимо улучшить современное состояние и инфраструктуру научных и образовательных объектов.

Концепция «ВУЗ-технопарк» предполагает интеграцию современной инфраструктуры технопарка в архитектурно-планировочную структуру вуза (рис. 1). Сегодня тенденция развития симбиоза образования, науки и производства в России прослеживается во многих построенных и строящихся объектах, но лишь незначительная доля из них соответствует современным требованиям. Следует отметить, что развитие инновационной структуры происходит во всех типах образовательных организаций

высшего образования: университет, академия, институт. Образовательная программа университета включает широкий спектр специальностей, соответственно фундаментальные и прикладные научные исследования проводит в широком спектре наук. Программа академии предусматривает все уровни для определенного научного направления. Программа институтов ориентирована на уровни бакалавриата, специалитета и магистратуры для одной научной области.

Рис. 1. Структура высших образовательных учреждений России

Для общего понимания существующей проблемы приведем несколько определений термина «технопарк»:

- по определению экономического словаря терминов технопарк – это новая форма территориальной интеграции науки, образования и производства в виде объединения научных организаций, проектно-конструкторских бюро, учебных заведений, производственных предприятий или их подразделений. Технопарк создается в целях ускорения разработки и применения научно-технических и технико-технологических достижений благодаря сосредоточению высококвалифицированных специалистов, использованию оснащенной производственной, экспериментальной информационной базы; часто имеет льготное налогообложение.

- по мнению Международной ассоциации технологических парков, созданной в июле 1984 года, «Технологический парк – это организация, управляемая специалистами, главной целью которых является увеличение благосостояния местного сообщества посредством продвижения инновационной культуры, а также состязательности инновационного бизнеса и научных организаций. Для достижения этих целей технопарк стимулирует и управляет потоками знаний и технологий между университетами, научно-исследовательскими институтами, компаниями и рынками. Он упрощает создание и рост инновационным компаниям с помощью инкубационных процессов и процессов выведения новых компаний из существующих (spin-offprocesses). Технопарк помимо высококачественных площадей обеспечивает другие услуги».

Примеры функционирующих технопарковых единиц на базе государственных архитектурно-строительных вузов России демонстрируют динамику развития инновационной деятельности вузов. Среди них можно выделить группы технопарковых систем по нескольким признакам.

Одним из ярких примеров является Уральский государственный архитектурно-художественный университет (далее УрГАХУ), который был основан в 1947 году. УрГАХУ располагает крупным имущественным комплексом общей площадью 32376,5 м^2. Линейная протяженная схема главного корпуса университета представлена в виде коридорной схемы группировки помещений. Общая площадь корпуса, в котором расположены учебные аудитории, ювелирная, макетная и скульптурная мастерские, составляет порядка 24000 м^2. Все объекты университета рассредоточены, при этом их пространственное расположение остается в пределах центральной части города, что обеспечивает транспортную доступность относительно друг друга.

Кроме того, с 2009 года на базе университета, в соответствии с Концепцией развития дизайна в России и решениями Правительств Российской Федерации и Свердловской области, появляется технопарковая единица под названием Уральский центр развития дизайна (рис. 2). Это первый в России государственный региональный центр, основной целью которого является инновационное развитие региона и обеспечение благоприятной городской среды и сельских поселений.

а) Функциональная схема дизайн-центра

б) проект реконструкции дизайн-центра

в) выставочный зал

г) западный фасад дизайн-центра (проект реконструкции)

Рис. 2. Развитие УрГАХУ

В 2015 году завершилась реконструкция Музея истории архитектуры и промышленной техники Урала, здание которого было передано на баланс УрГАХУ. Было принято решение разместить технопарковую единицу университета на новых площадях. Проектом реконструкции предусмотрено увеличение площадей за счет возведения нового двухэтажного блока и перекрытия внутреннего дворика стеклянной крышей, образовав атриумное пространство [2].

Таким образом, сформирован компактный архитектурный комплекс, созданный на основе зальной и анфиладно-кольцевой схемах группировки помещений. Комплекс объединяет три функциональные составляющие: публичную выставочно-музейную часть, учебное пространство и бизнес-подразделения. Общая площадь дизайн-центра составляет около 7000 м^2. Выставочная часть занимает около 1000 м^2 на уровне первого этажа. В ее составе имеется большой демонстрационный зал площадью 300 м^2, который позволяет проводить модные показы, стильные дизайнерские выставки и даже презентации новейших автомобилей. Также запланирован музей архитектуры и дизайна, где предусмотрены пространства для размещения образцов, артефактов.

На втором этаже запланировано учебное пространство, где размещен большой конференц-зал, общей площадью 200 м^2, для проведения мастер-классов, международных и всероссийских конференций. Второй этаж имеет демонстрационный зал, площадью около 700 м^2. Предусмотрена возможность трансформации пространства в лекционные залы [3].

Это один из ярких современных примеров внедрения технопарковой единицы в сложившуюся застройку на базе высшего учебного учреждения. Весь Центр представляет собой сложную систему, где взаимосвязана работа и творческая жизнь коллектива центра. Успешная деятельность дизайн – центра заключается в реализации полного цикла дизайна продукта – от начальной и проектной концепции будущего изделия через промышленный образец до появления и продвижения товара на рынке.

Научно-производственная структура казанского государственного архитектурно-строительного университета (далее КГАСУ) сегодня функционирует в составе 7 лабораторий, 1 испытательный центр, 3 специализированных центра, 1 учебно-исследовательский центр, 1 научно-исследовательский центр и 1 центр инновационного архитектурно-строительного проектирования. Вуз располагает двумя площадками в городе, на расстоянии 4 км друг от друга. На одной из площадок компактно расположены основные учебные корпуса вуза, научно-испытательные лаборатории, испытательные центры, строительные лаборатории и территориально-распределенный технопарк «Строитель». На второй площадке расположены учебный корпус для подготовки специалистов в области дизайна, и ряд помещений лабораторий и научных подразделений (рис. 3). Здания сформированы по линейной протяженной схеме, включающая коридорную, коридорно-кольцевую и ячейковую схемы группировки помещений.

а) здания университета на 1 площадке б) здания университета на 2 площадке

Рис. 3. Современное состояние КГАСУ

Лаборатории и испытательные центры оснащены современным оборудованием.

На сегодняшний день формируется структура, объединяющая научные направления университета.

Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет (далее СПбГАСУ) сегодня – крупный учебный и научный центр, единственный в Северо-Западном федеральном округе Российской Федерации вуз. СПбГАСУ подготавливает специалистов в области строительства, архитектуры, транспорта и инженерно-экологических систем. В его составе функционирует 10 научных центров, 3 малых инновационных предприятия, 1 проектный центр. Комплекс зданий СПбГАСУ включает 16 учебно-лабораторных корпусов общей площадью около 60000 м^2, расположенных на территории города; два выставочных зала; литографскую мастерскую. В 2005 году формируется сетевой центр коллективного пользования уникальным оборудованием. Создание такого центра позволит эффективно использовать высокотехнологичное оборудование сотрудниками университета и сторонними организациями. Оснащенность ВУЗа современным оборудованием привлекает молодых специалистов и исследователей, что позволяет повысить научный потенциал учреждения.

Вся инфраструктура университета размещена в существующих корпусах разных лет постройки (от 1834 г. до 1982 г.), расположенных в разных частях Санкт-Петербурга. Основные корпуса находятся на улице 2-я Красноармейская, д. 4 (метро «Технологический институт»). Другие здания вуза размещены на улице Курляндская (метро «Балтийская»), а на улице Розенштейна, 32, расположен учебно-лабораторный комплекс (рис. 4) [4].

а) корпус 1 б) корпус 2 в) корпус 3

Рис. 4. Корпуса СПбГАСУ

Самарский государственный архитектурно-строительный университет (далее СГАСУ), основанный в 1930 году, расположен на одной из самых протяженных из старых самарских улиц. Сегодня представляет собой сложный многофункциональный комплекс. В его состав входят 5 институтов, 10 факультетов и 2 филиала, 5 лабораторий, 11 специализированных центров в том числе НПЦ «Архиград». Данный центр оснащен современными компьютерами, принтерами, широкоформатным плоттером и размещается на первом этаже архитектурного корпуса СГАСУ [5].

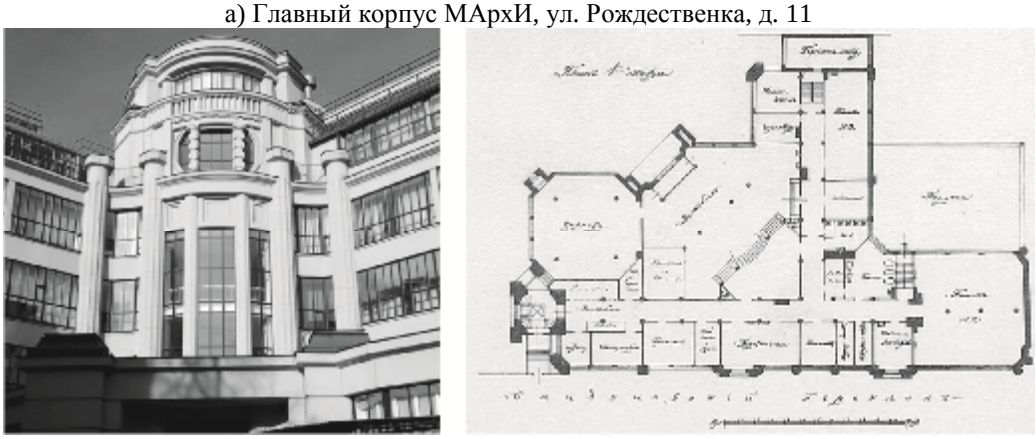
Характерным примером коридорно-анфиладной схемы может служить Московский архитектурный институт (Государственная академия) (далее МАрхИ). МАрхИ имеет 250-летнюю историю и является ведущей архитектурной школой России (рис. 5).

Институт расположен в центральной части города с компактным расположением корпусов, что является отличительной чертой среди многих вузов архитектурно-строительного направления. В академии общая площадь зданий и помещений составляет

порядка 35000 м^2. На учебно-лабораторные здания приходится около 25000 м^2. В вузе имеется 55 аудиторий, 6 лабораторий, сектор макетирования, 5 методических кабинетов, 5 проектных мастерских, что обеспечивает реализацию учебных программ. Результаты научно-исследовательской деятельности МАрхИ отражаются в публикациях научных изданиях [6].

Научно-исследовательский сектор расположен в помещениях главного и второго корпусов. Следует отметить, что отсутствует четко сформированная инновационная инфраструктура. Как правило, помещения лабораторий и научно-исследовательских подразделений не выделены и размещаются (среди учебных помещений) в планировочной системе вуза.

а) Главный корпус МАрхИ, ул. Рождественка, д. 11



б) 2-й корпус МАрхИ ВХуТЕМАС

Рис. 5. Корпуса МАрхИ

Следует отметить, что руководство МАрхИ нацелено на развитие инновационной составляющей вуза. В частности, 9 июля 2014 года в соответствии с протоколом заседания президиума Совета при Президенте РФ по модернизации экономики и инновационному развитию России была создана Технологическая платформа «Строительство и архитектура», в которой одним из координаторов выступил Московский архитектурный институт.

Воронежский государственный архитектурно-строительный университет (далее Воронежский ГАСУ) – один из ведущих строительных вузов России. В марте 2016 года Воронежский ГАСУ был присоединен к Воронежскому техническому университету. Новое название учреждения станет Центрально-Черноземный государственный инженерный университет. Воронежский ГАСУ расположен в центральной части города с компактным расположением корпусов, что является отличительной чертой среди других вузов архитектурно-строительного направления. В составе Воронежского ГАСУ проводятся уникальные разработки на базе лабораторий Центра коллективного пользования университета, испытательного полигона, производства SIP-панелей.

В ноябре 2008 г., в соответствии с Приказом Рособразования от 15.03.2007 № 504 (ред. от 04.06.2007) «О мерах по созданию в 2007 году инновационных бизнес-инкубаторов для студентов, аспирантов и научных работников с использованием недвижимого имущества, находящегося в оперативном управлении федеральных государственных образовательных учреждений высшего профессионального образования, подведомственных Рособразованию», был создан студенческий бизнес-инкубатор на базе Воронежского ГАСУ [7]. Основной задачей бизнес-инкубатора является взаимосвязь фундаментальной наукой и производства, а также вовлечение в процесс студентов. В бизнес-инкубаторе создано порядка 70 рабочих мест, в котором функционируют архитектурно-проектная мастерская, центр консалтинговых и инжиниринговых услуг, лабораторные комплексы [8].

По мнению председателя Правительства РФ Дмитрия Медведева развитие экономики формируется на основе четырёх «И» – институтах, инвестициях, инфраструктуре, инновациях. Пожалуй, следует добавить ещё одну составляющую – интеллект. Тот интеллект, который сегодня играет в развитии любого общества стратегически важную роль, воспроизводится в таких серьёзных университетах, как Воронежский архитектурно-строительный [9].

Сегодня Воронежский ГАСУ – это динамично развивающийся учебный и научный центр, что подтверждается имеющейся общей концепцией развития. В составе Воронежского ГАСУ планируется создание единой строительной библиотеки, выставочного зала, новых корпусов общежитий. Также на базе университета ведутся работы по созданию строительно-монтажного управления и, «Центра кластерного развития Воронежской области» – кластер новых строительных технологий и материалов, который объединит несколько предприятий по гипсовой тематике [10].

В соответствии с концепцией развития инфраструктуры университета планируется создание инновационного центра архитектуры и новых строительных технологий. Это фактически новый корпус университета, который представляет собой, выполненный из современных материалов, «небоскреб», вписанный в уже существующий комплекс зданий Воронежского ГАСУ (рис. 6) [11].

а) общий вид

б) проектные предложения реконструкции университета

Рис. 6. Воронежский ГАСУ

Одним из наиболее интересных и прогрессивных примеров может служить Дальневосточный федеральный университет (далее ДВФУ). В результате слияния четырех ведущих вузов Дальнего Востока в 2010-2011 гг. был сформирован ДВФУ. Кампус ДВФУ представляет собой крупную обособленную территорию, площадью около миллиона квадратных метров, размещающую комплекс зданий и сооружений. Это настоящий студенческий город, где студенты, преподаватели и научные сотрудники имеют всю

необходимую инфраструктуру для работы, учебы и комфортного отдыха. В 2013 году завершилось строительство, и были введены в эксплуатацию 5 учебно-административных зданий, 11 гостиничных корпусов, медицинский центр, 2 физкультурно-оздоровительных комплекса, 3 крытых многоуровневых паркинга, открытые спортивные площадки и стадион с административно-бытовым комплексом, ряд сооружений наружных инженерных сетей. При проектировании этих объектов учитывались нормативные требования по обеспечению доступа лиц с ограниченными возможностями. Ввиду значимости и масштабности университет представляет собой уникальную площадку для проведения конгрессов, выставок, фестивалей на различном уровне. Для подобных мероприятий в составе ДВФУ размещен современный выставочный центр, площадью более 6100 м^2, в состав которого входят залы круглого стола (вместимостью до 60 чел.), залы заседаний, два больших зала амфитеатрового типа (на 900 и 700 чел.), мультимедийные лекционные аудитории (на 50 чел.) и мультимедийные компьютерные классы (на 25 чел.), комнаты президиума. Помещения выставочного центра многофункциональны и при необходимости также используются структурными подразделениями университета для проведения конференций и других общественных мероприятий.

Научная инфраструктура включает: центр коллективного пользования, объекты интеллектуальной собственности, научные лаборатории, научная библиотека.

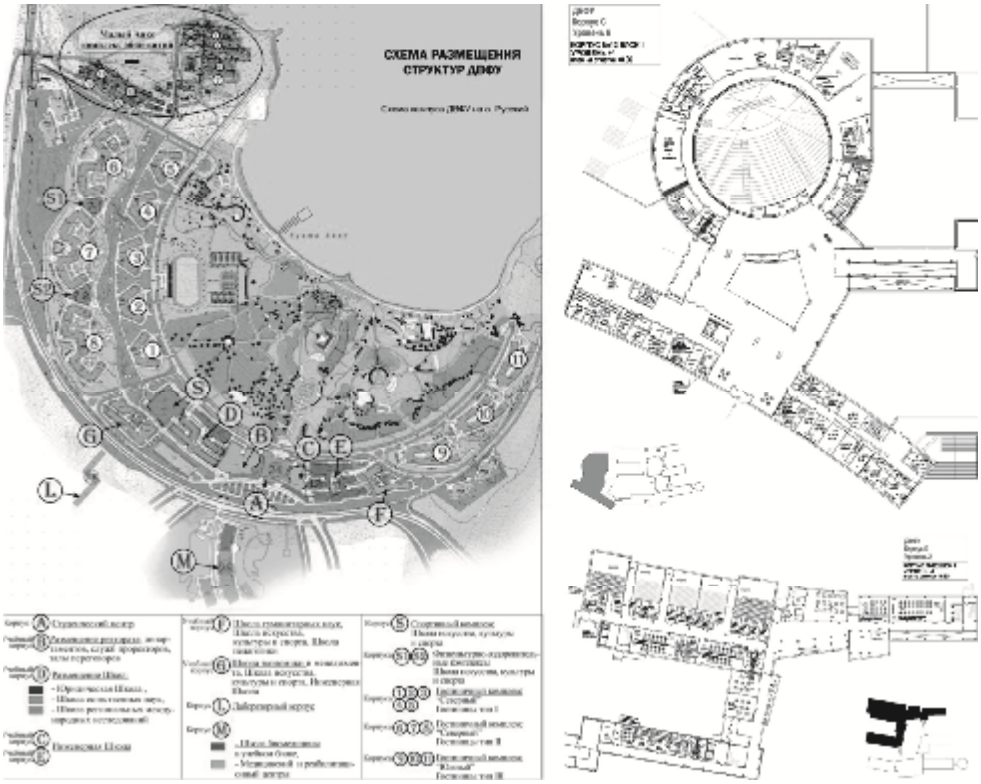


Рис. 7. Дальневосточный федеральный университет

Приведенные примеры в большинстве своем демонстрируют благоприятную тенденцию направленную на развитие объектов инновационной инфраструктуры. Прослеживается тенденция оптимизации архитектурных пространств в соответствии с функциональным наполнением объектов. Создание федеральных университетов, а также объединение нескольких вузов влечет за собой увеличение площадей, материально технической базы. Формирование технопарков на базе вузов, расширение состава их функциональных блоков также отражается на объемно-планировочной структуре вуза. Такое объединение ведет к усложнению структуры университетского пространства, которому необходимо строгое функциональное зонирование для удовлетворения технологических, функциональных, санитарно-гигиенических и конструктивно-планировочных требований. Так, выявлена классификация технопарка по типу вуза: на

базе технического вуза, на базе нескольких технических вузов, на базе федерального университета.

На основе проведенного анализа среди российских вузов архитектурно-строительного направления выявлены характерные функциональные блоки, сформированные на сегодняшний день. Состав лабораторий и иных объектов инновационной инфраструктуры в каждом вузе различен. В состав таких технопарков входят: высавочная зона, бизнес-инкубатор, научно-исследовательсике лаборатории, учебно-исследовательские лаборатории, испытательные центры, центр коллективного пользования, кабинет активного обучения, консалтинговый центр.

Таблица

Наименование технопарка/ ВУЗ/Адрес	**Функциональные блоки**								**Объемно-планировочная структура**	**Композиционная схема**	**Расположение в городской застройке**
	Выставочная зона	Бизнес-инкубатор	Научно-исслед. лаборатории	Учебно-исслед. центры	Испытательный центр	Центр коллективного пользования	Кабинет активного обучения	Консалтинговый центр			
Центр развития дизайна/ УрГАХУ/ул. Горького, 4	*	*		*			*		Компактная схема	Зальная Анфиладно-кольцевая	
Научно-исследовательские и производственные подразделения/КГАСУ/ Ул. Зеленая, 1, Ул. Ершова, 31б	*	*	*	*	*	*	*		Линейная протяженная схема	Коридорная Анфиладно-кольцевая	
Научно-исследовательская база/СПбГАСУ/ Курляндская ул., д. 2; ул. Розенштейна 32, лит. А	*	*	*	*	*			*	Линейная протяженная схема	Коридорная	
Центры и лаборатории /СГАСУ/ ул. Молодогвардейская	*		*	*	*				Линейная протяженная схема	Коридорная	
Научно-исследовательская база/ МАРХИ	*		*	*					Компактная схема	Коридорная Ячейково-зальная	
ВГАСУ	*	*	*	*		*			Линейная протяженная схема	Анфиладно-кольцевая	
ДВФУ	*	*	*	*	*	*	*	*	Линейная протяженная схема	Коридорная Ячейково-зальная	

Анализ показал, что объемно-планировочная структура в основном формируется по компактной или линейной протяженной схеме. Следует отметить, что на сегодняшний день отсутствует общепринятое определение технопарковых единиц и их классификация, образованных на базе вуза (таблица).

По признаку размещения технопарковых единиц в структуре вуза выделены три группы. К первой группе относятся технопарки в виде разрозненных ячеек лабораторий, в учебных корпусах вуза, ко второй группе относятся технопарк, выделенный в отдельный объем, к третьей группе относится комбинированное расположение технопарка (рис. 8).

Рис. 8. Размещение технопарковых единиц в структуре ВУЗа

На сегодняшний день прослеживается тенденция к компактному размещению функцинальных блоков технопарка в структуре вуза, что позволяет обеспечить благоприятные условия и удобную доступность к ним сторонним организациям. Такое расположение также позволит сформировать более широкий круг потребителей и компаньонов. Наиболее успешные вузы стремятся сформировать единое архитектурное пространство, которое благоприятствует взаимному сотрудничеству участников учебного и инновационного, инновационного и потребительского процесса.

Список библиографических ссылок

1. НАУКА РОССИИ В ЦИФРАХ // Статистический сборник. – М.:ЦИСН, 2014. – С. 54-62.
2. Постников С.П. УралГАХА: основа развития – творчество // Аккредитация в образовании: Электронный журнал об образовании. 2013. 28 фев. URL: http://www.akvobr.ru/uralgaha_osnova_tvorchestvo.html (дата обращения 20.05.2016).
3. Брагин В. О создании Уральского центра развития дизайна // BERLOGOS: Интернет-журнал о дизайне и архитектуре. 2014. 17 апр. URL: http://berlogos.bget.ru /interview/o-sozdanii-uralskogo-tsentra-razvitiya-dizayna/ (дата обращения: 10.05.2016).
4. Официальный сайт Санкт-Петербургского архитектурно-строительного университета. URL: http://www.spbgasu.ru/ (дата обращения: 22.03.2016).
5. Официальный сайт Самарского государственного архитектурно-строительного университета. URL: http://www.samgasu.ru/http://www.spbgasu.ru/ (дата обращения: 08.03.2016).
6. Официальный сайт Московского архитектурного института. URL: http://www.marhi.ru/ (дата обращения: 15.04.016)
7. ВГАСУ 85 // Империя недвижимости, 2015, № 88. – С. 4-6.
8. Инкубационный период // Российская газета, 2008, № 4793. Полоса 17.
9. ВГАСУ: могучий потенциал образования // Кто есть кто в образовании и науке, 2010, № 2 (6). – С. 16-20.
10. ВГАСУ: устремленный в будущее // Парадный квартал, 2015, сентябрь. – С. 4-7.
11. Воронежский ГАСУ изменит образовательное пространство региона // Коммерсант.ru, 2015, сентябрь.
12. Официальный сайт Дальневосточного федерального университета. URL: https://www.dvfu.ru/ (дата обращения: 12.04.2016).

Sagatdinova A.M. – assistant
E-mail: aidasm@mail.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Forming of innovative infrastructure in higher educational institutions of the architectural and construction direction

Resume

The article is devoted to questions of forming and development of innovative infrastructure in modern Russian higher educational institutions. The overview of modern Russian universities based

on which there is innovative infrastructure is provided. As examples are provided: profile university, joint universities and federal universities. On the basis of the analysis of the given examples the list of the main function blocks of science and technology park designed to ensure effective functioning on creation of innovations is created. It is established that higher educational institutions are the most effective and powerful base for the development of innovations.

The feature of an arrangement of elements of science and technology park of the rather basic university is revealed. The space-planning and composite decision of modern higher educational institutions is also analyzed.

Need of creation of single architectural space which favors to a mutual cooperation of participants of educational and innovative, innovative and consumer process is revealed.

Keywords: innovative infrastructure, science and technology park, higher educational institution, research center, function blocks.

Reference list

1. NAUKA ROSSII V CIFRAH // Statistical collection. – M.: CISN, 2014. – P. 54-62.
2. Postnikov S.P. UralUSAAA: a development basis – creativity // Accreditacia v obrazovanii: The online magazine about education. 2013. 28 Feb. URL: http://www.akvobr.ru/uralgaha_ osnova_tvorchestvo.html (reference date: 20.05.2016).
3. Bragin V. About creation of the Ural center of development of design // BERLOGOS: The online magazine about design and architecture. 2014. 17 Apr. URL: http://berlogos. bget.ru/interview/o-sozdanii-uralskogo-tsentra-razvitiya-dizayna/ (reference date: 10.5.2016).
4. Official site of the St. Petersburg university of architecture and engineering. URL: http://www.spbgasu.ru/ (reference date: 22.03.2016).
5. Official site of the Samara state university of architecture and engineering. URL: http://www.samgasu.ru/http://www.spbgasu.ru/ (reference date: 08.03.2016).
6. Official site of the Moscow architectural institute. URL: http://www.marhi.ru/ (reference date: 15.04.2016).
7. VGASU 85 // Imperia nedvigimosti, 2015, № 88. – P. 4-6.
8. Incubatory period // Rossiyskaya gazeta, 2008, № 4793. Strip 17.
9. VGASU: mighty potential of education // Kto est kto v obrazovanii I nauke, 2010, № 2 (6). – P. 16-20.
10. VGASU: directed in the future // Paradniy kvartal, 2015, September. – P. 4-7.
11. Voronezh SUAE will change educational space of the region // Kommersant.ru, 2015, September.
12. Official site of Far Eastern Federal University. URL: https://www.dvfu.ru/ (reference date: 04.12.2016).

УДК 72.01
Серебренникова Т.А. – аспирант
E-mail: tanya_ra_87@mail.ru
Уральский государственный архитектурно-художественный университет
Адрес организации: 620075, Россия, г. Екатеринбург, ул. Карла Либкнехта, д. 23

Типология информационных пространств в архитектуре, как основа организации творческого процесса

Аннотация

Статья посвящена исследованию феномена взаимодействия информационного и архитектурного пространств, в качестве альтернативы устоявшимся методам и принципам формообразования в архитектурном проектировании в эпоху процессов глобализации. Введено понятие информационного пространства как отдельной категории в архитектуре, разработана типологическая модель раскрытия пространства. В качестве апробации исследования проведена «аналитическая» оценка городского сценария с позиции типологической модели и представлен «образ» современного информационно-смыслового пространства. Применение типологического анализа при проектировании, поиск алгоритмов и возможных типологических комбинаций способствуют выстраивать смысловые контексты для пространств с учетом новых средовых параметров, формируя целостную сбалансированную архитектуру.

Ключевые слова: информационное пространство, архитектурное пространство, глобализация, информационный баланс, образ городского пространства, типология пространства, восприятие действительности.

Модель действительности, сложившаяся под воздействием процессов глобализации, информатизации и технизации, приводит с одной стороны к установлению единой сетки правил, с другой – к уничтожению системы смысловых ориентиров, разрушая уникальность архитектурно-пространственной среды. И.А. Добрицына отмечает, что «происходит подмена первичных (культурных) функций в глобализирующемся мире» [1]. Город индустриальной эпохи породил новый набор переменных, преобразовавших связь между городским пространством и воспроизводством культурной идентичности [2]. Современное архитектурное пространство, являясь поверхностным следствием разрозненных и хаотичных информационных потоков, насыщенно новыми и периодически сменяющими друг друга средствами оценки, которые не имеют ничего общего с измерительными системами прошлого. А. Раппапорт ставит вопрос об умирании архитектуры и искусства как серьезной социальной проблеме: «Сетование на умирание искусства – диагноз массового общества. Массовое общество оказывается мало приспособленным к тому, что мы ждём от искусства в его отношениях с личностью, оно ориентировано на зрелища и развлечения, дизайн и типологию» [3]. Интерес к пересмотру методологии и принципов архитектурного формообразования с ориентацией на возможность управления информационными процессами, продиктован наличием проблемного поля архитектурной реальности. Цель данной работы – разработка эффективного инструментария типологического анализа пространства как средства достижения информационного баланса (пространственно-смыслового единства), выступающего в качестве ориентиров для восприятия человеком архитектурной среды, самоопределения и идентичности, формирования культурного мировоззрения.

С середины XX века были изданы значимые исследования, посвященные вопросам информационного пространства, информационной культуры и общества (Д. Белл, М. Кастельс, А.А. Айрапетов, А.И. Ракитов, И.Ф. Трофимов, Л.А. Пронина и т.д.). Отдельно можно выделить работы, в которых рассматривается влияние информационных и компьютерных технологий на архитектурное проектирование (А.О. Алтунян, Э.В. Хайман, К.С. Черная и т.д.). Исследования И.А. Добрицыной, С. Маккуайра, Н.А. Сапрыкиной, С. Ситара, Э. Хаймана, В. Нефедова, Я. Гейла и т.д., направлены на изучение современного архитектурного формообразования и пространственного мышления. Полученные результаты исследований позволяют выделить информационное

пространство как отдельную категорию архитектурного пространства и определить наиболее характерные особенности современной архитектурно-пространственной среды в качестве фундаментальной основы раскрытия пространства.

Информационное пространство определяется как единый механизм отбора, хранения и передачи информации, сформированный на основе многомерности пространства и отражающий в контексте культурологических процессов нелинейную и саморазвивающуюся картину мира. Соответственно, цель создания архитектуры – это цель создания системы ориентиров в многомерной системе активных средовых процессов, организующих современное посттехногенное пространство человека.

Архитектура не является декларативной, она учитывает множественность возможных интерпретаций. Целостность архитектуры выражается не только в совокупности и связности элементов и единиц пространства (упорядоченность/повторяемость/ритмичность; благоустройство и озеленение, зонирование и объединение и т.д.), но и в единстве информационной структуры (социальные, экологические, экономические и другие факторы), с учетом окружающей сформированной застройки (градостроительные факторы). Определенная целостная информационная структура создает уникальные характеристики, которые свойственны конкретному типу пространства и принципам его формообразования. В каждом архитектурно-средовом городском сценарии современности следует выделить доминирующие сетки информационных параметров, на основе которых формируется характерная типология из шести пространств (рис. 1):

1. Природно-экологическое пространство (Т1) отвечает за стабилизацию отношений человека и окружающей его среды, сохранение ресурсного потенциала, поддержание природно-экологического каркаса городской структуры. Данному типу характерны: сохранение естественных природных ландшафтов в структуре города путем встраивания объектов архитектуры в существующий контекст, интеграция в архитектурные и средовые объекты воспроизводимых источников энергии, формирование пространственно-планировочной структуры на основе вариативной комбинаторики «зеленых» транспортных и пешеходных коридоров.

2. Пространство жизнедеятельности (Т2) – многослойное пространство, направленное на формирование условий среды повседневной деятельности человека, в рамках которых человек организует и регулирует свое непосредственное существование, ведет сообразно своим собственным потребностям и интересам частную жизнь, координирует свое индивидуальное развитие. Архитектурная среда организует процессы деятельности и основные потоки движения, программируя как самого человека, так и восприятие им пространства. Характеризуется рациональным распределением пространств на микро и мезо уровнях, установлением функционального диалога, максимальной согласованностью объектов, формированием оптимальной пространственно-планировочной «цепочки» взаимосвязанных пространств, включением «умных» систем.

3. Социально-коммуникативное пространство (Т3) – пространство, формирующее определенные рамки для многомерного проявления социальных контактов, связей и отношений, плотной эффективной коммуникации между участниками сообществ в реальном времени с целью создания «живого», гибкого, разностороннего и сознательного общества. Характеризуется формированием коммуникационных площадок для городских сообществ, созданием общественного социально-коммуникативного хаба в качестве эмоционально ориентированного фрагмента городской среды, установлением «мягких границ».

4. Духовно-нравственное пространство (Т4) – пространство, которое формирует моральные, нравственные ценности и сохраняет веками установленные традиции и ориентиры, учитывая культурные, национальные, мировоззренческие и исторические особенности. Пространство, являясь продолжением в реальном времени, отвечает за поддержание духовного развития и воспитания личности, формирование взглядов на картину мира. Подразумевает «программирование» пространства с фрагментарным заимствованием и подражанием городской исторической ткани, формирование отдельных фрагментов городской среды как носителей духовно-нравственных ценностей, сохранение отдельных образно-символических пространств в историческом ландшафте в константном состоянии.

5. Организационно-управленческое пространство (Т5) – единое пространство, формирующее рамки и границы в пределах которых устанавливаются связи и отношения

политических и экономических элементов структуры с человеком и обществом. Пространство характеризуется встраиванием объектов административного, офисного, общественного назначения в городской контекст, не претендуя на приоритетность и сохраняя гибкость относительно функциональной структуры. В контексте данного пространства происходит четкое разделение одних областей и объединение других, с целью создания логически единого процесса функционирования градостроительной системы.

6. Медийно-техногенное пространство (Т6) направлено на контроль и управление потоками распространения информации и техногенных процессов в среде, с целью формирования устойчивых связей как между процессами информации и общественным сознанием, так и между современными коммуникациями и мобильностью общества, учитывая социальную среду, исторические и культурные особенности городской структуры. В рамках пространства происходит создание гибкой инфраструктурной матрицы интерактивных многофункциональных платформ, в первую очередь, для человека, которые объединяют эстетичное выражение, нормативное соответствие, функциональное предназначение и конструктивное содержание.

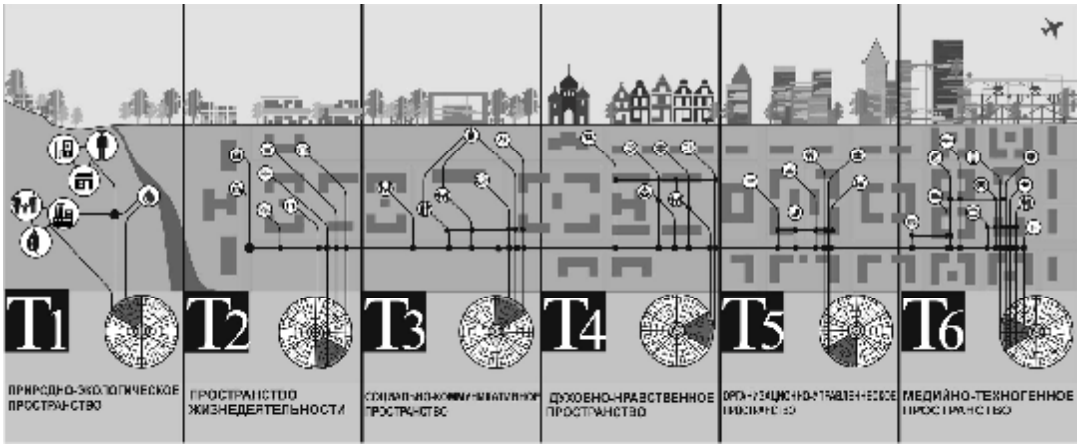


Рис. 1. Типологическая модель раскрытия пространства

Стратегия типологической ориентации в проектно-творческих концепциях включает три этапа: «аналитический» – структурный анализ социальных сценариев, анализ визуально-образной среды и культурных кодов; «информационно-концептуальный» – формирование городского сценария с опорой на принципы формообразования; «детализированный» – направлен на оптимизацию взаимовлияний элементов целостного архитектурно-средового пространства. С целью доказательства взаимодействия архитектуры с информационными факторами и возможности управления пространственно-смысловым балансом, необходимо остановиться на «аналитическом» этапе. Следует провести оценку «образа» современного городского пространства в контексте окружающей застройки с опорой на типологическую модель, предложенную как универсальное средство для поиска комбинаций формирования, раскрытия и динамики пространства. «Образ» городского пространства выступает в качестве «образа» городского сценария, без конкретных территориальных привязок. В контексте данного исследования, городской сценарий пространства – это взаимосвязанная система архитектурно-средовых элементов и информационного наполнения, которая имеет четкие пространственные рамки и подлежит последовательному развитию и логичному формированию восприятия и «потребления» среды.

Разбив пространство по типологическим признакам, стоит отметить присутствие всех типов одновременно в относительно неравных соотношениях. Наличие этого факта дает возможность сделать предположение, что до определенного момента типологическая модель фрагмента городской среды в некоторой степени находилась в оптимальном состоянии, где пространство развивалось последовательно. Переступив «пороговое состояние», приблизительно с 90-х годов, когда процессы глобализации проникают во все активные сферы, модель дестабилизируется, перекрещивая и наслаивая типы, добавляя новые смыслы, заменяя одни – другими (рис. 2). В процессе развития

городского сценария связи в информационном пространстве постепенно уплотняются, разрушая единство и последовательность восприятия информации как таковой. Аналогично, и в архитектурном пространстве происходит разрушение его восприятия/воспринятия в результате преобладания современной архитектуры китча и безвкусицы, градостроительных решений, основанных на традиционных методах проектирования и взаимосвязанных с поступающей вновь и вновь информацией.

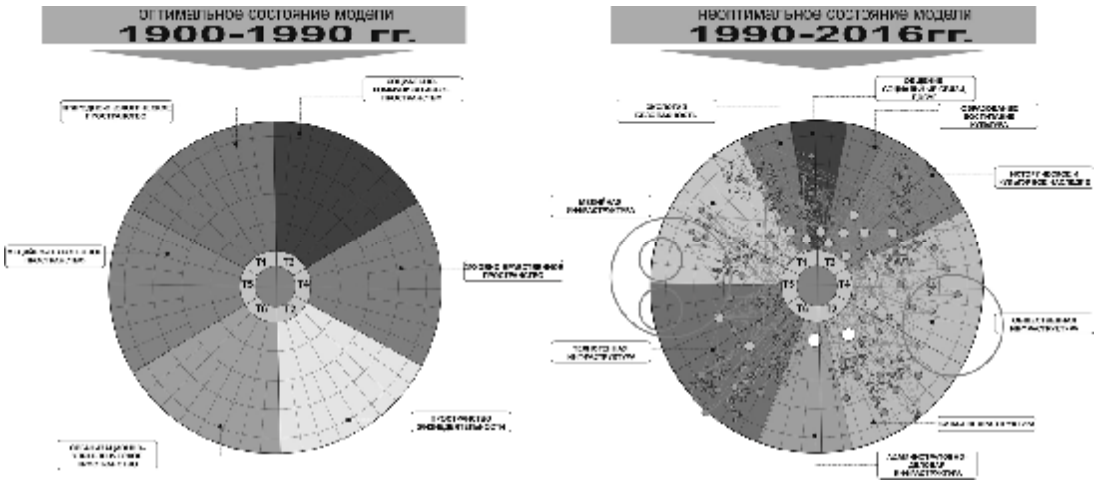


Рис. 2. Оптимальность/неоптимальность типологической модели городского пространства

Если рассматривать в прежних категориях городское пространство, то оно предстает как самостоятельный и самозначимый архитектурный фактор, организующий не только окружающую среду, но и поведение людей. Сегодня мы наблюдаем, как защитная оболочка пространства ломается, его среда становится проницаемой и все процессы, происходящие в реальности, проходят теперь через него. Существовавшие ранее границы (социальные, экономические, экологические и т.д.), в рамках которых формировалось пространство, разрушаются. Не смотря на сохранение значений пространства, возникают новые смысловые параметры, в результате чего формирующий контекст становится единым и равнозначным для всех пространств. Синтез информационно-смысловых параметров уравнивает все пространственное разнообразие, уничтожая их самозначимость. Возможности моделирования самых различных объектов сочетаются с быстро возрастающей ложностью процессов и форм их пространственной организации [4]. Так, городское пространство, исходя из современных средовых параметров, может с легкостью стать частью бизнеса – элементом «торгово-потребительской» инфраструктуры, разрушив свое пространственно-смысловое содержание. Постепенно приравнивается к улице, улица, в свою очередь, к дороге и т.д. – изменения в среде приводят к изменениям в поведении, ориентирах и ценностях человека. Все типы пространств хаотично смешиваются, подменяя друг друга, уничтожая на своем пути сложившиеся границы и приоритеты.

В момент перекрещивания одних типологических признаков другими, происходит соответствующая подмена пространственно-смыслового контекста. Изначально, исторические памятники организовывали пространство по высотным и объемно-масштабным характеристикам, по пропорциональности и ритмичности. И в плане, и на развертках можно было наблюдать логичное чередование площадей и объемов, четкое и обоснованное взаимодействие массы и масштаба. Это несло смысловую нагрузку духовно-нравственного типа, формируя адекватные ценности и патриотические чувства в обществе. Представление об архитектурном пространстве всегда связано со смысловым полем культуры, в котором и происходит создание и восприятие пространственных форм, объединенных социально значимой информацией в архитектурное пространство [5]. Сегодня, в большинстве случаев, гармонизация пространства полностью нарушена (рис. 3). Современное здание задавило городское пространство не только своими размерами, но и смысловыми характеристиками. Возникновение нового «высотного» завершения зданий, абстрактность пропорций и ритма привели к уничтожению сомасштабности. Качество

таких сооружений оцениваются по принципу «шокового эффекта», «вау-эффекта», выражая тем самым специфику нынешнего потребительского отношения к архитектуре как продукту медийного творчества, как к культурному знаку [6]. Таким образом, механизмы функционирования городского пространства пропали.

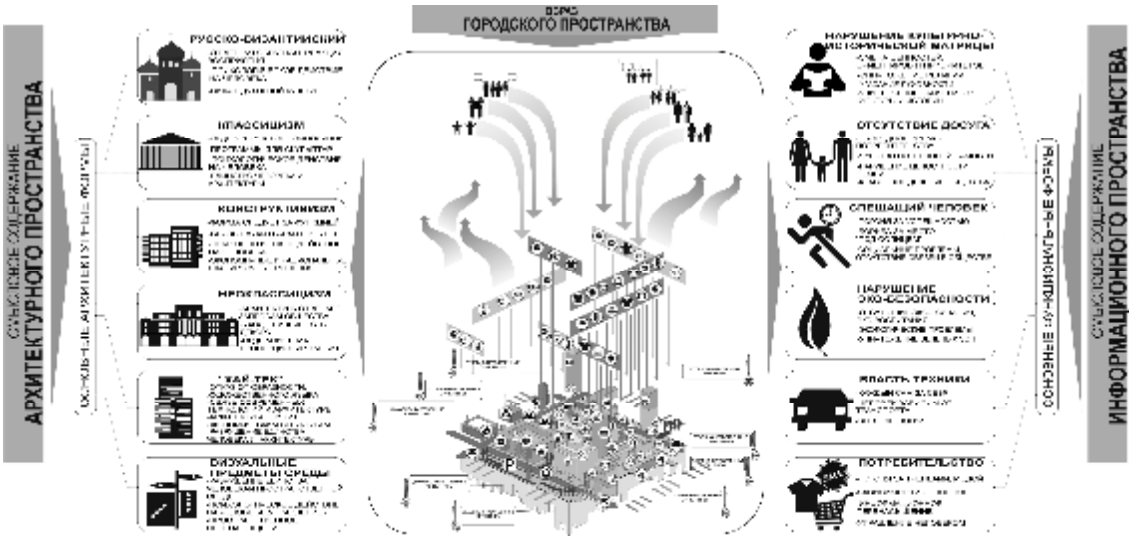


Рис. 3. Информационно-смысловой образ современного городского пространства

Типологические признаки природно-экологического, социально-коммуникативного и духовно-нравственного пространств посредством «шоковой терапии» заменяются на медийно-техногенные и жизнедеятельностные (в искаженном виде). В новой современной архитектурно-информационной среде человек уже не активный, деятельный и духовно-развитый участник городского пространства, а спешащий на зов рекламного ролика покупатель нового бренда, замкнутый только на самом себе и своих потребностях. Так мы видим, как в угоду экономической рентабельности узкой группы людей происходит подмена смысловых значений (ориентированная на управление обществом) в рамках большинства фрагментов городского пространства.

На примере подмены смыслового контекста были выделены признаки медийного пространства и искаженного пространства жизнедеятельности в качестве преобладающих и решающих будущее, как общества, так и памятников культурного наследия. Рем Колхас довольно правдиво обозначил современное пространство как «мусорное пространство»: «Мусорное пространство делает вид, что объединяет, но фактически раскалывает. На каждого мужчину, женщину и ребенка оно нацеливается по отдельности, выслеживает, отрывает от остальных» [7]. Стоит обратить внимание, что в целом архитектурная среда городского пространства в большей части формируется за счет активного хаотичного использования визуальных средств коммуникаций (текстовая информация, знаковые ориентиры, указатели движения, световая реклама, витрины, вывески, афиши и т.д.). В то же время, транспортная структура (потоки машин, парковки, подъезды) пересекается в одной плоскости с пешеходной (зоны отдыха, дворовые территории, потоки людей), создавая неблагоприятные условия и нарушая характер мест общего пользования. Современная архитектура в огромных количествах производит гомогенную среду, в которой либо совсем отсутствуют видимые элементы, либо число их резко снижено, и агрессивную окружающую среду, в которой человек одномоментно видит большое число одинаковых элементов [8]. Таким образом, медийно-техногенное пространство поглощает и наслаивается на все остальные типы, формируя из архитектурной среды платформу для техники и рекламы.

Помимо нарушения объемно-пространственных характеристик организации городского сценария, одно смысловое содержание уничтожается полностью, другое заменяется противоположным, формирую «неоптимальность» системы развития городского пространства. Смысловое архитектурное содержание, предназначенное для медийно-техногенного пространства, слепо подменяет смыслы духовно-нравственного;

содержание организационно-управленческого встает на замену социально-коммуникативных смыслов; смыслы пространства жизнедеятельности превалируют и поглощают природно-экологические. В результате нарушения смысловых характеристик происходит уничтожение механизмов функционирования пространства. Что влечет за собой изменения в поведении человека и его восприятии пространства. Остается лишь предполагать осознанно или нет происходят подобные манипуляции с городской средой с целью управления восприятием и поведением людей.

Теоретически, опираясь на типологический анализ, можно предположить прогноз развития пространства в дальнейшем, где три пространства – природноэкологичекое, духовно-нравственное и социально-коммуникативное, ориентированные, в первую очередь, на человеческий фактор, полностью исключены (рис. 4). Так, человек оказывается за пределами модели, в искусственно созданном информационном вакууме. Информационный вакуум стоит понимать как особое состояние пространства, которое хаотично заполняется информацией, чаще всего не желаемой, ложной, противоречивой и отрицательной (факторы, стандарты и установки, ценности и т.д.), инициированной «извне», и в то же время полное отсутствие связующих элементов [9]. Человек не способен в подобных условиях, сформированных новыми ложными ориентирами и ценностями, адекватно воспринимать действительность. Нарушение, как смысловых характеристик, так и взаимодействия массы и пространства дезориентирует человека, уничтожая его как нравственно развитую «личность» и формируя замкнутого на самом себе «одинокого потребителя».

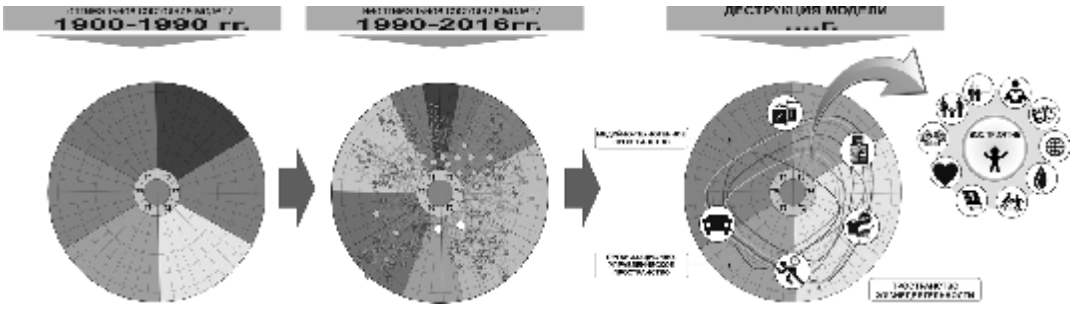


Рис. 4. Прогноз развития городского пространства

С развитием и уплотнением информации динамично изменяется действительность, требуя от пространства актуальности «здесь и сейчас», игнорируя необратимые последствия для человека психологического характера и наносимый вред историко-культурному наследию для следующих поколений. Отсюда возникает важный ракурс понимания алгоритмов формирования современного пространства, основанных на принципах комбинирования, где каждая информация несет свою особую нагрузку.

Характерной чертой архитектурно-информационного пространства является его способность быть актуализированным в меняющихся социокультурных реалиях, с сохранением своей самостоятельности и самозначимости. Организованная среда, таким образом, находится в смысловой и пространственной сомасштабности, что позволяет рассматривать ее как уникальную систему, способствующую коммуникации, как своеобразный «проводник» значимой информации.

В рассмотренном фрагменте городской среды мы видим все насущные проблемы архитектурной реальности, которые формируются по мере поступления информации. Данная типологическая оценка не является особенной и уникальной только в рамках мегаполисов. Подобные процессы организации пространства можно проследить и в средовых контекстах малых городов, где глобализация, медленно шагая, наносит свой непоправимый след на сложившийся уклад. Можно утверждать, что синтез информационного и архитектурного пространств, который выражается в основных принципах комбинирования типов пространств, в действительности работает, развивая или, противоположно, разрушая пространство.

Взаимодействие архитектурного и информационного пространств, выражается в постепенном наложении пространственно-смыслового содержания, формируя определенные границы, которые являются техзаданием – некой системой ограничений

для архитектора. Очевидно, что нарушение этих границ ведет к разрушению гармоничного состояния пространства. Чувственная взаимосвязь пространственных и временных контекстов, основанная на переживании следов прошлого дает ключ к прочтению пространства всего города [10].

С помощью инструментария и методологий, свойственных предыдущим эпохам, архитектор оставлял уникальный «информационный слепок» – фиксацию информационного баланса, по которому можно судить о стадии слияния человека со средой. К примеру, архитектура античности является самодостаточной базой информации о самой себе – «объективный» взгляд на мир богов и космическая гармония на земле выражается в характерном взаимодействии характеристик архитектурной среды и картины мира, с помощью разработки собственного языка единства и тождества. Архитектура современной эпохи переходит на новый режим функционирования, теряя баланс информационно-смысловой матрицы. Присущее современному информационному пространству многоступенчатое многообразие проявлений, его способность выполнять различные функции, а также его взаимодействие с компонентами среды и общества порождают необходимость в систематизации, заложенной в основу типологии. Оценка городского пространства по типологическим признакам демонстрирует, что современная архитектура как средство гармонизации (установления информационного баланса), эволюционирует в другой плоскости системы восприятия действительности, и, полностью перекраивается под властью информационного пространства, смещая акценты. Намеченное проблемное поле в пространственно-смысловых контекстах доказывает, что новому обществу необходима архитектура, выступающая в роли механизма сохранения информационного баланса, которая одновременно учитывает информационный фактор с привязкой к картине мира, и человеческий фактор с привязкой к физиологии и восприятию. Поэтому, в дальнейшем возникает необходимость в поиске алгоритмов и возможных типологических комбинаций, которые помогают выстраивать смысловые контексты для пространств, но уже с учетом новых информационно-средовых параметров. Уплотнение информационных механизмов приводит архитектора к новым неожиданным связям, где он работает со средой, и в то же время, учитывает динамику внешних информационных параметров. Современная архитектура представляет собой не просто создание границ в пространстве, а создание границ в информационном пространстве (в среде актуальных процессов и технологий). Информационное пространство выступает в качестве основного инструмента в творчестве архитектора в условиях уплотняющейся информационной среды.

Список библиографических ссылок

1. Добрицына И.А. Амбициозная профессия // Архитектура и социальный мир. – М.: Прогресс-Традиция, 2012. – С. 41-46.
2. Маккуайр С. Медийный город: медиа, архитектура и городское пространство. – М.: Институт медиа, архитектуры и дизайна «Стрелка», 2014. – 207 с.
3. Раппапорт А.Г. Умирание архитектуры и искусства // Искусствознание, 2010, № 1-2. – С. 5-30.
4. Ситар С.В. Архитектура внешнего мира: искусство проектирования и становление европейских физических представлений. – М.: Новое издательство, 2013. – 272 с.
5. Назарова М.П. Архитектурное пространство города: культурологический аспект // Известия ВГПУ, 2012, № 3. – С. 73-77.
6. Фалеев А.Н., Шиповская Л.П. Современный мир: проблемы человека и архитектура // Вестник ассоциации вузов туризма и сервиса, 2010, № 10. – С. 30-36.
7. Колхас Р. Гигантизм или Проблема Большого. Город-генерик. Мусорное пространство. – М.: Арт Гид, 2015. – 84 с.
8. Барковская А.Ю., Назарова М.П. Стресс-факторы в социокультурном пространстве современного большого города // Известия ВолгГТУ, 2014, № 5 (132). – С. 37-42.
9. Серебренникова Т.А., Раевский А.А. Пространственные контексты в условиях современной информационной среды // Архитектурно-художественное образовательное пространство будущего: сб. материалов международной научно-методической конференции. – Ростов-на-Дону: Издательство Южного федерального университета, 2015. − С. 256-259.

10. Дмитриев А.Г., Саркисов Ю.С. О некоторых аспектах гармоничного существования человека в окружающем мире // Вестник ТГПУ, 2013, № 5 (133). – С. 29-33.

Serebrennikova T.A. − post-graduate student
E-mail: tanya_ra_87@mail.ru
Ural State University of Architecture and Art
The organization address: 620075, Russia, Ekaterinburg, Karl Liebknecht st., 23

Typology of information spaces in architecture as a basis of the organization of creative process

Resume

Globalization changes not only attitudes and perceptions of the world picture, but also the architectural space. The article is devoted to the study of the phenomenon of interaction between information and architectural spaces, as an alternative to well-established and principles of form making in architectural design. The author enters a concept of the information space as a separate category in architecture, develops a typological model of disclosure of space. In each of the urban scenarios of modern times stands the dominant information matrix of the parameters, based on which is formed a characteristic typology of six spaces: natural environmental space, space of life, socio-communicative space, moral space, administrative space, media-technological space. As approbation of a research by the author «analytical» assessment of the city scenario from the perspective of typological model and presented the «image» of the modern information and semantic space. The balance of the semantic content of architectural information space serves as a constant formation of the urban environment and the relevant urban scenarios. The use of the typological analysis of the design, search algorithms and possible typological combinations contribute to build a semantic context for spaces with the new environmental parameters, forming a complete balanced architecture.

Keywords: information space, architectural space, globalization, information balance, image of city space, space typology, perception of reality.

Reference list

1. Dobritsyna I.A. Ambitious profession // Arkhitektura i sotsial'nyy mir. – M.: Progress-Traditsiya, 2012. – P. 41-46.
2. Macquarie S. Media city: media, architecture and city space. – M.: Institut media, arkhitektury i dizayna «Strelka», 2014. – 207 p.
3. Rappaport A.G. Dying of architecture and art // Art Studies, 2010, № 1-2. – P. 5-30.
4. Sitar S.V. Architecture of the outside world: art of design and formation of the European physical representations. – M.: Novoye izdatel'stvo, 2013. – 272 p.
5. Nazarova M.P. Architectural space of the city: culturological aspect // Izvestija VGPU, 2012, № 3. – P. 73-77.
6. Faleev A.N., Shipovskaya L.P. Modern world: problems of the person and architecture // Vestnik assotsiatsii vuzov turizma i servisa, 2010, № 10. – P. 30-36.
7. Koolhaus R. Gigantizm or Problem Big. The city-generic. Garbage space. – M.: Art Gid, 2015. – 84 p.
8. Barkovskaya A.Yu., Nazarova M.P. Stress-faktor in sociocultural space of the modern big city // Izvestija VolgGTU, 2014, № 5 (132). – P. 37-42.
9. Serebrennikova T.A., Raevsky A.A. Spatial contexts in the conditions of the modern information environment // Architectural and art educational space of the future: proceedings of the international scientific and methodical conference. – Rostov-na-Donu: Publishing house of Southern Federal University, 2015. – P. 256-259.
10. Dmitriyev A.G., Sarkisov Yu.S. About some aspects of harmonious existence of the person in the world around // Bulletin TGPU, 2013, № 5 (133). – P. 29-33.

УДК 727:7
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

Основные принципы архитектурной организации объектов культурного туризма с ремесленно-креативной функцией

Аннотация

Статья посвящена решению вопросов архитектурного формирования объектов культурного туризма с ремесленно-креативной функцией, разработаны принципы их архитектурной организации.

Предложенные принципы охватывают особенности функциональной и архитектурно-планировочной организации объектов культурного туризма, реализующих ремесленно-креативную деятельность; отражают взаимосвязь архитектурной организации рассматриваемых объектов, способа представления ремесленно-креативной деятельности (экспозиция, демонстрация, со-производство) и степени погружения туристов в указанный вид деятельности; оптимизируют площади учебно-производственных помещений, а также определяют взаимодействие ремесленно-креативной, учебной и торгово-выставочной зон.

Ключевые слова: принципы архитектурного формирования, объекты культурного туризма, ремесленно-креативная функция, степень погружения, оптимизация, функциональный модуль.

В исследовании «Туризм и нематериальное культурное наследие», выполненном Всемирной Туристской Организации (UNWTO, 2012 г.) [1], приводятся данные о том, что знакомство с живой культурой, т. е. с нематериальным аспектом культурного наследия, сегодня стало одним из основных мотивов путешествий среди туристов. Современные путешественники стремятся к познанию других народов через погружение в живую культуру территории отдыха [2], обучение традиционным ремеслам, исполнительскому искусству, национальной кухне и другим составляющим нематериального культурного наследия местности.

В ответ на спрос туристов в культурном туризме выделились такие его подвиды, как ремесленный туризм, креативный туризм [3] и экокультурный туризм, специализирующиеся на демонстрации ремесленных традиций территории отдыха, как части нематериального культурного наследия [4]. Эти виды туризма реализуются в объектах культурного туризма с ремесленно-креативной функцией и предполагают активную творческую деятельность туристов – участие в ремесленных, фольклорных мастер-классах, обучение секретам приготовления блюд национальной кухни и т. п. Отсутствие пространств для вовлечения туристов в творческий ремесленный процесс не позволяет в должной степени использовать потенциал этих видов туризма [5, 6]. Вовлечение туристов в производство так важен, что эксперты в области культурного туризма называют этот процесс сопроизводством (co-production) [5], указывая, таким образом, на размытие в туризме границы между потреблением и производством.

Булатова Е.К. в своем диссертационном исследовании «Формирование архитектурной среды туристского центра для малых и средних городов (на примере Южного Урала)» [7] приводит следующие общие принципы организации архитектурной среды для туризма:

- «принцип пространственной и визуальной связи с зоной памятников»;
- «принцип использования и приспособления памятников для целей туризма»;
- «принцип сюжета»;
- «принцип сценарности»;
- «принцип целостности».

Херувимова И.Ю. [8] в диссертационном исследовании при исследовании центров

народных художественных промыслов в населенных пунктах с действующим или возрождаемым промыслом выявляет основные принципы их проектирования:

- «избирательный принцип выбора объекта проектирования и его местоположения»;
- «принцип функционально-планировочного подхода в определении назначения, состава и объема проектируемого центра»;
- «принцип зонирования в принимаемых структурно-планировочных решениях».

Опираясь на общие принципы архитектурной организации туристкой среды и принципы проектирования центров народных художественных промыслов предлагаются следующие специфичные принципы архитектурной организации объектов культурного туризма с ремесленно-креативной функцией:

1 – принцип функциональности;
2 – принцип погружения;
3 – принцип оптимизации помещений;
4 – принцип универсальности;
5 – принцип интеграции.

Принцип функциональности планировочных элементов объектов культурного туризма с ремесленно-креативной функцией обуславливает их архитектурное формирование следующими функциональными модулями:

- музейно-экспозиционного модуля, состоящего из помещений и/или пространств, в которых размещены экспонаты, инструменты, оборудование, информационные щиты, повествующие об истории развития представленного вида ремесленно-креативной деятельности. Все элементы представлены в экспозиции для визуального ознакомления туристами самостоятельно или в сопровождении экскурсовода, а также для осуществления фото- и видеосъемки;
- демонстрационного модуля, сформированного помещениями и/или пространствами для постановочной физической демонстрации выборочных производственных операций ремесленно-креативного процесса, выполняемой мастерами-ремесленниками, либо для интерактивной демонстрации с использование современных технических средств (презентаций, фильмов, 3D-проекций и т. д.);
- ремесленно-производственного модуля, состоящего из действующих производственных и вспомогательных помещений для осуществления реальной ремесленной деятельности: собственно ремесленная мастерская, склады материалов и готовой продукции, сопутствующие производственные помещения (сушильная, обжиговая и т. п.);
- учебно-производственного модуля, включающего помещения и/или пространства для организации процесса обучения туристов ремесленно-креативной деятельности, а также для передачи мастерами своих знаний, умений и навыков следующим поколениям ремесленников, т. е. для актуализации ремесел, как части нематериального культурного наследия;
- торгово-выставочного модуля, сформированного помещениями для размещения торговой и выставочной функций: выставочными залами, галереями, торговыми залами, торговыми лавками и др.

Принцип реализуется приемами сценарности (обеспечение движения туристов в логической последовательности) и комплексности (формирования объектов культурного туризма на основе различных сочетаний функциональных модулей, дополняющих друг друга).

Принцип погружения отражает степень погружения туристов в ремесленно-креативную деятельность в объектах культурного туризма с ремесленно-креативной функцией. Этот принцип предполагает четыре степени погружения туристов: легкую, среднюю, углубленную и полную.

Легкая степень погружения туристов формируется при поверхностном ознакомлении с основами вида ремесленно-креативной деятельности, который осуществляется в процессе экскурсионного осмотра экспозиции мастерской с представленными материалами, инструментами, оборудованием, примерами готовой продукции и т.д.

Средняя степень погружения подразумевает получение туристами теоретических знаний о ремеслах посредством просмотра демонстрации выборочных операций ремесленного процесса.

Полная степень погружения предполагает получение туристами теоретических знаний о выбранном виде ремесленно-креативной деятельности в результате наблюдения за работой мастера на всех этапах производственного процесса, осуществляемого в действующей мастерской, а также возможность реализации туристами своего творческого потенциала при обучении у мастера.

Углубленная степень погружения обеспечивается расширением теоретических и практических знаний туристов в области выбранного вида ремесленно-креативной деятельности посредством наблюдения за работой мастера, соучастием туристов в производственно-творческом процессе, ознакомлением с ассортиментом выпускаемой продукции и с возможностью приобретения понравившихся изделий.

Этот принцип выполняется применением следующих приемов:

1) пространственно-планировочный прием размещения объектов культурного туризма, реализующих ремесленно-креативную деятельность (рис.):

- отдельно стоящее здание;
- ряд ремесленно-торговых зданий;
- ремесленно-торговая улица;
- ремесленно-торговый квартал;
- комплекс зданий на выделенной территории.

а) б) в) г) д)

Рис. Пространственно-планировочные решения объектов культурного туризма с помещениями для обучения туристов ремесленной деятельности:
а) – отдельно стоящее здание ОКТ; б) – одностороннее расположение зданий ОКТ на улице (ряд); в) – двустороннее расположение зданий ОКТ (улица); г) – квартал зданий ОКТ; д) – комплекс зданий ОКТ на выделенной территории

2) Архитектурно-планировочный прием организации пространства рассматриваемых типов объектов в соответствии с выбранным способом представления ремесленно-креативной деятельности:

- экспозиция инструментов и оборудования, организованная в выставочном помещении и/или в пространстве мастерской;
- физическая (производственные операции выполняют мастера-ремесленники) или интерактивная демонстрация отдельных производственных операций, предполагающая расширение пространства экспозиционных помещений и/или ремесленной мастерской;
- реальное производство – действующая ремесленная мастерская с помещениями для осуществления полного цикла ремесленно-производственного процесса.

3) Функционально-планировочный прием реализации потребности туристов в творческом самовыражении:

- организация учебной функции в отдельном помещении;
- интеграция учебной функции в действующую мастерскую;
- временная организация учебной функции на открытом воздухе при организации событий фестивального характера.

Принцип оптимизации предопределяет нормирование площадей помещений ремесленно-креативных мастерских с учетом размещения необходимых мебели, оборудования и функциональных зон для осуществления ремесленно-креативной деятельности.

Принцип реализуется разработкой планировочных нормалей, выполненных на основе эргономических исследований с учетом следующих граничащих условий:

- производственной мощности (тип А – 1 мастер и до 10 туристов; тип В – 3 мастера и до 20 туристов; тип С – 5 мастеров и до 30 туристов);

- общего количества туристов из группы, заинтересованных в обучении ремесленно-креативной деятельности (около 20 %, 50 %, 100 %);
- использования конструктивных шагов (5400 мм, 6000 мм, 7200 мм и др.).
-

Принцип универсальности обуславливает вариантность архитектурной организации объектов культурного туризма с ремесленно-креативной функцией и предусматривает возможность трансформации ремесленно-производственных помещений.

Принцип реализуется использованием следующих архитектурно-планировочных приемов:

- функциональное перепрофилирование ремесленно-креативной деятельности с учетом специализации с частичной или полной заменой оборудования, не затрагивая помещения;
- многопрофильная специализациz производственных помещений ремесленно-креативной функции с использованием трансформируемых перегородок;
- реконструкция помещений при кардинальной смене вида ремесленно-креативной деятельности.

Принцип интеграции определяет взаимодействие ремесленно-креативной, учебной и торгово-выставочной функциональных зон в объектах культурного туризма с ремесленно-креативной функцией. Принцип предусматривает три степени взаимодействия этих зон в зависимости от технологических особенностей вида ремесленно-креативной деятельности, производственных мощностей объектов культурного туризма с ремесленно-креативной функцией и от количества туристов, готовых обучиться ремеслу для реализации своего творческого потенциала.

Принцип реализуется следующими архитектурно-пространственными приемами:

- раздельным проектированием помещений ремесленно-креативной, учебной и торгово-выставочной зон. Этот прием обеспечивает 1 степень интеграции – изоляцию;
- проектированием помещений ремесленно-креативной, учебной и торгово-выставочной зон, функциональных зон, примыкающими друг к другу, что формирует 2 степень интеграции – примыкание;
- проектированием помещений ремесленно-креативной, учебной, торгово-выставочной зон с разной степенью взаимопроникновения и с образованием общих помещений. Этот прием обеспечивает 3 степень интеграции – взаимопроникновение.

Таким образом, следование предложенным принципам функциональности, погружения, оптимизации, универсальности и интеграции, использование приемов сценарности и комплексности, а также применение архитектурно-планировочных, функциональных, пространственно-планировочных приемов приводят к формированию эффективно функционирующих объектов культурного туризма с ремесленно-креативной функцией, способствующих сохранению, презентации и актуализации нематериального культурного наследия местности.

Список библиографических ссылок

1. UNWTO Study on tourism and intangible cultural heritage. Summary // UNWTO.ORG: официальный сайт Всемирной Туристской Организации. URL: http://ethics.unwto.org/publication/study-tourism-and-intangible-cultural-heritage (дата обращения: 19.11.2015).
2. Енин А.Е. Историко-культурная среда – основа для развития региональной сети отдыха и туризма (на примере ЦЧР) // Градостроительство, 2012, № 1 (17). – С. 36-39.
3. Wurzburger R., Pattakos A. Creative Tourism, a Global Conversation. – Santa Fe: Sunstone Press, 2009. – 224 с.
4. Конвенция ЮНЕСКО Об охране нематериального культурного наследия // UN.ORG: официальный сайт Организации Объединенных Наций (ООН). URL: http://www.un.org/ru/documents/decl_conv/conventions/cultural_heritage_conv.shtml (дата обращения: 07.01.2010).
5. Richards G., Wilson J. Tourism development trajectories: from culture to creativity? // Tourism, Creativity and Development. – London: Routledge, 2007. – P. 14-20.
6. Richards G. Developing and Marketing Crafts Tourism: The EUROTEX Project. – Arnhem: ATLAS, 1998. – 124 с. URL: https://www.academia.edu/11969096/

Developing_and_Marketing_Crafts_Tourism (дата обращения: 11.03.2014).
7. Булатова Е.К., Ульчицкий О.А. Архитектурно-типологическое формирование туристского центра // Научно-методический электронный журнал «Концепт», 2015, № 13. – С. 2146-2150.
8. Херувимова И.Ю. Принципы проектирования центров народных художественных промыслов: автореферат дисс… кандидата архитектуры: 18.00.04. – СПб., 1995. – 21 с.

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

Basic principles of architectural organization of cultural tourism objects with craft and creative function

Resume

The article is devoted to solving the issues of the architectural formation of cultural tourism objects with craft and creative function. There are five principles of architectural organization of these objects which were elaborated in the article: the functionality principle, the principle of immersion, the optimization principle, the principle of universality and the principle of integration. This article contains methods proposed for the implementation of these principles.

The proposed principles cover such features of architectural organization of cultural tourism objects with craft and creative functions, as: functional, space-planning, architectural planning features. The principles reflect the relationship between the architectural organization of these cultural tourism objects, ways of representing of crafts and creative activities (exhibition of tools and equipment, demonstration of specific procedure of handicraft process, involving tourists in handicraft production – co-production) and the degree of tourists immersion in the craft and creative activity. The principles optimize the floor space of the craft workshops, as well as determine the interaction of craft and creative, educational, trade and exhibition functional zones.

Keywords: principles of architectural formation of cultural tourism objects, craft and creative function, degree of immersion, optimization, functional module.

Reference list

1. UNWTO Study on tourism and intangible cultural heritage. Summary // UNWTO.ORG: the official website of The World Tourism Organization. URL: http://ethics.unwto.org/publication/study-tourism-and-intangible-cultural-heritage (reference date: 19.11.2015).
2. Enin A.E. Historical and cultural environment – the basis for the development of a regional network of leisure and tourism (in the example of the CChR) // Gradostroitel'stvo, 2012, № 1 (17). – C. 36-39.
3. Wurzburger R., Pattakos A. Creative Tourism, a Global Conversation. – Santa Fe: Sunstone Press, 2009. – 224 p.
4. UNESCO Convention for the Safeguarding of the Intangible Cultural Heritage // UN.ORG: the official website of The United Nations. URL: http://www.un.org/ru/documents/decl_conv/conventions/cultural_heritage_conv.shtml (reference date: 07.01.2010).
5. Richards G., Wilson J. Tourism development trajectories: from culture to creativity? // Tourism, Creativity and Development. – London: Routledge, 2007. – P. 14-20.
6. Richards G. Developing and Marketing Crafts Tourism: The EUROTEX Project. – Arnhem: ATLAS, 1998. – 124 p. URL: https://www.academia.edu/11969096/Developing_and_Marketing_Crafts_Tourism (reference date: 11.03.2014).
7. Bulatova E.K., Ulchitsky O.A. Architectural and typological formation of a tourist center // Scientific and methodical electronic journal «Concept», 2015, № 13. – P. 2146-2150. URL: http://e-koncept.ru/2015/85430.htm (reference date: 19.02.2016).
8. Heruvimova I.Yu. Principles of design of folk crafts centers: abstract diss... the candidate of architecture: 18.00.04. – SPb., 1995. – 21 p.

УДК 347787
Чебинев А.И. – профессор
E-mail: art.sasha.i@yandex.ru
Чебинева Е.В. – старший преподаватель
E-mail: chebineva@yandex.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

Эволюция скульптурного убранства в архитектуре зданий

Аннотация

В статье рассмотрены виды скульптурного убранства 19 века, включающие разнообразные формы декоративной пластики. В формировании городских пространств и ансамблей, в оформлении зданий и интерьеров значительная роль отводилась скульптурному убранству. Период времени конца 19-начала 20 века ознаменовался разрывом между архитектурой здания и его интерьером. Внешнее убранство потеряло прежде присущее ему значение. Интерьер по отношению к внешней форме здания стал обладать некоторой самостоятельностью Художественная целостность его среды, как отдельной автономии, нашла выражение в синтезе архитектуры и искусства.

Ключевые слова: скульптурное убранство 19 века; эволюция скульптуры до наших дней; основные принципы использования скульптуры в современном интерьере.

История развития искусства и архитектуры доказывает их неразрывную связь на протяжении всего периода существования человечества. Скульптурный декор, используемый в архитектуре, играл значительную роль уже в архитектуре Древнего мира. Специфические средства и ряд приемов позволили достигнуть художественной образности и целостности построек в Египте. В Древней Греции оформление зданий и внутреннего пространства достигло совершенства отчасти благодаря использованию декоративной пластики и скульптуры. В эллинистическое и римское время основные скульптурные формы приобрели исключительное значение в интерьере жилых, и общественных зданий. В Античном мире, благодаря опыту предыдущих столетий, структурировались и сложились основные типы и системы скульптурного декора. Приходящие на смену друг другу архитектурные стили следующих эпох, развивали и использовали декор в соответствии с потребностями и вкусами своего времени.

Среди всего разнообразия форм декоративной пластики можно выделить шесть основных видов скульптурного убранства: **декоративная статуя, поддерживающая фигура, рельеф-панно, рельеф-фриз, мелкомасштабный рельеф и фронтонная группа.** История искусства позволила проследить этапы развития всех видов декоративной скульптуры. С течением времени менялся характер ее использования в качестве декоративного средства, стилистические особенности, комбинаторика применения.

Свободно стоящая статуя – относится к круглой декоративной пластике и является основным ее представителем. В сооружениях эпохи барокко, большое внимание уделялось художественному решению фасадов и внутреннему пространству, где скульптурному убранству отводилась значительная роль. В экстерьере зданий декоративные статуи применялись в виде венчающих фигур и герм-кариатид, составляющих на фасаде целостную композицию из скульптурных колонн и богатой лепнины. В ряде построек можно встретить и отдельно стоящие статуи в отличие от интерьеров, где изолированная статуя присутствует значительно реже. Здесь скульптура, являясь органичной частью общей системы декорирования интерьера, конструктивно зависима от стены и других элементов орнаментальной лепки. При использовании изолированных статуй в интерьере их размещали в нишах, создающих ритм в общем декоративном целом зала. Эта видимая и конструктивная изолированность не нарушает общей гармонии взаимосвязи статуй с другими элементами декора.

В экстерьере эпохи классицизма свободно стоящие статуи играют очень важную роль в художественном облике здания. Симметрия архитектурных объемов подтверждается не только их структурой, но выявляется средствами скульптурной пластики. Статуи используются в небольшом количестве чаще всего как венчающие фигуры, которые акцентируют три угла фронтона. На фасадах зданий статуи устанавливаются либо между колоннами, либо в специальных нишах. Их пластическая разработка формы противопоставляется гладкой поверхности стены. Фланкирующую роль выполняют скульптурные группы парадного крыльца или статуи, установленные по двум сторонам лестниц. Все эти приемы используются для выделения центральной оси объема сооружения.

В декорировании внутреннего пространства эпоха классицизма использует один из самых распространенных приемов – эффект полного объема человеческой фигуры. В украшении дворцовых залов статуя рассматривается в сопоставлении с архитектурной формой и играет неоднозначную роль в общей композиции интерьера. Используются четыре основных вида установки статуй: ритмическая, фланкирующая, центральная и акцентирующая.

– Ритмическая установка отличается завершением ордерной системы высоким аттиком на фоне, которого по осям пилястр или простенков размещается скульптура.

– Фланкирующая установка свойственна: анфиладе помещений, где боковое обрамление дверных проемов завершается скульптурой, и установке статуй по сторонам лестницы.

– Центральная установка выделяет ось парадного входа в помещение, завершенного стеной с нишей, в которой помещена скульптура.

Акцентирующая установка, как правило, отличается местоположением скульптуры по отношению к входу, или всему пространству интерьера.

В начале 19 века особое значение приобретает работа над созданием ансамблей городской застройки. Декоративная скульптура, принадлежащая зданию, на котором она помещена, становится связующим звеном в образовании композиционной связи с другими зданиями и открытыми пространствами городских ансамблей. Максимальное взаимодействие архитектуры пространства, объемных сооружений и пластики решается при помощи скульптуры. Интерьер этого периода характеризуется тенденцией изменения круглых статуй в примыкающие, трактуемые как кариатиды. Учитывая функцию, которую выполняют **кариатиды или атланты,** их относят к особому виду декоративных статуй. Свободно стоящие статуи используются исключительно как декоративная скульптура. В то время, когда кариатида, представляет собой поддерживающую фигуру, Ее основная роль заключается в создании иллюзии опоры. Фигуры, несущие на своих плечах тяжесть архитектурных элементов, расположенных над ними, придавали всему декору большую устойчивость, В то же время, являясь пластическим декоративным элементом, особенно хорошо вписывающимся в архитектурную отделку, кариатиды намечали основные опорные звенья и выступали как членящие элементы в общей схеме сооружения. В сооружениях встречается кариатида, у которой часть туловища и ноги заменены опорой геометрической формы, так называемая **герма-кариатида**. В греческом искусстве широко использовался тип «простой», или «высокой» гермы, где человеческое тело переходит в столб в верхней части груди. «Поясная» герма, у которой человеческое тело переходит в опору у пояса или ниже чаще использовалась в период барокко. Подобные гермы, как правило, исполняли роль кариатид. Фигуры, воплощенные в крупных пластических формах, своим масштабом прекрасно согласовывались со сложным рисунком декора. Пластически-богатые разнообразные элементы орнамента позволяли легко вписать человеческое тело в единое целое и успешно применялись как на фасадах, так и в интерьере декора. Форма столба или перевернутого обелиска позволила включать гермы-кариатиды в обрамление окон и дверей «Высокие» гермы выгодно подчеркивали строгий характер членений и геометрический орнамент. Они же заменили пилястры, исполняя роль основных членящих элементов. **Венчающие фигуры** (или группы), являясь разновидностью декоративных статуй, с точки зрения их роли в архитектурной композиции, обладают определенной спецификой. В архитектуре экстерьера они применяются как средство подчеркивания основных объемов здания и выявления определенных частей архитектурной композиции сооружений. Чаще всего венчающими

фигурами служат статуи-акротерии, отмечающие центр или углы фронтона. Венчающие группы использовались для придания сооружению триумфального характера и получили широкое распространение как особый вид монументального произведения – триумфальных колесниц. Эти выдающиеся произведения декоративной пластики составили одно из главных выразительных средств в оформлении отдельных наиболее значимых сооружений. Являясь великолепным примером синтеза скульптуры и архитектуры здания, эти произведения обозначили заметные доминанты в городских ансамблях.

Значительно реже венчающие фигуры, обычно в виде парных групп, встречаются в интерьере. Этот тип декора возник на основе широко используемого приема декорирования пространства над различными проемами (дверьми, окнами, арками). Чаще всего применялись детские фигурки (так называемые «путти»), реже женские, иногда женские и мужские. Такие композиции из разного вида сочетаний фигур нивелировали резкие грани между плоскостью стены и геометрической массой фронтона. Со временем характер венчающих групп меняется стилистически, как произведений пластики, а впоследствии меняется и их роль в общем ансамбле. При сохранении живописного характера в спокойной и уравновешенной композиции интерьера с ясно выделенными плоскостями и углами, они стали играют роль контрастирующих акцентов.

Свободные и примыкающие декоративные статуи, кариатиды и гермы-кариатиды, представляют собой декоративную пластику, с общим свойством «круглой» формы, что обеспечивает ей определенную независимость от плоскости стен. Эти характерные проявления пластики принципиально отличают ее от **скульптурного рельефа,** который представляет собой выпуклую в той или иной степени пластическую форму, композиционно и механически связанную с фоном.

Среди разнообразных форм скульптурного рельефа своим наибольшим распространением выделяется **рельеф-панно**, в котором пластическая композиция размещена на поле правильной геометрической формы и обособленно помещено на плоскости стены или перекрытия. Размещение рельефов-панно обособленно на плоскости стены или перекрытия становится удобным приемом для заполнения свободных поверхностей. Этот прием декорирования в общем художественном решении позволяет членить большие плоскости стен в самых различных сопоставлениях. Рельеф-панно, как самый разнообразный вид скульптурного декора, в архитектуре классицизма находит широкое применение. Формы поля панно отличаются разнообразием: прямоугольные, квадратные, круглые, полукруглые, полуовальные, сегментные, равно как и фигуративные композиции, заключенные в рельефах. Все типы композиций представлены в четырех основных видах.

– «Картинная» композиция – композиция, на фоне пейзажа или стены в жанре классической живописи, где фигуры связаны между собой определенным сюжетом.

– «Ритмическая» композиция – композиция, состоящая из фигур которые, по своему положению относительно друг друга, незначительно отличаются.

– «Живописная» композиция – композиция, в которой на нейтральном или пейзажном фоне размещена группа фигур с ярко выраженным контуром

– «Живописно-ритмическая» композиция – композиция промежуточная между ритмической и живописной.

Эволюция этого вида декоративной пластики заключается в увеличении высоты рельефа и отказу от обрамления поля рельефов профилем. При этом фигуры или группы композиций, размещенные на плоскости стены, имеют ограничения только по контуру фигур.

В искусстве классицизма, по мере его развития, происходит эволюция, касаемая выравнивания статуи и рельефа-панно в их объемном пластическом выражении. Если статуя, одной третьей своего объема принадлежит стене, то рельеф-панно, напротив, начинает претендовать на круглую скульптуру, все больше выступая относительно фона. Вследствие этого объемные контрасты скульптуры нивелируются, скульптурная пластика образует почти «ковровую» поверхность. На смену контрасту плоскостей и объемов приходит контраст поверхностей насыщенных декором, в том числе рельефным, и гладких не обрамленных поверхностей. Второй по значению вид скульптурного рельефа это **рельеф-фриз.** Это непрерывная скульптурная лента, опоясывающая стены зала по всему

периметру. Фриз подчеркивает целостность объема, как наружного, так и внутреннего. Чаще использовались фризы орнаментальные, с периодически повторяющимися одинаковыми элементами. Фризы фигуративные встречались довольно редко. Это объясняется значительной трудностью связать рельефную группу большой протяженности единством сюжета и композиции. Прерывистый фриз, составленный из ряда равновысоких панно-рельефов с одинаковым масштабом фигур, встречается значительно чаще. Особый вид декоративной скульптуры представляет **фронтонная группа**. Фронтонные группы это скульптурные композиции в обрамлении, помещенные во фронтоне или аттике. Фронтонная группа принадлежит исключительно экстерьеру здания.

Сложная система оформления, как экстерьера, так и интерьера зданий, где присутствовали фигуративная и орнаментальная пластика, создавала целостную декоративную отделку всего сооружения. Эта художественная связь между архитектурным сооружением и пластическим убранством в рассмотренные временные периоды не разрывалась. Но его значение, способы применения не оставались постоянными, а совершили сложную эволюцию, различную для каждого из его видов.

Феноменом двадцатого века явился разрыв между архитектурой сооружения и его интерьерной декорацией. Результат сотрудничества архитекторов с ведущими живописцами и скульпторами своего времени отразился в лучших образцах интерьеров всех предшествовавших эпох. В двадцатом веке, когда большую роль в архитектуре стало играть понятие функции, разделение архитектора и дизайнера интерьера стало реальностью нашего времени. Слова Луиса Салливена, который любил говорить, что здания должны быть «и раздетыми прекрасно сложены и хороши собой» воплотились в архитектуре нового времени. Архитектура начала 20 века декларирует в новом понимании чистую форму как знак естественности, не украшенная специально, она становится предметом эстетической выразительности. В декоре ограждения утвердился принцип выявления художественно-эстетических качеств натуральных материалов и их сопоставления. Наличие другого вида декора, объектов крупной пластики, на фасадах общественных зданий стало, в своем большинстве, исключением. Тематика декоративной статуи как вида объемной скульптуры, эволюционировала от мифологических героев до стилизованных или абстрактных образов.

По сравнению с наружной формой интерьер здания несет большую информативную содержательность. Отличие от внешней формы выражается в специфических характеристиках интерьера. Интерьер рассматривается как пространство для определенного вида человеческой деятельности. Его композиционная организация зависит от характера этой деятельности и эстетического восприятия среды. Физическая ограниченность интерьера выражается в восприятии человеком величины внутренних пространств. Это свойство интерьера выражается в создании масштабности пространственной формы средствами синтеза искусств. В отношении интерьера синтез искусств подразумевает композиционное единство архитектуры, скульптуры и живописи, объединенных в определенном архитектурном пространстве. Изначальная связь с архитектурной формой неизбежно придает скульптуре отличные от станковых произведений качества, выраженные в понятии «монументально-декоративное искусство». В синтезе искусств монументальное и декоративное в первую очередь служат основной задаче-усилению воздействия архитектурной формы. Монументальные произведения, выступающие самостоятельно по форме и содержанию, применяется во всех разновидностях. В создании целостного архитектурно-художественного образа особое значение приобретает органичность их включения в композиционную структуру здания. Имеется ряд приемов, использующих специфическую организацию пространственной формы и ограждения.

Прием закрепления пространственных осей формы. На их направлениях возможно расположение монументальных произведений. Скульптура приобретает кульминационное значение, смысл которого полностью раскрывается через образную содержательность изображения. Архитектурная форма в данном случае подготавливает эффект восприятия (рис. 1).

Рис. 1. Скульптурная группа акцентирует ось сквозного главного входа общественного здания

Рис. 2. Объемная композиция выявляет вертикальную ось коммуникаций в музее обуви

Прием использования тектонической структуры пространственной формы определяет точное местоположение произведения искусства его параметры и материал.

В основе всех приемов лежит материальная конструкция, которая выражает «тектонический образ» сооружения или пространства. Тектонический прием ограждающих плоскостей выявляется их взаимодействием между собой. Художественная трактовка этого приема ярко выражена в трехчастном членении античного ордера. Изобразительно-тектонический прием имитирует работу конструкции посредством изображения тектонического приема, его объемно-пластических форм и материальности (рис. 3).

Рис. 3. Опоры на станции метро «Музей»

Прием постановки скульптуры в открытом пространстве за стеклянным ограждением.

При этом подчеркивается развитие внутреннего пространства вовне, иллюзорное расширение пространства, картинность кадра со световыми эффектами, легкость преграды.

Рис. 4. Скульптурная композиция определяет границу между интерьером и экстерьером

Прием членения внутреннего пространства. В этом случае, используются объемно-скульптурные произведения для выделения определенных зон деятельности или движения.

Рис. 5. Объемная скульптура установлена на пересечении транзитных путей торгового центра

Прием выделения объема или плоскости, имеющий особое значение для смысловой ориентации во внутреннем пространстве

Прием использует разнообразные виды декоративного украшения для дополнительного членения стены, придания ей масштабности. Монументальная композиция сюжетного или декоративно-орнаментального содержания может способствовать уяснению значения акцентной формы. В декоративном оформлении ограждений элементы пластики создаются искусственно как элементы накладных небольших объемов. Глубина рельефа определяется масштабом помещения. По форме выражения такая пластика может быть абстрактной или изобразительной. Абстрактный характер присущ архитектурно-конструктивной форме и используется в виде карнизов, профилей, наличников. Изобразительная пластика создается как скульптурный рельеф на основе природных форм флоры, фауны и сюжетов общественной жизни. В изображениях

может применяться любая степень обобщения и условности. Изобразительный рельеф служит физической основой синтеза со скульптурой. Пластическая разработка в одном материале, создает целостность ощущений формы ограждения. Использование разных материалов для основы и рельефа характеризует его декоративность. Такой прием больше подчеркивает не плоскость, а форму рельефа, его самостоятельность

Рис. 6. Прерывистый рельеф, состоящий из равноценных панно-рельефов одинакового масштаба, формирует сплошную ленту фриза, объединяющую галерею торгового центра

Архитектура как искусство, создающее и организующее конкретное первичное пространство, является определяющей в установлении принципов взаимодействия ограждающих элементов интерьера. Сущность искусства архитектуры проявляется в ее эмоционально-образной выразительности, добиться которой можно при помощи изобразительных искусств.

Список библиографических ссылок

1. Бурганов А.Н., Дубовицкая Н.Н., Лебедев В.А., Светлов И.Е., Цигаль В.Е., Чернов Ю.Л. Скульптура в городе. – М.: Изд-во «Советский художник», 1990. – 381 с.
2. Гутнов А.Э., Глазычев В.Л. Мир архитектуры. – М.: Молодая гвардия, 1990. – 350 с.
3. Королев Е.В. Эволюция видов скульптурного рельефа в интерьере русского классицизма // Тематический сборник научных трудов «Проблемы развития русского искусства». – Л., 1981.
4. Лежава И.Г. Архитектурное пространство и функция // Проблемы архитектуры. – М.: Стройиздат, 1981.
5. Михайловский И.Б. Теория классических архитектурных форм. – М.: Изд-во «Архитектура-С», 2014. – 288 с.
6. Мак Коркодейл Чарлз. Убранство жилого интерьера от античности до наших дней. – М.: «Искусство», 1990. – 245 с.
7. Новикова Е.Б. Интерьер общественных зданий. Художественные проблемы. Издание 2-е, дополненное и переработанное. – М.: Стройиздат, 1991. – 366 с.
8. Щенков А.С. Архитектурное наследие на рубеже 20-21 веков: Проблемы реставрации и охраны наследия, 2014.

Chebinev A.I. – professor
E-mail: art.sasha.i@yandex.ru
Chebineva E.V. – senior lecturer
E-mail: chebineva@yandex.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Evolution of sculptural decoration in architecture

Resume

The sculptural decoration, which was formed in the ancient world, used and developed throughout the history of the European states, bulk and decorative solutions. In the 19th century, apart from the traditional citation sculpture in architectural structures as a lot of new space was found. The sculptural decoration, in all its splendor is widely used in the exterior and interior of the 19th century lost its importance in the early 20th century to the period of the new millennium, characterized by its own specific use of decorative sculpture, as a style of development it has passed certain evolution in both his capacities: as an element of artistic design interior and directly stylistically. The difference between the two approaches has become particularly evident in the twentieth century. Qualitative characteristics of the external form of the building and interior spaces are distinguished by the conditions of their formation. For the bulk composition of the outer form characteristic of uniqueness regardless of the complexity or simplicity of its plastic solution. The internal space is multivalued structure consisting of a combination of shapes. This property is shown in the interior of his aesthetic perception change a variety of experiences and is used in the composite organization, based on the spatial perception of the room enclosing surfaces. The composition of the means of expression is the essence of a composite task. The aim is to achieve a composition of the integrity and unity of the interior experience. The basis of the solution space is the unity choice of accepting development envelope of interior surfaces: tectonic, fine-tectonic and decorative. Features of each receiving help identify aesthetically-shaped the quality of interior space.

Keywords: the sculptural decoration of the 19th century; the evolution of the sculpture to the present day; basic principles for the use of sculpture in modern interior.

Reference list

1. Burganov A.N., Dubovitskaya N.N., Lebedev V.A., Svetlov I.E., Tsigal V.E., Chernov J.L. Sculpture in the city. – M.: Sovietskii hudozhnik, 1990. – 381 p.
2. Gutnov A.E., Glazichev V.L. World architecture. – M.: Molodaya Gvardia, 1990. – 350 p.
3. Korolev E.V. Evolution of the types of sculptural relief on the interior of Russian classicism. // Problems of development of Russian art. – L., 1981.
4. Lezhava I.G. Architectural space and function // Problems of architecture. – M.: Stroyizdat, 1981.
5. Michaelovskii I.B. The theory of classical architectural forms. – M.: Architecture-S, 2014. – 288 p.
6. Mac Korkodeyl Charles. The decoration of residential interiors from antiquity to the present day. – M.: Iskusstvo, 1990. – 245 p.
7. Novikov E.B. The interior of public buildings. Artistic problems. 2nd edition revised and supplemented. – M.: Stroyizdat, 1991. – 366 p.
8. Puppy A.S. Architectural Heritage at the turn of 20-21 centuries: problems of restoration and heritage protection, 2014.

УДК 711.42
Балакина Л.А. – кандидат архитектуры, доцент
E-mail: bamila@list.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1

Архитектура обитаемого пространства: библейский ракурс

Аннотация
В настоящее время Библию с позиций экзегетики рассматривают как нетрадиционный источник сведений применительно к различным областям науки, в том числе к истории архитектуры и градостроительства. Целью статьи является попытка осмыслить сведения о библейских поселениях: помимо духовных смыслов в сакральных текстах нами обнаружены различные сведения об элементах городской среды. Все библейские поселения можно классифицировать по принципу авторства творения: Бога и человека. Места обитания Рай, стан Израиля, Новый Иерусалим, сотворённые Богом, имеют признаки геометрически правильной центричной планировочной структуры. О древних библейских городах, построенных человеком, имеются лишь контекстуальные и отрывочные сведения. Их планировочная концепция ясно не определяется, несмотря на археологические раскопки.
Ключевые слова: Библия, экзегетика, сведения о местах обитания, градостроительная интерпретация, гипотетические графические реконструкции.

Поиски подходов к изучению культурных явлений прошлого приводят к таким нетрадиционным источникам информации как Священные Писания различных религий. В наше время изучают Библию применительно к различным областям знаний: к истории, к литературе, к географии, к геологии, к археологии, к палеонтологии, к медицине и т.д. [1]. Многочисленные теологические труды религиозных и светских исследователей выявляют материализацию духовной символики в архитектурных формах (например, богословы архиепископ Сергий (Голубцов), епископ Варнава (Беляев), протоиерей А. Мень, а также писатели-богословы, религиоведы, историки, философы, культурологи, архитекторы: Н.И. Троицкий, Л.А. Успенский, М.М. Бахтин, И.М. Дьяконов, Э. Тов, Ш.М. Шукуров, Дж. Фрэзер, А. Щусев, И.А Бондаренко, А.С. Щенков, Н.Л. Павлов, Л.А. Балакина и другие). Археологические раскопки свидетельствуют о достоверности многих библейских событий, и это является признанием исторической ценности Библии [2; 3].

Язык библейских текстов разнообразен: он включает и факты, и сведения в виде описаний, и контекстуальные данные, и метафоры, и не всегда даёт ясное представление о некоторых терминах, и толкование их представляет сложность применительно к выявлению дефиниций. С позиций герменевтики всякое место Писания, согласно Александрийской школы богословия, рассматривается в трёх аспектах: историческом, моральном и сакральном [4; 5]. В гносеологическом плане при прочтении текстов Библии наше понимание определилось в интерпретации библейских сведений в архитектурно-градостроительном контексте: нами отмечено, что помимо духовных смыслов и иносказаний, они содержат важную достоверную информацию о различных местах поселения человека периода библейской истории. Так нами выявлены различные отрывочные и подробнейшие описания, отражающие архитектурно-градостроительные аспекты жилой среды [6]. Аналитическое исследование этих сведений даёт основание систематизировать их по основному критерию – сотворённости: 1) Творцом и 2) человеком.

К местам обитания, созданным Господом Богом, на основании конкретных библейских описаний нами отнесены Райский сад, Стан Израильский и Новый Иерусалим. Назвать их поселениями было бы некорректно, поскольку определяющий фактор их существования – это Божье присутствие.

Согласно библейской истории первым местом обитания первого человека на земле был приготовленный Создателем Райский сад. Сведения о нём мы находим в четырёх книгах Ветхого Завета (Бытие, книги пророков Исайи, Иезекииля, Иоиля) и в трёх книгах

Нового Завета (Евангелие от Луки, Второе послание к Коринфянам, Откровение Иоанна Богослова). Территориальная принадлежность Рая к Междуречью определена некоторыми топонимическими признаками: названия рек Фисон, Гихон, Хиддекель и Евфрат и земель Хавила, Куш и Ассирия [1, Быт. 2 (10-14)]. Однако, этого недостаточно для каких-либо утверждений. Можно предположить, что Рай в стране Едем был на территории Месопотамии, которая традиционно считается очагом древнейшей цивилизации. Интересен тот факт, что многочисленные предания различных народов также указывают на это местоположение [7].

Относительно размеров территории Рая существуют различные версии, и любая из них может быть правомерной, если она не противоречит библейскому описанию.

По мнению Иосифа Флавия, он простирался от Нила в Африке до Ганга в Индии [8]. Некоторые считают, что Рай был относительно невелик, поскольку был предназначен только для обитания Адама с Евой. Любая версия может быть правомерной, если она не противоречит библейскому описанию.

По некоторым контекстуальным сведениям можно судить о ландшафтном характере Райского сада. Краткое библейское описание говорит о богатстве флоры: «И произрастил Господь Бог из земли всякое дерево» («все виды деревьев», в англ. переводе это также «all kinds of beautiful trees»). Конкретно сказано, что в середине Рая росли «дерево жизни… и дерево познания добра и зла». Разнообразие фауны прослеживается из того, что Бог приводил к Адаму «всех животных» для наречения имени [1, Быт. 2 (9-12, 19)].

Упоминаний о каких-либо постройках в Райском саду не встречается. Из этого можно заключить, что там отсутствовали жилища, поскольку не было необходимости в них. А личное присутствие Бога даёт основание предполагать, что в Раю не было и святилища [1, Быт. 3 (8)].

В контексте некоторых библейских стихов проявляются планировочные особенности Райского сада: наличие границ, неких ворот и главного пешеходного пути («…Господь Бог из сада Едемского… изгнал Адама, и поставил на востоке… херувима…, чтобы охранять путь к древу жизни» [1, Быт. 3 (23, 24)]).

На основании выявленных признаков планировочной структуры Рая можно составить гипотетическое представление о нём как о первом месте обитания человека. План Райского сада, вероятно, был центричным, поскольку обозначена его середина. Возможно, это был правильный многоугольник (частный случай – квадрат или круг), что не противоречит библейскому описанию и соответствует архаичным восточным представлениям и суждениям ранних иранцев о прямоугольной конфигурации Рая [8]. Границами Райского сада могли быть или естественные преграды (горные хребты, непроходимые заросли и т.п.) или какое-либо нерукотворное ограждение. Название «парадиз», принятое во многих языках, происходит от греческого «сад, парк» и древнеиранского pairi-daeza – «отовсюду отгороженное место», что соответствует понятию цветущего огражденного сада, обособленного в окружающем пространстве. Через охраняемый вход с востока шёл путь к самому ценному объекту Райского сада – Дереву вечной жизни, занимавшему центральное положение [1, Быт. 3 (24)]. Можно предположить, что ворот могло быть как минимум шесть: кроме вышеупомянутых охраняемых ворот, это могли быть ещё и пять «водных» ворот, через которые втекала река из Едема и вытекали четыре её потока [1, Быт. 2 (10-14)]. При большой протяжённости ограждения обширной территории Рая, возможно, были ещё и другие «ворота», через которые Бог приводил к Адаму «всех животных», видимо, отовсюду [Быт. 2 (19)]. Очевидно, что главными были восточные ворота, поскольку именно они упоминаются в Библии, и именно через них пролегал путь к сакральному Дереву в центре Рая.

Райский сад, описанный в первой книге Библии как место обитания, по нашему мнению, несомненно, имеет градостроительные признаки: преднамеренность создания, специальное назначение для постоянного пребывания людей, обособленность территории, наличие ограждения, ворот, пешеходного пути, продуманное благоустройство с разнообразными видами ландшафта Авторская реконструкция гипотетической планировочной структуры Рая представлена на рис.

Стан Израильский описан в пяти книгах Ветхого Завета (Исход, Левит, Числа, Второзаконие, 1 Паралипоменон). В них встречаются различные подробные сведения об

особенностях кочевой жизни еврейского народа во время сорокалетнего пребывания в пустыне, и в том числе об основных элементах планировочной структуры стана [9].

Сначала Бог повелел пророку Моисею соорудить Скинию по образу, показанному ему на горе Синай [Исх. 38 (9-20), 40 (1)]. Затем Бог определил принципы формирования Стана Израильского. Посередине размещалась Скиния, ориентированная входом на восток [1, Чис. 3 (7, 23, 29, 35)]. А вокруг неё располагались станами двенадцать колен Израиля в строгом порядке по странам света: возле Скинии – левиты, «А с передней стороны… к востоку перед скиниею собрания должны ставить стан Моисей и Аарон…»; с востока – станы Иуды, Иссахара, Завулона, с юга – станы Рувима, Симеона, Гада, с запада – станы Ефрема, Манассии, Вениамина, с севера – станы Дана, Асира, Неффалима [1, Чис. 2 (1-32), 3 (38)]. Численность населения в Стане Израильском стала известна в результате переписи: приблизительно два с половиной миллиона человек (многие исследователи приводят такие цифры, в том числе проф. богословия А.П. Лопухин).

При таком количестве людей в стане он должен был иметь предельно компактную конфигурацию плана (круглую или многоугольную, возможно, близкую к квадрату со сторонами по странам света). Несомненно, его планировочная структура была упорядоченной, регулярной, чтобы обеспечить быструю дислокацию стана в установленном Богом порядке [1, Чис. 10 (13-28)].

На основании интерпретации сведений, выявленных в библейских текстах, можно составить гипотетическое представление о градостроительном образе Стана Израильского. В его структуре прослеживается чёткое функциональное зонирование. Условно можно выделить пять районов: Центральный, Восточный, Южный, Западный и Северный. Центральный «район» включал сакральный комплекс Скинии с её прямоугольным двором и площадью перед его входом в него с восточной стороны, что следует из контекста. Обширная жилая зона состояла из четырёх районов, расположенных строго по странам света, каждый из которых был разграничен как бы на три микрорайона соответственно численности населения родовых станов от 32,2 до 74,6 тыс. жителей. Шатры различной вместимости формировали застройку этого кочевого поселения («по числу душ, сколько у кого в шатре» [1, Исх. 16 (16)]). Логично предположить, что рациональные пешеходные связи жилых районов вели к главной площади, а также к выходам за пределы стана через ворота. Вероятно, были главные ворота, поскольку конкретно упоминается «вход в стан» [1, 1 Пар. 9 (19)]. Следовательно, главная планировочная и композиционная ось связывала центральную площадь с этими воротами и имела трассировку восток-запад соответственно ориентации Скинии. По периметру стана, вероятно, были посты охраны, размещённые в пределах видимости. Многократное упоминание ворот свидетельствует о наличии некого ограждения стана [1, Исх. 32 (26, 27) и др.]. За его пределами его территории находились жертвенники [1, Исх. 29 (14)], лепрозорий [1, Лев. 13 (46), Чис. 5 (2)], места для ежедневных гигиенических процедур [1, Лев. 16 (28), Вт. 23 (11-14)], возможно, и места содержания скота [1, Быт. 33 (17)]. Несомненно, эта зона была обособлена на некотором расстоянии от границ стана.

Таким образом, можно сделать вывод: Стан Израильский был поселением мобильного типа, систему организации которого предопределил Сам Бог: он имел упорядоченную центричную планировочную структуру, компактную конфигурацию плана правильной геометрической формы, ориентированной по сторонам света.

Авторская реконструкция гипотетической планировочной структуры Стана Израильского представлена на рис.

Новый Иерусалим, Иерусалим небесный – это образ аллегорический, который имеет духовный смысл: единение спасённых праведников с Господом Богом навечно в царстве Божьем. Этот Град Небесный, приготовленный Богом, описан в последней новозаветной книге Откровение Иоанна Богослова. «Он имеет… высокую стену,… двенадцать ворот… с востока трое ворот, с севера трое ворот, с юга трое ворот, с запада трое ворот… Город расположен четвероугольником, и длина его такая же, как и широта. И измерил он город тростью на двенадцать тысяч стадий; длина и широта и высота его равны. И стену измерил во сто сорок четыре локтя, мерою человеческою… Стена его… из ясписа, а город… чистое золото… Улица города – чистое золото, как прозрачное стекло. Храма же я не видел в нем; ибо Господь Бог Вседержитель – храм его, и Агнец.

Ворота его не будут запираться днём, а ночи там не будет… И показал мне чистую реку воды жизни… исходящую от престола Бога и Агнца. Среди улицы его, и по ту и по другую сторону реки, древо жизни» [1, Отк. 21 (12, 13, 16-18, 21, 22, 25), 22 (1, 2)]. Описание ворот Нового Иерусалима выявлено также и в книгах Ветхого Завета [1, Ис. 60 (14), Иез. 48 (31-35)], которое удивительным образом совпадает с новозаветным описанием.

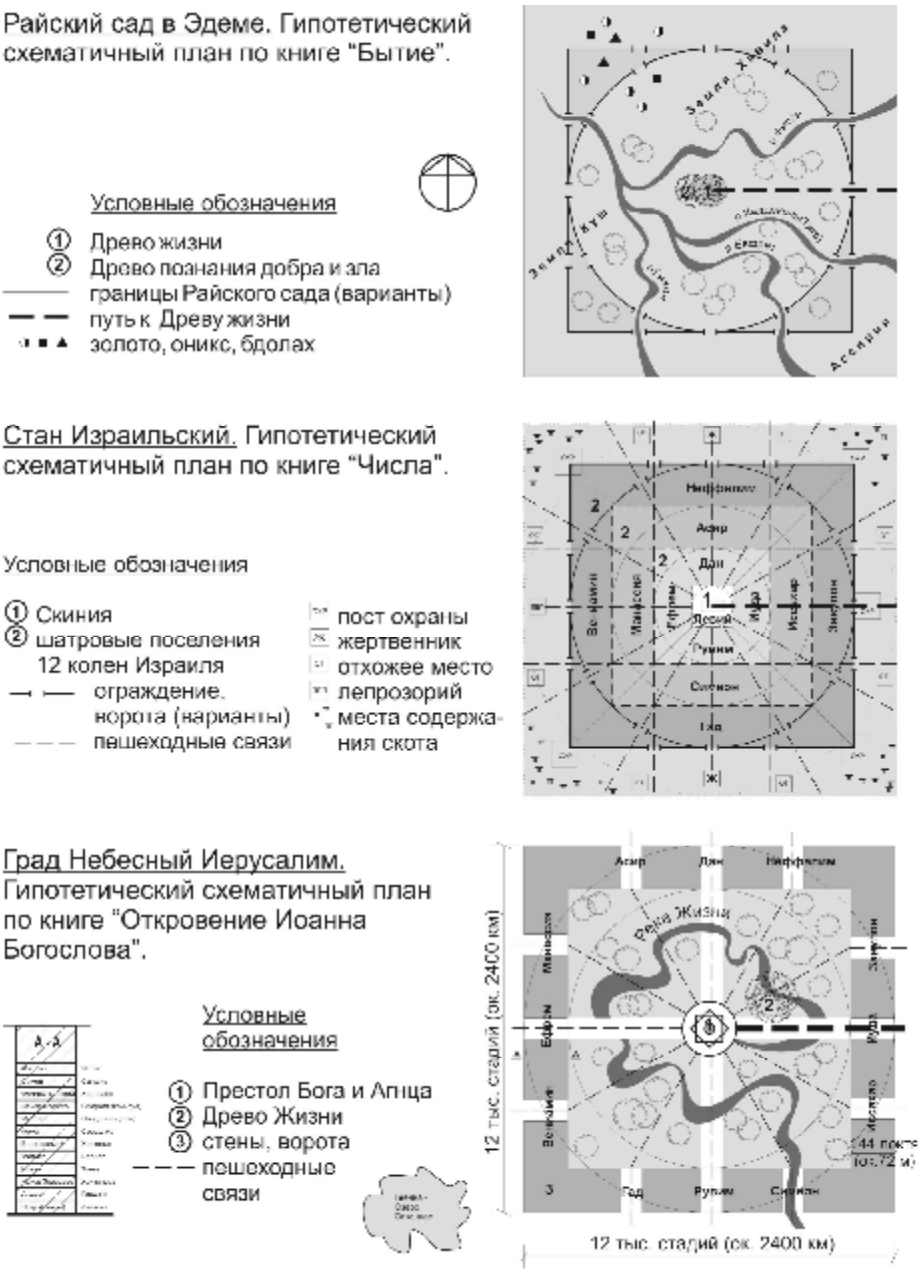


Рис. Идеальные места обитания, выявленные в библейских текстах:
Рай, Стан Израильский, Град Небесный Иерусалим (реконструкции Л.А. Балакиной)

Из приведенных цитат можно выявить следующие элементы городской структуры: 1) Престол Бога и Агнца, 2) городские стены из драгоценных камней с точным указанием их длины, ширины, высоты и квадратной конфигурации плана, а также ориентации по странам света, 3) двенадцать ворот из жемчуга, 4) улица, 5) река жизни, 6) древо жизни. Центральное место расположения Престола очевидно, хотя в текстах об этом прямо не сказано. Святилищем, несомненно, является Престол Божий, поскольку Иоанн пишет, что «храма… не видел в нём; ибо Господь Бог Вседержитель – храм его, и Агнец» [1, Отк. 21 (22)]. Пешеходных путей может быть как минимум двенадцать (по числу

ворот), и трассировка их очевидна: несомненно, все они ведут к Престолу. Поскольку упоминается только одна улица, да ещё она из чистого золота, то наиболее вероятно, что именно она является главной в иерархии путей пешеходной структуры. Логично предположить, что она ведет к Престолу от восточных ворот, через которые являются главным входом в Святой Град Небесный. Такая гипотеза основывается на том, что в Раю к Древу жизни вёл путь от восточных ворот (заметим, что вход в Иерусалимский храм также был через главные восточные ворота). Исток Реки Жизни может быть также с восточной стороны Престола, что косвенно прослеживается у пророка Иезекииля: «из-под порога храма течет вода на восток» [1, Иез. 47 (1)]. Об остальном можно только делать предположения: пока мы всё «видим как бы сквозь тусклое стекло, гадательно» и «тайное» ещё не стало «явным». Представление о Граде Божьем заведомо превышает возможности нашего воображения: «не видел того глаз, не слышало того ухо и не приходило то на сердце человеку, что приготовил Бог любящим Его» [1 Кор. 2 (9), 13 (12)]. Авторская реконструкция гипотетической планировочной структуры Небесного Иерусалима представлена на рис.

Теперь о рукотворных местах обитания человека. Во всех шестидесяти шести книгах Библии встречаются такие названия поселений как станы, деревни, сёла, города, а также контекстуальные и конкретные сведения о них. В тридцати шести книгах Ветхого Завета и в двадцати книгах Нового Завета упоминаются названия сотен городов.

Первым из перечисленных поселений, как ни странно, упоминается город, построенный Каином и названный Енох по имени его сына. Кроме местоположения «в земле Нод, на восток от Едема» [1, Быт. 4 (16-17)], никаких сведений о нём нет, и неясно, какой смысл вкладывается в понятие «город», сколько там было жителей, какие были жилища. Вероятнее всего, что городом названо место осёдлого проживания людей.

Далее после описания всемирного потопа встречается упоминание о восьми городах и связано это с внуком Ноя Нимродом: «Царство его вначале составляли: Вавилон, Эрех, Аккад и Халне, в земле Сеннаар. Из сей земли вышел Ассур и построил Ниневию, Реховоф-ир, Калах» и Ресен, «это город великий». [1, Быт. 10 (10-12)].

Вавилон впервые упоминается в связи с градостроительной деятельностью людей, когда они задумали построить «город и башню, высотою до небес» [1, Быт. 11 (3-9)]. Затем в текстах Ветхого и Нового Завета часто встречается название этого города в связи с другими библейскими событиями. Из контекстуальных сведений следует, что он был одним из богатейших городов мира, «краса царств, гордость халдеев» [1, Ис. 13 (19)]. У пророка Иеремии имеются некоторые градостроительные сведения об этом городе: «толстые стены Вавилона до основания будут разрушены и высокие ворота его будут сожжены огнём» [1, Иер. 51 (58)], и действительно, пророчество сбылось: теперь от него остались только руины. Геродот так описывал стены Вавилона: высота их достигала ста метров и ширина была около пятидесяти метров, по ним проезжали шесть колесниц в ряд. Эти городские стены в виде прямоугольника со сторонами свыше тридцати километров и с сотнями медных ворот были окружены рвами с водой. В древнем Вавилоне было множество дворцов и культовых построек. В Библии лишь контекстуально прослеживаются некоторые признаки его планировочной структуры, однако, историко-археологические сведения дают нам о ней более определённое представление.

Иерихон (Эрех), древнейший город на земле, известен из текстов своими мощными укрепленными городскими стенами с жилищами в них [1, Чис. 22 (1), И. Нав. 2 (15), 6 (19)]. Археологические раскопки под руководством Гарстанга (1930-1936 гг.) показали, что эти стены были двойными, толщиной 1,82 м и 3,65 м, и в междустенном пространстве шириной 4,57 м вполне могли размещаться жилища [10]. Но этих данных слишком мало, чтобы делать какие-либо предположения о его планировочной структуре.

Ниневия (Аль-Мосул), столица древней Ассирии, был город «… великий у Бога, …на три дня ходьбы»; в нём проживало «около ста двадцати тысяч человек, не умеющих отличить правой руки от левой» [1, Ион. 3 (3), 4 (11)]. Предположительно это говорится о малолетних детях, значит, его населяло около шестисот тысяч человек. Диодор Сицилийский предполагал, что площадь этого города была около ста квадратных километров. Размеры этого города, определённые археологом Лэйярдом при раскопках в 1847 г., вполне соответствуют таким данным. Археологи обнаружили также развалины

городских стен периметром около пятнадцати километров и высотой до тринадцати с половиной метров, а также дворцы Сеннахерима и Асардана, упоминаемые в Библии [1, 4 Цар. 19 (37)] [11].

Содом и Гоморра, крупные и богатые года, также известны нам из библейской истории. Градостроительная деятельность царя Соломона отмечена появлением городов Милло, Гацор, Мегиддо, Газер, Бефорон, Валааф, Фадмор [1, Быт. 14 (11), 3 Цар. 9 (15, 17, 18)].

Иерусалим – самый знаменитый из древнейших городов, и события его богатой истории прослеживаются по всем библейским повествованиям. Именно о нём встречается наибольшее количество сведений в виде подробных описаний и контекстуальных данных. Среди них присутствуют конкретные данные о таких неотъемлемых градостроительных атрибутах как городские стены, башни и ворота, крепости, храмовые и дворцовые комплексы, улицы и площади, дворы и сады и т.п., причём известны их названия и местоположение. В частности, царь Давид укрепил городские стены Иерусалима, возвёл капитальные здания и сооружения в нём, царь Соломон построил Храмовый комплекс, «кедровый дом» и другие дворцы, закончил сооружение стен города [1, 3 Цар. 6, 7]. В рамках настоящего исследования не представляется возможным привести все многочисленные сведения о постройках Иерусалима на протяжении его многовековой истории, которые присутствуют в библейских текстах и имеют историко-археологическое подтверждение. «Стена плача» (западная стена знаменитого храмового комплекса, разрушенного в 1 веке н.э.) и тоннель Езекии, ведущий в купель Силоам, обнаруженный в 1880 году, являются реальными библейскими артефактами в истории архитектуры и градостроительства. [1, 4 Цар. 20 (20), 2 Пар. 32 (30), Иоан. 9 (6, 7)].

И в новозаветных книгах встречается множество названий городов, сохранившихся доныне, например, Вифлеем, Назарет, Лахис, Иерихон, Мегиддо, Капернаум, Вифания (Эль-Азарийе), Самария (Себаста), Сидон, Дамаск, Афины, Коринф, Фессалоники и др., но какие-либо градостроительные сведения о них не выявлены.

Обобщая все библейские сведения о городах как результате градостроительной деятельности человека, можно сделать некоторые выводы. В текстах Библии имеются данные о таких неотъемлемых атрибутах города как укреплённые городские стены с воротами и башнями, улицы, площади, внутренние крепости, башни – именно этим они отличались от селений в полях и шатровых станов [1, Суд. 9 (46, 51), 1 Цар. 23 (7), 2 Пар. 14 (7), Пес. П. 3 (2)]. Выявлены также такие его типичные элементы как переулки, перекрёстки, дворы, жилые дома. Небольшие городские поселения (видимо, зависимые от крупных городов) не имели стен [1, Вт. 3 (5)]. О численности городов можно судить по некоторым контекстуальным сведениям, например, в Гиве жило семьсот отборных воинов [1, Суд. 20 (15)]. Можно предполагать, что при городских воротах были площади, поскольку там провозглашались указы, пророчества, производились суды, велась торговля [1, Вт. 25 (7), Ам. 5 (15), Пр. 1 (21)]. Следует отметить, что в контексте проявляются признаки функционального зонирования городов: размеры земельных наделов, плотность застройки, характер благоустройства территорий характеризуют классовое разделение жителей. Библейские контекстуальные сведения и многочисленные историко-археологические достоверные данные о дворцовых и храмовых комплексах подтверждают, что они были композиционными доминантами в городской застройке. Сохранившиеся руины библейских городов свидетельствуют о плотной застройке и своеобразной структуре кварталов, однако, какая-либо общая планировочная концепция не прослеживается.

Архитектурно-градостроительная интерпретация выявленных сведений о местах обитания и поселениях периода библейской истории даёт нам некоторое представление об их образах, о характерных типических элементах и композиционных особенностях их структур. Сведений о городах в Библии явно недостаточно для того, чтобы достоверно судить об их планировочной структуре в ретроспективе развития, поскольку в каждом сохранившемся историческом городе отражаются последствия различных перипетий жизни его обитателей, например, войны, стихийные бедствия и т.д. [12]. В библейских текстах понятие «город» как результат созидательной деятельности человека, как в физическом, так и в метафизическом смысле приоткрывается лишь отчасти.

Пространственная и планировочная организация таких мест обитания как Райский сад, Стан Израильский и Новый Иерусалим, определённая сакральным промышлением Бога-Творца, нашла символическое выражение ценностной иерархии в чётких геометрических градостроительных формах. В мировой культуре тема Небесного Иерусалима, как система древнейших сакральных смыслов, воплощённая в архитектурно-градостроительных образах, оказала заметное влияние на утопические идеи проектов «идеальных городов».

Список библиографических ссылок

1. Библия. Книги Священного Писания Ветхого и Нового Завета. Канонические (Бытие, Исход, Левит, Числа, Второзаконие, И. Навина, Судей, 1 Царств, 3 Царств, 4 Царств, 1 Паралипоменон, 2 Паралипоменон, Притчи, Песни Песней, Исайи, Иеремии, Иезекииля, Амоса, Ионы, Евангелие от Луки, Евангелие от Иоанна, 1 Коринфянам, 2 Коринфянам, Откровение). – М.: Рос. Библ. общество, 2001. – 925 с.; 292 с.
2. Нудельман Р. Б. Библейская археология. Научный подход к тайнам тысячелетий. – Краснодар: Неоглори, 2008. – 635 с.
3. Воробьёв С.Ю. Библия и история: Изд. Моск. Патриархии, 2011. – 312 с.
4. Савваитов П.И. Библейская герменевтика: православное учение о способе толкования священного Писания. – М.: Либроком, 2012. – 162 с.
5. Аванесов С.С. Аллегорическое и буквальное в герменевтике сакрального текста // Вестник Томского гос. ун-та, 2013, № 5 (25). – С. 55-60.
6. Балакина Л.А. Архитектура в библейских текстах: интерпретация сведений и систематизация выявленных построек и поселений (монография) Saarbrücken, Germany: Lambert Academic Pablishing, 2011. – С. 11-17, 138-152.
7. Лопухин А.П. История Ветхого и Нового Завета. – М.: Изд. Альфа-книга, 2016. – 1216 с.
8. Флавий Иосиф. Иудейские древности, кн. 1, ч. 2. – Ростов-на-Дону, 2000. – С. 10.
9. Балакина Л.А. Градостроительные аспекты мобильных поселений в библейских текстах. Европа-Азия. // Сб. XX-й МНК «Современные концепции научных исследований». – М.: Eurasian Union of Scientist, 2015. – С. 3-18.
10. Василиадис Н. Библия и археология. Пер. с новогреч. Сергиев Посад. Свято-Троицкая Сергиева Лавра, 2003. – С. 144.
11. Василиадис Н. Библия и археология. Пер. с новогреч. Сергиев Посад. Свято-Троицкая Сергиева Лавра, 2003. – С. 228, 229, 232.
12. Бондаренко И.А. Архитектурное единство городской среды: созвучия и диссонансы // ACADEMIA. Архитектура и строительство, 2014, № 3. – С. 77.

Balakina L.A. – candidate of architecture, associate professor
E-mail: bamila@list.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Architecture of the inhabited space: a biblical aspect

Resume

The interest to the Bible as to a unconventional source of scientific interpretations has increased now; researches of the Scripture texts with reference to various scientific areas including the history of architecture and urban planning are carried out. The purpose of this article is an attempt to comprehend the information about biblical settlements from exegetic positions.

Aside from spiritual meanings in the sacred texts, we found a variety of information about the elements of the urban environment. All biblical settlements can be classified on the principle of the authorship of creation: by the Lord God and by man.

The Lord God made habitats: Paradise, Israel camp, the New Jerusalem. In the Bible, there are some specific information and detailed descriptions on the basis of which it is possible

to define the principles of organization of the territory: it has signs centric geometrically regular planning system, which reflects the idea of the polar world order. The author's hypothetical graphic reconstructions are presented.

About ancient biblical cities, built by people (Jericho, Babylon, Jerusalem, Bethlehem and many others), there is only fragmentary and contextual information about the elements of the urban environment. Their planning concept is not clearly defined, although evidence of archaeological excavations and historical certificates exists.

The theme of the heavenly Jerusalem had a significant effect on the utopian projects of the «ideal» cities.

Keywords: Bible exegesis, the interpretation of information about places of habitats, hypothetical graphic reconstructions of the town plans.

Reference list

1. The Bible. Books of the Holy Scriptures of the Old and New Testament. Canonical (Genesis, Exodus, Leviticus, Numbers, Deuteronomy, J. Joshua, Judges, 1 Samuel, Kingdoms 3, 4 Kingdoms, 1 Chronicles, 2 Chronicles, Proverbs, Song of Solomon, Isaiah, Jeremiah, Ezekiel, Amos, Jonas, the Gospel of Luke, John, 1 Corinthians, 2 Corinthians, Revelation). – M.: Russian Bible Society, 2001. – 925 p.; 292 p.
2. Nudelman R.B. Biblical Archaeology. The scientific approach to the mysteries of the millennium. – Krasnodar: Neoglory, 2008. – 635 p.
3. Vorobyov S.Y. The Bible and history: Publ. Mosk. Patriarchy, 2011. – 312 p.
4. Savvaitov P.I. Biblical hermeneutics: Orthodox teaching about the way of interpretation of sacred Scripture. – M.: LIBROKOM, 2012. – 162 p.
5. Avanesov S.S. The allegorical and literal hermeneutics of the sacred text // Bulletin of the Tomsk gos. univer. 2013, № 5 (25). – P. 55-60.
6. Balakina L.A. Architecture in the biblical texts: the interpretation of information and systematization of the identified buildings and settlements (monograph) Saarbrücken, Germany: Lambert Academic Publishing, 2011. – P. 11-17, 138-152.
7. Lopuhin A.P. History of the Old and New Testament. – M.: Publ. Alfa-kniga, 2016. – 1216 p.
8. Flavius Josephus. Antiquities of the Jews, Book 1, Part 2. – Rostov-na-Donu, 2000. – P. 10.
9. Balakina L.A. Town planning aspects of mobile communities in the biblical texts. Europe and Asia. // Proceedings of the XXth ISC «Modern scientific research concept». – M.: Eurasian Union of Scientist, 2015. – P. 3-18.
10. Vasiliadis N. Bible and archeology. Translated from New Greek. Sergiev Posad. Svyato-Troitskaya Sergieva Lavra, 2003. – P. 144.
11. Vasiliadis N. Bible and archeology. Translated from New Greek. Sergiev Posad. Svyato-Troitskaya Sergieva Lavra, 2003. – P. 228, 229, 232.
12. Bondarenko I.A. The architectural unity of the urban environment: consonance and dissonance // ACADEMIA. Architecture and Construction, 2014, № 3. – P. 77.

УДК 334.021.1
Закиева Л.Ф. – аспирант
E-mail: zakievalily@gmail.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

Особенности формирования специализированных территориальных кластеров в крупногородских агломерациях

Аннотация

В статье рассмотрены особенности формирования и функционирования территориальных кластеров в сфере здравоохранения. Определены условия, необходимые для формирования и успешного функционирования кластеров. Разработана методика формирования кластеров и определен состав участников. Анализ зарубежного и отечественного опыта позволил обозначить основные тенденции и приоритетные направления функционирования медицинских кластеров. Изучена классификация кластеров. В качестве приоритетного направления обозначена необходимость формирования кластера в области биотехнологий и инноваций в медицине. Предложена типологическая модель биотехнологического кластера. Данная модель апробирована на территории Казанской агломерации.

Ключевые слова: система здравоохранения, кластерный подход, биотехнологический кластер, медицинские учреждения, конкурентоспособность региона

Кластерная форма организации предприятий считается важным фактором повышения конкурентоспособности региона. Конкурентоспособность региона в сфере здравоохранения повышается в результате создания медицинских кластеров. В качестве приоритетных целей функционирования кластеров определяются: повышение качества медицинской помощи, внедрение образовательной функции в сферу охраны здоровья, обеспечение фундаментальных и прикладных исследований в области медицины, развитие международного и межрегионального сотрудничества (ФЗ «О международном медицинском кластере и внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации»: постановление Правительства РФ от 29.06.2015 № 160).

Медицинские кластеры подразделяются на 3 крупные группы [1]:

– Кластеры медицинских услуг;
– Кластеры лекарственного обеспечения и медицинского оборудования;
– Кластеры биотехнологий и инноваций в медицине

Биотехнологические кластерs широко распространены в зарубежной практике [2] и направлены на развитие фармацевтики, медицинского оборудования и приборостроения, генерирование новых знаний и идей в области медицины, интегрирование науки в практику, разработку новых методов лечения и диагностики. Биотехнологические кластеры имеют широкий спектр участников, однако «основой развития медицинского кластера чаще всего становится комплексная структура, включающая представителей науки, медицинского образования, органов власти, практического здравоохранения и бизнеса» [3]. В Европе за продвижение и развитие кластеров отвечает созданная в 2006 году Европейская ассоциация биорегионов (CEBR), направленная на создание сети биотехнологических кластеров по всей Европе. Основные цели ассоциации: создание инфраструктуры для поддержки развития кластеров, разработка стратегий и рекомендаций развития, привлечение новых резидентов, способствование обмену опытом и знаниями между кластерами, формирования базы данных «лучших практик» [4]. В последние годы в России также начали возникать территориальные инновационные кластеры. На законодательном уровне принята «Концепция развития территориальных производственных кластеров в России», Министерством экономики разработаны «Методические рекомендации по реализации кластерной политики в субъектах РФ». Согласно документам, создание кластеров на территории РФ «является одним из условий

повышения конкурентоспособности отечественной экономики» (Распоряжение Правительства РФ от 17.11.2008 № 1662-р «О Концепции долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 года»).

Особенностью кластеров является тот факт, что кроме развития определенной отрасли, они предоставляют рабочие места для жителей региона. Для того чтобы оценить трудовые ресурсы и масштабы функционирования кластеров, были проанализированы медицинские, фармацевтические и биотехнологические кластеры в наиболее развитых странах.

Таблица

Основные показатели медицинских кластеров

Кластер, страна	Количество участников	Количество рабочих мест	Специализация кластера
Кластер «Лионбиополь», Лион, Франция.	180	67 000	Медицинские приборы и новые технологии, ветеринария, фармацевтика и диагностика.
Кластер «Medicen Paris Region», Париж, Франция.	195	90 000	Молекулярная медицина, биомедицинская визуализации.
Кластер «Генополис», Иври, Франция.	108	2 293	Геномные исследования, биотерапия, биофизика, биохимия, фармацевтика.
Медицинский кластер в Кобе, Япония.	200	7 100	Развитие индустрии здравоохранения при содействии промышленных и научных организаций
Кластер «BioValley», Базель, Швейцария.	550	65 000	Химическая, фармацевтическая и биотехнологическая промышленность
Кластер «Савой», Франция.	230	9 000	Разработки в области биофизики и возобновляемых источников энергии.
Кластер «MINATEC», Гренобль, Франция.	60	16 600	Нанотехнологии в области биологии и физики
Кластер фармацевтики, биотехнологий и биомедицины, Россия.	48	9110	Объединение фармацевтических и инновационно направленных предприятий для создания фармацевтической инфраструктуры всего региона
Кластер фармацевтики, медицинской техники и информационных технологий Томской области, Россия.	21	3 000	Биотехнология для медицины и сельского хозяйства, фармакология, промышленная биотехнология, защита окружающей среды.
Кластер медицинской, фармацевтической промышленности, радиационных технологий Санкт-Петербурга, Россия.	145	59 000	Ядерная медицина, программные технологии, фармацевтика, медицинское оборудование.

В исследовании наибольший интерес представляют биотехнологические территориальные кластеры, поэтому далее были рассмотрены наиболее успешно функционирующие примеры:

1. Биовин (BioWIN), Бельгия

Кластер Биовин фокусируется на изучении здоровья человека. Основная цель кластера – объединение всех заинтересованных в инновационном развитии региона Валлонии сторон и подготовка кадров в области биотехнологий в здравоохранении. Резидентами кластера являются 130 компаний (в том числе 5 мировых лидеров), 400 научно-исследовательских центров, 11 000 исследователей, 5 крупных университетов и несколько научно-исследовательских институтов. Данный кластер создает единую технологическую платформу для исследователей и производителей, обеспечивает площадку для сотрудничества различных учреждений и создает предпосылки для развития науки и производства в секторе здравоохранения.

2. Медиконовая долина, Дания / Швеция

Наличие территориальных и производственных ресурсов, концентрация крупных предприятий специализирующихся в области медицины, фармацевтических корпораций, ВУЗов явилось предпосылкой к формированию крупного кластера. Медиконовая долина является трансграничным образованием, так как размещена на территории двух стран – Дании и Швеции и считается одним из наиболее успешно функционирующих биотехнологических кластеров во всем мире. Структуру и инфраструктуру кластера образуют 350 компаний, работающих в сфере биотехнологий и производства медицинского оборудования, 50 сервисных компаний, 26 госпиталей [5]. Также резидентами кластера являются 12 университетов, 12 научных парков, в которых разработками занимаются 10 000 исследователей и 45 000 студентов. Кластер представляет собой синтез средних и малых предприятий с фирмами-гигантами. Медиконовая долина содействует развитию резидентов в результате поддержания связей с учреждениями, расположенными в соседних регионах и странах с целью повышения конкурентоспособности региона и создания рабочих мест. Результатом данного сотрудничества можно считать одно из лидирующих мест данного кластера в области здравоохранения и по количеству медицинских и фармакологических изобретений.

3. Медицинский кластер в Кобэ, Япония

Кластер сформирован в качестве базы по разработке инновационных медицинских технологий, направлен на развитие индустрии здравоохранения при содействии промышленных и научных организаций. В составе кластера функционируют 54 участника. По территориальной классификации кластер в Кобэ – локализованный.

4. «Исследовательский треугольник Северной Каролины», США

Научный парк, в который входят 170 фирм-участников. Общая площадь территории – 2830 га. Научный парк предоставляет 42000 рабочих мест. В исследовательском треугольнике ведутся разработки в области медицины, биотехнологий, нанотехнологий, фармацевтики, информационных технологий [6].

5. Кластер «Генополис» в Иври, Франция

Генополис является ведущим кластером в области генома и генетики. В состав кластера кроме профильных учреждений входят научно-исследовательские центры, университеты, малые и средние предприятия. Резидентами кластера являются 81 компания в области биотехнологий, 20 научно-исследовательских центров и лабораторий. Кластер направлен на финансирование научных исследований в области биотехнологий, содействие внедрению инноваций, увеличение количества предприятий задействованных в данном секторе.

6. Лионбиополь, Франция

Кластер, размещенный в регионе Лион-Гренобль, направленный на развитие приборостроения, фармацевтики, в том числе изобретение препаратов для борьбы с инфекционными и онкологическими заболеваниями. Резидентами кластера являются 197 компаний, в том числе 5 крупных производственных предприятия, 176 малых и средних фирм, 16 научно-исследовательских центров и 3 многопрофильные больницы. Основной целью функционирования кластера является стимулирование внедрения инноваций, поддержка развития малого и среднего бизнеса, проведение разработок и исследований на международном уровне.

Анализ зарубежного и отечественного опыта проектирования биотехнологических кластеров показал, что создание кластера в регионе – сложный процесс, который требует детального анализа сложившейся ситуации, изучения особенностей местности, выявления ресурсов территории. Выявлено, что для формирования кластера необходимо выполнение следующих условий:

– Наличие ярко выраженной отраслевой специализации в регионе;

– Наличие в регионе конкурентоспособных предприятий, которые способны стать ядром кластера;

– Территориальная локализация участников кластера;

– Конкурентоспособные качества региона (географические особенности, градообразующие предприятия);

– Разнообразный состав участников;

– Возможность создания устойчивых связей между субъектами;

– Наличие научной базы.

Медицинские кластеры не имеют сформированной модели территориального размещения. Состав участников, пропорциональное соотношение зон (производственной, научно- технической, образовательной) также не регламентируется и в каждом случае определяется в индивидуальном порядке с учетом особенностей размещения.

В статье предлагается типологическая модель биотехнологического кластера, которая была сформулирована в результате изучения зарубежного опыта проектирования кластеров.

Типологическая модель медицинского кластера представляет собой сложную структуру, состоящую из предприятий, обеспечивающих выполнение всего цикла процессов: начиная фундаментальных разработок и заканчивая внедрением разработки в реальную деятельность (рис. 1). Модель учитывает все необходимые структурные элементы кластера и направлена на обеспечение взаимосвязей между участниками, поддержание кооперации и конкуренции. Таким образом, в состав типологического медицинского кластера входят:

– **Ядро кластера:** согласно М. Портеру, именно от ядра начинают строиться вертикальные и горизонтальные цепочки взаимосвязанных с ним предприятий [7]. В медицинских кластерах ядром могут служить крупные многопрофильные стационары с большой коечной мощностью или медицинские ВУЗы. Только крупное и конкурентоспособное ядро сможет обеспечить эффективное развитие и функционирование кластера;

– **Отраслевые фирмы – участники:** в качестве фирм участников выступают вспомогательные медицинские учреждения, которые предоставляют лечебные, диагностические, профилактические услуги, оказывающие услуги всем категориям лиц: детям, взрослым, пожилым людям;

– **Научный блок:** в данный блок входят научно- исследовательские центры, лаборатории, опытные производства, академические и научные институты. Здесь может размещаться институт биомедицинских исследований и инноваций, центры трансляционной медицины. ВУЗы и научно- исследовательские центры, формируют научную базу кластера, создают человеческий капитал, который в будущем становится драйвером развития региона [8];

– **Образовательный блок:** для подготовки высококвалифицированных кадров в области медицины, в составе кластера необходимо размещение медицинского вуза, ссуза, центров повышения квалификации и учреждений непрерывного образования;

– **Производственные предприятия:** наличие производственных предприятий в составе кластера создает дополнительные места приложения труда и предоставляет возможность создания полного цикла медицинских услуг. При соблюдении санитарных правил, в составе кластера могут входить предприятия по производству медицинского оборудования, фармацевтических препаратов;

– **Управленческий блок:** данный блок представлен учреждениями министерства здравоохранения, государственными организациями и представителями городских и региональных структур. Данные учреждения направлены на поддержку деятельности кластера, регулирование и стимулирование оказываемых услуг, производство продукции;

– **Финансово-кредитные организации:** данные учреждения отвечают за финансовое и экономическое благополучие функционирования кластера;

– **Объекты обслуживания и коммерческой активности:** для полноценного функционирования кластера необходимо наличие объектов обслуживания: учреждений торговли, питания, сервиса. К объектам коммерческой активности относятся бизнес-центры, конгресс-холлы, площадки для обмена опытом и информацией.

– **Жилые зоны:** в составе кластера предусматривается жилье для резидентов кластера. Для родственников больных предусматривается временное жилье: гостиницы,

отели. Строительство жилья в составе кластера предоставит возможность избежать маятниковые миграции.

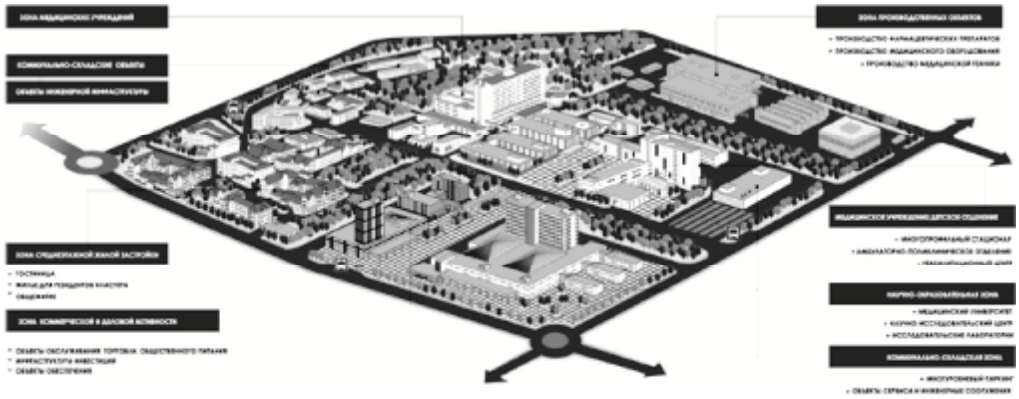


Рис. 1. Типологическая модель медицинского кластера

Предлагаемая модель носит рекомендательный характер и включает в себя элементы, необходимые для полноценного функционирования медицинского кластера. При применении данной модели относительно реальной местности, необходимо тщательно провести анализ сложившейся ситуации и внедрять только необходимые элементы.

Согласно Стратегии социально-экономического развития РТ до 2030 года, сохранение здоровья и продление долголетия жителей в результате развития высокотехнологичной медицины является стратегической целью. Для достижения данной цели предлагается создание на территории Республики межтерриториального многофункционального медико-реабилитационного кластера. В зависимости от функционального назначения кластера, определяется его расположение. Планируется, что в Казанской агломерации сформируется кластер, специализирующийся на оказании высокотехнологичной и инновационной медицинской помощи – то есть биотехнологический кластер. Наиболее оптимальной площадкой для размещения данного кластера, на наш взгляд, является территория Республиканской клинической больницы. Ядром кластера является Республиканская клиническая больница (включая детское отделение – ДРКБ). Согласно проекту в состав кластера внедряются консультативно-диагностический центр, центр вирусологии и иммунологии, а также центр восстановительного лечения, который в результате совместного функционирования со стационаром увеличит его пропускную способность.

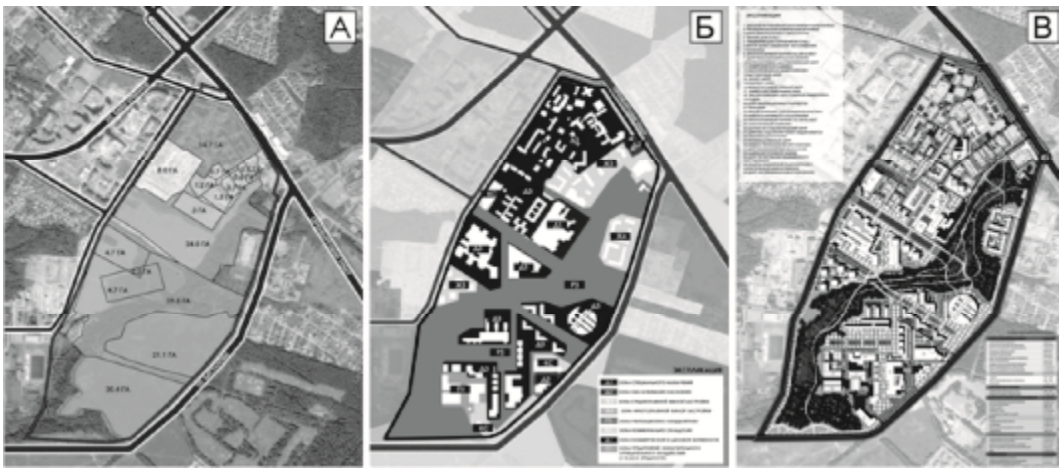


Рис. 2. А) Ситуационный план; Б) Схема градостроительного зонирования;
В) Мастер-план биотехнологического кластера
на базе Республиканской клинической больницы г. Казани

Научно-исследовательские центры, лаборатории, опытные бюро предоставляют возможность для исследований в сфере биологии, химии и физики. Таким образом, появится возможность для прорывов в области иммунологии, вирусологии, фармацевтики. Предлагается строительство центра экспериментальных разработок и Центра тестирования. Планируется развитие сферы имплантации, протезирования.

Особое внимание уделяется внедрению инноваций в научную деятельность, поэтому в составе кластера размещаются технополис, центр инновационных разработок.

В составе кластера размещено предприятие, направленное на производство экспериментальных медикаментов и фармацевтических препаратов, разработанных исследователями и учеными. Данное предприятие относится к V классу опасности и имеет санитарно-защитную зону 50 м.

Планируется строительство центров коллективного использования – учреждений, в которых на льготных условиях будет предоставляться помещение для исследований. Данные помещения оснащены всем необходимым оборудованием, в результате чего предоставляется возможность молодым ученым начать свой бизнес и сформировать «старт-ап».

Вопрос обеспеченности парковочными местами решается в результате строительства двух многоуровневых паркингов, а также подземного паркинга для многофункционального учреждения и наземных паркингов при крупных учреждениях. Всего требуется 2891 м/мест.

Для исключения транспортных издержек жилье для профессорско-преподавательского состава, студентов создается прямо на территории кластера. Также планируется строительство гостиниц и общежития для посетителей и родственников больных. На территории кластера формируется Центр коммерческой и деловой активности, включающий в себя бизнес-центры, выставочные залы, конгресс-холл, офисные помещения, для того чтобы происходил постоянный обмен опытом между специалистами разных регионов и стран, внедрялись передовые технологии, проводились конференции и международные выставки. В результате возникает платформа, где будет происходить постоянный обмен знаниями, мониторинг мировых тенденций и практик, непрерывный процесс обучения. Рекреационная территория в первую очередь необходима для пациентов, которые проходят лечение, а общественная зона предназначена для сотрудников, студентов, посетителей. Локализация всех необходимых объектов, специалистов и оборудования на единой территории, позволит сократить время диагностики и лечения. Интеграция медицины, науки, образования, реабилитации и производства поможет добиться синергетического эффекта в улучшении качества системы здравоохранения.

Выявлено, что формирование системы медицинских кластеров повышает эффективность и качество оказываемых медицинских услуг. Создание высокотехнологичных медицинских кластеров по всей территории РФ позволит сформировать мощную медицинскую платформу учреждений здравоохранения, в результате чего появится возможность развития в регионе медицинского туризма. Приток пациентов из разных стран вызовет мультипликативный эффект в сферах связанных с гостиничным, туристическим бизнесом, сферой питания и обслуживания. Формирование биотехнологического кластера на территории Казанской агломерации повысит конкурентоспособность региона в сфере в здравоохранения. Концентрация медицинского оборудования на локальной территории предоставит возможность совместного пользования для всех участников кластера, что позволит сократить расходы на закупку однотипного оборудования, материалов, фармпрепаратов для остальных учреждений. Локализация всех учреждений сократит транспортные, производственные издержки, за счет близости расположения поставщиков и потребителей. Научно-образовательные центры, функционирующие в составе кластера, станут центрами фундаментальной науки и прикладных исследований. Проводимые в кластерах разработки и открытия будут способствовать ускорению внедрения инноваций в деятельность медицинских организаций.

Список библиографических ссылок

1. Банин А.С. О формировании кластеров в системе здравоохранения региона // Управление общественными и экономическими системами, 2007, № 1. – С. 1-11.
2. Cooke P. Regional Innovation Systems: General Findings and Some New Evidence from Biotechnology Clusters // The Journal of Technology Transfer, 2002, № 1. – P. 133-145.
3. Захарова Е.Н., Ковалева И.П. Формирование медицинского кластера как направление интеграционного взаимодействия субъектов региональной

медицинской сферы // Вестник Адыгейского государственного университета, 2013, № 4. – С. 216-222.
4. Рекорд С.И. Развитие промышленно-инновационных кластеров в Европе: эволюция и современная дискуссия. – СПб.: Изд-во СПбГУЭФ, 2010. – 109 с.
5. Волошина А.Ю. Мегакластеры в пространстве глобальной экономики: сущность и виды // Вестник ВолГУ, 2014, № 2 (25). – С. 77-90.
6. Исследовательский треугольник Северной Каролины // sibai.ru: ежедн. интернет-изд. 2011. 25 марта. URL: http://www.sibai.ru/assets/media/Research-Triangle-Park.pdf (дата обращения: 02.06.2016).
7. Портер М. Конкуренция. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2000. – 610 с.
8. Гармидер А.А. Теоретические аспекты построения модели кластера в туристической сфере региона // Вестник Оренбургского государственного университета, 2015, № 4. – С. 250-256.

Zakieva L.F. – post-graduate student
E-mail: zakievalily@gmail.com
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043. Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

The features of formation of specialized regional clusters in large urban agglomerations

Resume

Cluster approach is one of the effective means of the region's economic development. The main strength of the cluster is its unique concentration of scientific institutions, clinics and business. For the full functioning of the cluster territorial, production, human resources, and the availability of educational centers are necessary as well as higher education institutions and research centers. This investigation describes characteristics of regional cluster formation in the health care system. The primary task of our work is to determine the conditions which are necessary for the formation and successful operation of clusters. For carrying out this task we made the analysis of foreign and domestic experience of cluster formation and as a result, we had identified the main trends and priorities of functioning of the medical cluster. Also, we studied the classification of medical clusters and identified the life science cluster as one of the most important trends of health care system. As a result, we suggest the method of cluster formation on the region's territory and determine the composition of participants. Finally, we suggest a typological model of life-science cluster. This model was tested on the territory of the Kazan agglomeration.

Keywords: health care system, the cluster approach, biotech cluster, medical facilities, the region's competitiveness.

Reference list

1. Banin A.S. On the formation of clusters in the region's health care system // Upravlenie obshchestvennymi i ekonomicheskimi sistemami, 2007, № 1. – P. 1-11.
2. Cooke P. Regional Innovation Systems General Findings and Some New Evidence from Biotechnology Clusters // The Journal of Technology Transfer, 2002, № 1. – P. 133-145.
3. Zaharova E.N., Kovaleva I.P. Formation of the medical cluster as the direction of integration interaction of the regional medical sphere subjects // Vestnik Adygejskogo gosudarstvennogo universiteta, 2013, № 4. – P. 216-222.
4. Rekord S.I. The development of industrial and innovation clusters in Europe: evolution and modern debate. – SPb.: Izd-vo SPbGUJEF, 2010. – 109 p.
5. Voloshina A.Ju. Mega clusters in the space of the global economy: the essence and the types // Vestnik VolGU, 2014, № 2 (25). – P. 77-90.
6. Research Triangle of North Carolina // sibai ru: the daily Internet-edition 2011. 25 march. URL http://www.sibai.ru/assets/media/Research-Triangle-Park.pdf (reference date: 02.06.2016).
7. Porter M. Konkurenciya. M.: Izdatelskij dom Vilyams, 2000. – 610 p.
8. Garmider A.A. Theoretical aspects of constructing a model of the cluster in the tourism sector in the region // Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta, 2015, № 4. – P. 250-256.

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

К вопросу градостроительного развития малого города

Аннотация

Статья посвящена проблемам современного развития малых городов, переживающих негативные последствия новой социально-экономической реальности. В настоящее время очевидна необходимость поиска путей повышения инвестиционной привлекательности малых городских образований, а соответственно и пересмотра задач их градостроительного формирования. На примере г. Вятские Поляны рассматриваются возможные пути преобразования функционально-планировочной структуры, направленные, как на сохранение, присущей малому городу, природной привлекательности, так и на раскрытые новых возможностей градостроительного развития.

Ключевые слова: малый город, структурная реорганизация, город-сад, ландшафтно-планировочный аспект, тактический урбанизм.

Процесс урбанизации, отмеченный ростом крупных агломераций, формированием мегаполисов обеспечивается растущим потоком миграций из деревень и малых городских поселений. Однако этот процесс не столь однозначно центростремителен. Малые городские поселения, сохраняющие особенности традиционной бытовой культуры, природную привлекательность, являются важным фактором, сдерживающим неконтролируемое разрастание мегаполисов, условием сохранения экологического равновесия систем расселения на региональном уровне.

Сложившееся в нашей стране многообразие системы малых городских поселений обусловлено различиями их исторического происхождения, базой градообразования, природными и культурными условиями развития. При всем разнообразии типов малых городов, они объединяются таким характерным признаком функционально-планировочной структуры как наличие аграрно-индустриального ландшафта. Последний указывает не столько на переходный статус малого городского образования от «села» к «городу», сколько на специфику бытовой культуры, социальных отношений и характер контактов с природной средой. Следует подчеркнуть, что малый город всегда обеспечивал широкий круг возможностей неконфликтного сосуществования города и природы, благодаря отсутствию крупных источников загрязнения среды, пешеходной доступности мест труда и обслуживания, близости природного пояса, и как правило, значительной площади, занятой индивидуальной застройкой, окруженной приусадебными участками [1].

В связи с этим, многие из имеющихся малых городских поселений отмечены признаками, связываемыми с представлениями о так называемых «городах-садах». Впервые высказанное Э. Говардом в конце 19 века представление о гармоничном, в широком смысле, расселении, получило в современной практике различные планировочные формы – от города-спутника, «зеленого города» до экопоселения и пр. При этом в концепции Э. Говарда система озеленения отнюдь не являлась главной целью, а использовалась как один из инструментов, направленных на устранение социального неравенства, нищеты и дисгармонии отношений природы и города.

Несмотря на то, что истинная цель «города-сада» не могла быть реализована в контексте, указанной выше социальной идеи, тема «зеленого города» не только не утратила актуальности в современных условиях, но продолжается в многочисленных поисках путей реализации идеи экологических поселений. Следует, однако, отметить, что как идея «города-сада», так и идея экополиса остается лишь девизом. Как отмечал В. Глазычев «экополис – не форма, не схема формы и даже не программа, его не создают, а

распознают в наличной урбанизированной территории. Это не какая-то новая цель, а новое отношение к градостроительной, к вообще архитектурной задаче» [2].

В условиях современных рыночных реформ многие отечественные малые города, будучи ориентированы на одно градообразующее предприятие, утратили прежний экономический потенциал развития, переживают отток социально активного населения, испытывают недостаток средств на развитие городской инфраструктуры. Очевидно, что необходим поиск новых ресурсов для развития малого города, опирающийся, прежде всего на имеющиеся возможности. В случае с «городами-садами» советского времени такими ресурсами развития может быть ориентация на экологическую, природную, эстетическую привлекательность места, дополненную историко-культурными, национальными, сакральными и прочими достопримечательностями [4, 6].

Примером, подтверждающим социально-экономическую уязвимость моногородов, явились Вятские Поляны в Кировской области, происходящие от основания ещё в конце 16 века Успенского Вятского монастыря. Городской статус В. Поляны обрели только в 1942 г. в связи с эвакуацией Загорского машиностроительного завода, что в дальнейшем определило весьма успешное развитие города. Об этом свидетельствует значительный рост народонаселения с 10600 в 1939 г. до 46000 в 1992 г., осуществление широкой программы жилищного и социального строительства, проведение благоустройства и озеленения общественных пространств города.

Рис. 1. Комплексная опорная схема г. Вятские Поляны

Однако экономические реформы 90-х гг. самым негативным образом изменили жизнь города – население сократилось почти на треть до 33338 чел., уровень жизни упал, и все меры последних лет по диверсификации градообразующего предприятия пока не принесли необходимого результата. Проведенный комплексный анализ современного состояния инфраструктуры обслуживания города продемонстрировал отсутствие какой-либо динамики в развитии, система объектов общественного обслуживания, транспорта, озеленения осталась на уровне потребностей прошлого времени (рис. 1).[1] В ряду выявленных проблем необходимо отметить следующее:

1. Объекты общественного обслуживания распределены неравномерно и сосредоточены главным образом вдоль центральной улицы, являющейся основной

[1]Проектное предложение представлено в дипломном проекте Гоманьковой О. «Архитектурно-планировочная реорганизация центральной части г. В. Поляны», 2016 г.

планировочной осью, связывающей жилые кварталы и главное производственное предприятие. При этом, в обширной зоне малоэтажной индивидуальной застройки, занимающей более половины жилой территории объекты общественного обслуживания практически отсутствуют.

2. Недостаточно продумана система внутригородского общественного транспорта, которая не рассчитана на охват, как периферийных жилых кварталов, так и общественных узлов, размещенных вне центральной зоны. Важная для малого города система пешеходных связей не дифференцирована и не акцентирует основные пешеходные направления, благоустройство коммуникаций морально и физически устарело.

3. Сохраняется достаточно высокий уровень озеленения Вятских Полян, отражающий прежний статус «города-сада», благодаря близости природного окружения, значительному проценту жилой застройки с приусадебными участками и частично сохранившемуся благоустройству центральной части города, выполненному в Советское время.

Наряду с этим, анализ выявил ряд исторически сложившихся и новых объектов, которые в настоящем становятся дополнительными источниками развития городской инфраструктуры, связанных с местным туризмом и рекреационным обслуживанием. Это объекты культового назначения (Никольский собор, Рождественский мужской монастырь, Христорождественский Богородичный монастырь, комплекс мечети), сооружения, связанные с историей города (исторический музей, дом-музей конструктора Г.С. Шпагина, музей шляп и пр.), рекреационно-лечебные объекты (конеферма, святые источники, прибрежная зона реки Вятка). Расположенные, главным образом, на периферии города, данные объекты планировочно слабо связаны с центральной частью и не обеспечены сопутствующей инфраструктурой обслуживания.

Рис. 2. Генплан центральной части г. Вятские Поляны, проектное предложение

Очевидно, что необходимость решения отмеченных выше проблем, а также выявленные черты складывающейся полифункциональности города должны вызвать соответствующие преобразования планировочной структуры городского центра. В связи с этим было разработано проектное предложение, по функционально-планировочной реорганизации центральной части г. Вятские Поляны, на основе комплексного подхода по развитию транспорта, общественного обслуживания и зеленой системы (рис. 2). Предложение основано, как на учете необходимых инфраструктурных изменений, так и

на основе сохранения и развития сложившегося статуса «города-сада», и предусматривает следующее:

1. Преобразование ординарного «линейного» общественного центра города в пространственно более развитую «сетчатую» систему путем подключения объектов и комплексов, отражающих появление новых точек развития города. Предлагаемая планировочная структура центра формируется путем выделения укрупненной сетки кварталов, образуемой на фоне недифференцированной системы сложившейся застройки. Периферийно расположенные туристические, рекреационные и паломнические объекты, включаемые в структуру нового центра, не только расширяют территориальные границы центральной зоны города, но будут способствовать развитию сопутствующего обслуживания – объектов торговли, общественного питания, культуры, транспорта и пр.

2. Обеспечение «связности» предлагаемой пространственно развитой схемы нового центра путем внедрения внутригородского общественного транспорта и дифференциации городских коммуникаций с выделением направлений преобладающего пешеходного движения. Пешеходные направления предлагается сохранить в качестве основного вида мобильности, соответствующего типу «города-сада» и проложить с учетом обеспечения наиболее коротких и комфортных связей между значимыми объектами городского центра.

3. Акцентирование новых и сложившихся общественных пространств – площадей, пешеходных связей, парков, садов, микросадов и прочим благоустройством и озеленением, отвечающим современным тенденциям ландшафтного дизайна, при условии сохранения особенностей местной культуры, масштаба малого города и природного колорита. Зеленая инфраструктура центра включает создание развитой системы линейного озеленения – бульваров и улиц с комфортными зонами для пешеходов, а также благоустройство «входных узлов» в окружающий водно-зеленый пояс города – набережную р. Вятки и лесные массивы.

Благодаря учету взаимосвязи различных факторов, перечисленных выше, объединенных в единую систему, получена новая модель формирования центра города, отличающаяся большей сложностью по структуре функционально-планировочной организации, акцентирующая идею создания полноценной среды обитания в малом городе. Представленное предложение по реорганизации планировочной структуры центральной части Вятских Полян, ориентирующееся на принцип устойчивого развития, не ограничивается сохранением преимуществ, связанных с близостью привлекательного природного окружения, но направлено на обеспечение возможности выбора интересной работы, разнообразие культурного и бытового обслуживания, обеспечение комфортных внутригородских сообщений и надежной связи с центром агломерации.

В мировой практике все большую актуальность приобретает направление, так называемого «тактического урбанизма». Под тактикой понимают маломасштабные действия, необходимые для реализации более крупных целей. Переводя на язык градопланирования, тактический урбанизм это подход к развитию и реорганизации урбанизированных поселений, используя краткосрочные, малобюджетные и сомасштабные стратегии и политику, с вовлечением широкого спектра социально активных слоев горожан и руководителей разных уровней. Подобный подход создает условия к более гибким преобразованиям городских пространств, как новых, так и существующих, где объектами ТУ становятся «огромные резервуары пространств еще не тронутых воображением» [7].

Список библиографических ссылок

1. Глазычев В.Л. Урбанистика. – М.: Изд-во «Европа», 2008. – 220 с.
2. Глазычев В.Л. От города-сада к экополису.–Архитектура СССР, 1984, № 4. – С. 47-49.
3. Трубина Е.Г. Город в теории: опыты осмысления пространства. – М., 2011. – 250 с.
4. Исмагилова С.Х., Залетова Е.А., Головкина Л.О. Влияние ландшафтно-планировочного фактора на реорганизацию городской структуры. // Известия КГАСУ, 2015, № 3 (33). – С. 45-50.
5. Нефедов В.А. Ландшафтный дизайн и устойчивость среды. – СПб., 2002. – 295 с.
6. David Bell. Small Cities: urban experience beyond the metropolis. – Routledge, 2006. – 201 p.
7. Mike Lydon & Anthony Garcia. Tactical urbanism: Island Press, 2015. – 255 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
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

To the question of urban development of a small town

Resume

Arguing with the city, it is necessary to overcome bias concerning small settlements. To remain «small» doesn't mean stagnation or lack of ambitions at all. Considering the concept of sustainable development of the urban environment as the complex development strategy, smaller cities can become the experimental platform for the working of the methods of its realization, both in social, and in landscape/planning aspects.

The main problem touched in the article concerns opportunities of new ways of development of the small cities in Post-Soviet time, on the example of the town Vyatka Glades. The offers on the structural transformation of buildings of the downtown area which have appeared in the design decision, first of all develop pedestrian availability of new points of an attraction of the town, offer a more ordered model of the transport movement, and also represent a wide range of methods of gardening and improvement within the designed territory. In the project we received new, structurally more complex model of the planning organization of the downtown, interconnected by various factors in uniform system, with the hierarchy of system of communications and public knots, accenting the idea of creation of the comfortable environment with the continuous planted trees and shrubs and well-designed pedestrian communications.

Keywords: small city, structural reorganization, garden city, landscape planning aspect, tactical urbanism.

Reference list

1. Glazuchev V.L. Urbanistica. – M.: Europe, 2008. – 220 p.
2. Glazuchev V.L. From Garden City to Ecopolice. // Architecture USSR, 1984, № 4. – P. 47-49.
3. Trubina E.G. City in theory. – M., 2011. – 250 p.
4. Ismagilova S.H., Zaletova E.A., Golovkina L.O. Influence of landscape planning factor on reorganization of the city structure. // Izvestiya KGASU, 2015, № 3 (33). – P. 45-50.
5. Nefedov V.A. Landscape design and environment sustainability. – SPb., 2002. – 295 p.
6. David Bell. Small Cities: urban experience beyond the metropolis. – Routledge, 2006. – 201 p.
7. Mike Lydon & Anthony Garcia. Tactical urbanism. – Island Press, 2015. – 255 p.
8. Lesley Bain. Living streets: strategies for crafting public space. – Wiley, 2012. – 316 p.

УДК 725.949
Краснобаев И.В. – кандидат архитектуры
E-mail: tia.kgasu@gmail.com
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1
Федорович А.В. – архитектор
E-mail: anyafedorovich@mail.ru
ООО «Архитектурный десант»
Адрес организации: 420111, Россия, г. Казань, ул. Баумана, д. 19, оф. 301

Современные тенденции гуманизации общественных пространств городов

Аннотация

В настоящей статье, резюмирующей магистерскую диссертацию выпускника КГАСУ 2014 года, рассмотрена актуальная проблема повышения качества жизни в городах через развитие общественных пространств. Обоснована перспективность развития общественных пространств, выявлена теоретическая база, собран передовой мировой и отечественный опыт, выделены современные системы мер, уровни и тенденции гуманизации общественных пространств городов, в том числе Казани.

Ключевые слова: общественные пространства, благоустройство, малые архитектурные формы, гуманизация, площади, парки, скверы, бульвары, набережные.

Современная градостроительная парадигма изменила вектор развития в сторону «города для человека». Мы живем в мире постоянно ускоряющейся урбанизации – по прогнозам ООН к 2030 году в городах будут проживать около 80 % жителей Земли. В связи с этим процветание крупного города во многом зависит от его способности удержать и привлечь образованных и творческих людей. Конкурентоспособность городов растет с развитием социальной инфраструктуры и увеличением комфорта жизни, которая напрямую зависит от состояния общественных пространств (далее ОП).

ОП необходимо рассматривать как генератор обновлений. Опыт последних 20 лет продемонстрировал закономерность – появление нового общественного пространства, ничтожного в соотношении с общей территорией города (0,01 %), способно менять имидж города. Москва переживает бум создания парков и благоустройства ОП. Существовавшие до этого 6 км пешеходных пространств в 2013 году увеличились на 57 км, как никогда за всю историю города. Известность и признание получили городские инициативы по благоустройству пешеходных улиц и набережных, масштабная реконструкция Парка Горького, ВДНХ, конкурс на реконструкцию парка «Зарядье». В последние два года столичный опыт успешно приходит в Татарстан в виде благоустройства скверов, парков и набережных Казани и других городов Республики.

Теоретики уделяют много внимания изучению подходов к организации комфортных ОП, выработке методик по анализу и оценке качества среды. Два года Московский урбанистический форум был посвящен теме организации ОП. ОП становятся главной темой ведущих архитектурных периодических изданий (Проект Россия № 69 – тема «Парки»; Проект Байкал № 35 – тема «Общественные пространства»; Проект international № 32 – тема «Общественные пространства для детей» и др.). Увеличивается число научных работ, тема интересна не только для архитекторов и градостроителей, но имеет междисциплинарный характер, охватывая социологию, философию, политику, экономику, национальную культуру, искусство, экологию и т.д. В московском институте архитектуры, медиа и дизайна «Стрелка» изучению общественных пространств был посвящен отдельный блок исследований. В Санкт-Петербурге тематику ОП разрабатывает открытая лаборатория «Город». В Казани в октябре 2016 года прошел резонансный международный форум «Среда для жизни», который возможно положит начало систематической практике создания ОП в Татарстане. За рубежом теоретическими и прикладными исследованиями в области организации комфортных общественных пространств занимаются в рамках проектов The City 2.0 и Humancities (Великобритания),

Happycity (США), урбанистическая лаборатория BMW Guggenheim Lab (США), компания Gehl Architects (Нидерланды) и др.

В исследовании под ОП понимают свободное от транспорта городское пространство, к которому имеют доступ все люди, место социальной активности граждан. ОП как многосценарные пространства используются для целенаправленного перемещения из одного места в другое, прогулки, работы, проведения переговоров и встреч, различных форм проведения досуга, отдыха, занятия спортом, детских игр, уличных развлечений и других городских активностей. Это «третье место», где жители проводят время между работой и домом. Современные ОП рассматриваются как территория, на которой происходит формирование и реализация городских сообществ [8]. Во время нахождения в ОП люди разных социальных слоев, возрастов, национальностей и интересов осознают наличие друг друга и вступают во взаимодействие. В ОП формируется и воспроизводится городская культура, складываются и проявляются национальные и ментальные особенности культурной жизни города. Участие в одних и тех же мероприятиях, проведение досуга в одних и тех же местах позволяют в значительной степени сгладить противоречия и размыть границу между разными группами, создать условия для общения, невозможного в другой ситуации, и снизить вероятность возникновения конфликтов. И в конечном итоге – позволяют горожанам осознать себя как часть единой сложной городской общности, то есть почувствовать себя гражданами своего города.

Современное отношение к ОП, как к ключевому элементу «города для жизни» в противовес индустриальному «городу для деятельности», формировалось в течение XX века. С 1930-го по 1970 год ОП в мире почти не развивались, большое внимание было обращено на развитие транспорта. В большинстве европейских стран не только не создавались новые площади, но и старые постепенно приходили в упадок – часть из них превратилась в транспортные развязки или места парковок. С другой стороны доминировала задача восстановления жилого фонда и промышленности после Второй мировой войны. В эпоху массового благоустройства, одно из самых тонких и гуманных искусств превратилось лишь в одну из отраслей ЖКХ [10, с. 95]. Можно считать, что теория города удобного для человека началась в 1961 году с книги Джейн Джейкобс «Смерть и жизнь больших американских городов» [3], где впервые были сформулированы аргументы против городского планирования, руководствующегося абстрактными идеями и игнорирующего повседневную жизнь горожан. С конца 80-х гг. ОП становятся объектом повышенного внимания со стороны градостроителей, социологов и общества в целом. Возникают специализированные государственные и общественные организации, такие как Commission for Architecture in the Built Environment (CABE) в Великобритании или Project for Public Spaces (PPS) в США, способствующих развитию и восстановлению ОП. Идеи Джейкобс продолжил урбанист Ян Гейл в своих концепциях «города для человека», что стало приоритетной стратегией современных западных городов.

В СССР с 1950-х годов внимание к ОП было ориентировано на проектирование крупных и помпезных площадей и проспектов, как пространств демонстрации политической силы и власти. В постсоветский период ОП сокращались и фрагментировались, появлялись пространства ограниченного использования. Отчасти, из-за этого город потерял очень много ОП в последние 20 лет [12, с. 16]. В начале XXI века проблему острой нехватки ОП удовлетворяющего качества в российских городах стали решать торговые центры, которые «заменили городской центр и главную улицу» [15, с. 11], поскольку в них можно наблюдать все виды активности, типичные для публичных мест. Торговый центр создает иллюзию ОП, аналог города в городе, избавленный от природно-климатических и социальных рисков. Торговые центры, особенно в новых районах, занимают нишу удобного, безопасного и интересного пространства для пребывания и досуга [5].

В предпочтении уличным ОП пространств торговых центров играет роль и недооценка экономической ценности ОП. В свое время Центральный парк Нью-Йорка возник и сохранился только потому, что один из самых богатых людей за свои деньги купил кусок городской земли и запретил на ней что-либо строить [2]. Тем не менее, ОП необходимо рассматривать как инкубаторы новых идей и предприятий, это естественная

экономическая среда для бизнеса и некоммерческих организаций. Правильным образом спроектированные улицы генерируют больше прибыли для бизнеса и обеспечивают более высокую стоимость недвижимости для квартировладельцев. Создание пешеходных зон напрямую влияет на экономический рост города и создание комфортной среды для бизнеса, при развитии ОП увеличивается число гуляющих, а значит, растёт поток посетителей в кафе, ресторанов и магазинов. По данным бюро Stockley, в ряде районов Манчестера и Лондона, где успешно реализованы проекты регенерации, развитие существующих и создание новых общественных пространств привело к подорожанию земли на 5 % и росту оборота розничной торговли на 40 %. Это послужило увеличению налоговых поступлений в муниципальные бюджеты, а местные жители стали выше оценивать безопасность и комфорт проживания в указанных районах [9, с. 34-35]. Создание парка Хай-Лайн (High Line) на бывшей железнодорожной эстакаде сильно повлияло на весь район – еще до открытия его первой части здесь стали планировать 30 девелоперских проектов разного масштаба. Если раньше здания отгораживались от эстакады глухими стенами, то теперь они поворачиваются к ней окнами и витражами. Потратив 153 миллиона долларов на создание парка, город сгенерировал около двух миллиардов на новом строительстве [10, с. 103].

Созданию или реконструкции ОП предшествует оценка существующего состояния ОП. Показателями качества ОП по В.А.Нефедову являются: жизнеспособность, осмысленность, соответствие, доступность, эффективность ландшафтных пространств. ОП создаётся для человека, идущего пешком, ОП должно иметь «управляющего», который несет ответственность за состояние территории; ОП должно иметь высокий уровень озеленения и быть экологичным. Исследование ландшафта ОП по Нефедову основано на оценке качества и количества зеленых насаждений, типов мощения и характера использования, анализа уровня инсоляции и освещенность в разное время суток [11, с. 48]. К. Линч предлагает исследовать ОП с помощью ментальных карт как средства комплексной оценки социальной значимости ОП для горожан. По его мнению, социальная значимость элементов ОП играет большую роль в его образном представлении. Она включает значимость «духа места» прошлого и настоящего, память о событиях и людях, и отношение к сохранившимся в городе памятникам культуры, архитектуры. Эта оценка активно участвует в формировании общего представления о городе. По мнению Линча насыщенность ОП социально значимыми местами вызывает чувства гордости, уважения и патриотизма. К. Линч с помощью социальных исследований выявил основные элементы городской среды, такие как: граница, район, путь, ориентир, узел [6]. В.Л. Глазычев предлагает анализировать город через городские аномалии – положительные (зеленые палисадники во дворе, городские инициативы) и отрицательные (ямы, мусор, разрушенные здания). Анализироваться может визуальная культура среды – все формальные и неформальные надписи, вывески, афиши, граффити. По качеству и состоянию городской мебели, столбов и афишных тумб можно многое сказать о городских ОП, какие места активно используются, а какие нет. Каковы сценарии и функции общественных пространств, есть ли уличные кафе и насколько они популярны. Качество и состояние ОП показывает уровень культурной жизни в городе, какие в городе есть активности, уровень развития общественных пространств показывает отношение власти к горожанам, есть ли между ними диалог. Рамки исследования могут быть самыми разнообразными: анализ запахов, отношение к животным в городе (наличие парков для выгула собак, зоомагазинов), отношение властей к бездомным и, соответственно, их количество на улицах города. К интересным выводам можно прийти, используя сочетания нескольких рамок при анализе [2, с. 181]. Ян Гейл основывает свою методику разработки ОП на внимании к пользователю ОП, предлагая двигаться от сценариев использования пространств к форме и содержанию. Перед началом исследования формулируются рекомендации согласно контексту местности, исследуются потребности и желания основных посетителей ОП, ищется ответ на вопрос – какое эмоционально-психологическое воздействие среды соответствует данному месту? Оценивается качество визуального восприятия среды, сомасштабность среды человеку, психологический комфорт и гармоничность среды, позитивное восприятие места, наличие мест отдыха, безопасность пешеходов, удовольствие от места. В ходе натурного

количественного и качественного анализа подсчитывается количество пешеходов летом и зимой, утром и вечером, их гендерный и возрастной состав, фиксируются виды деятельности в ОП, оценивается безопасность и свобода для пешехода, количество припаркованных машин, наличие препятствий на пути, количество мест для отдыха, наличие зеленых насаждений [1, с. 29-32].

На этапе проектирования ОП можно выделить три группы мер по степени комплексности – стратегическая (общегородская), проектная (акупунктурная) и инициативная (партизанская) гуманизация.

К общим принципам стратегической гуманизации можно отнести систематичную и последовательную работу экспертов со вниманием к мнению жителей, как конечных потребителей; сочетание знаковых проектов и «проектов на каждый день», внимание к небольшим зонам, поддержка инициатив «снизу», опора на конкурсное проектирование и на мнения сообщества заинтересованных людей; участие пользователей, предотвращающее вандализм и изменяющее отношение к властям; принцип долгосрочного (на три поколения вперед) планирования; использование государственно-частных партнерств. Примеры успешной стратегической гуманизации городов мира раскрывают и дополняют эти принципы.

Первым здесь можно назвать Копенгаген, в наследство от эпохи модернизма которому досталось мертвое кольцо промышленных зданий, немногочисленные зеленые зоны и разрушенная инфраструктура. В результате реализации стратегической программы гуманизации города, начатой в 1960-х годах, около 80 % движения в центре города – пешеходное, а город несет звание «лучшего города для жизни». Начало процесса было положено устройством торговой пешеходной улицы Строгет длиной более километра, что, казалось, противоречило скандинавским традициям. Следующим пунктом стратегии являлось развитие велосипедного движения, которые за последние 25 лет возросло на 65 %. 70 % велосипедистов продолжают ездить и зимой. Зимой вначале чистят велодорожки, после автомобильные полосы. При реконструкции дорог предпочтение отдается велодорожкам. Работа по сокращению числа парковочных мест в пользу велодорожек в центре продолжалась 30 лет, каждый год парковки сокращались на 2-3 %, что было незаметно для пользователей. Безопасное передвижение велосипедистов обеспечивает то, что дорожки всегда находятся рядом с тротуаром, а припаркованные машины защищают от дороги. Копенгаген без преувеличения можно назвать «велосипедной столицей мира» [1, с. 73-78]. Стратегия «лучшего города для жизни» предусматривает активную культурную жизнь – постоянную сетку мероприятий и активностей для горожан на открытом воздухе. За 27 лет количество людей, которые участвуют в мероприятиях в ОП, увеличилось в 3,5 раза. Площадь территории города, свободной от автомобилей, за это время также увеличилась в 3,5 раза [7, с. 162-167].

Стратегия создания комфортного для пешеходов города была большим вызовом для такого урбанизированного мегаполиса, как Нью-Йорк. Департамент транспорта города в 2008 году принял новую стратегию развития Sustainable Streets, главной целью которой выделить больше места для автобусов, велосипедов и пешеходов [9, с. 34]. Стратегия придерживается принципа, что можно быстро и дешево изменить уличное пространство. Реконструкция Бродвея на Таймс-сквер мгновенно принесла пользу городу и стала очень популярной. Позднее было создано более 50 пешеходных площадей во всех пяти районах города. С 2007 по 2013 год было проложено 563 км велодорожек, как и в Копенгагене, защищённых от проезжей части автомобильной парковкой. Развита типология уличной мебели – столики, на которых можно поработать на ноутбуке, скамейки с цветочными кашпо, передвижные стулья. Перед реорганизацией Бродвея жители Нью-Йорка подвергли острой критике вариант с покупкой переносных стульев, опасаясь за их сохранность и востребованность, но после реализации проекта стулья стали брендом города, олицетворением свободы и внимательного отношения к желаниям горожан. При низкой стоимости (стул стоит 11$) они значительно увеличивают комфорт пребывания в ОП. В 2009 году выпущено, а в 2013 переиздано с учетом комментариев, «Руководство по проектированию улиц» [16], описывающее дизайн улиц, требования к велосипедным дорожкам, процесс проектирования и согласования, профили улиц, использование материалов, уличное освещение и мебель. Например, предусматривается

использование четырех видов материалов: стандартные, особенные, исторические и экспериментальные, каждый из которых предполагает свой процесс согласований. Использование временных построек для быстрой реализации проектов позволяет создать общественное мнение и получить продуктивную реакцию. Во многих городах США начали пошагово подходить к крупномасштабным проектам по перепланировке, используя временные решения в начале и заменяя их постоянными конструкциями после успешной проверки. Активно применяется программа временных ОП – «Летние улицы», по которой летом на три субботы перекрывается движение на одиннадцати километрах дорог на Манхэттене, чтобы ньюйоркцы могли заняться йогой, поучиться танцевать или просто погулять без машин [14, с. 158-177].

Стратегическое развитие ОП Москвы началось в 2012 году с совместного исследования бюро Gehl Architects и института «Стрелка», продолженного серией реализаций, самой значительной из которых стал проект реконструкции Парка Горького. Был учрежден МосГорПарк – ведомство и проектно-исследовательский институт, занимающиеся исследованием, разработкой и популяризацией проектных решений для повышения комфорта ОП Москвы [12, с. 108-118]. В 2013 году построено 1189 велопарковок, 75 станций велопроката, услугами которых воспользовались 46 тысяч горожан. Реализуется сужение автомобильных дорог в центре для прокладки велодорожек [10, с. 97-108]. Стратегию по развитию городской среды активно поддерживают местные жители. По данным социологов до 60 % взрослого населения мегаполиса заинтересованы предлагать свои идеи и выступать в качестве контролеров при реализации каких-либо проектов. Во многом ориентируясь на предложения граждан, в Москве возрождаются ОП на периферии, реконструировано более 50 городских парков, благоустроены тысячи дворов [4].

На уровне отдельных проектов организации ОП (проектной или акупунктурной гуманизации) на основе анализа отечественных и зарубежных примеров можно выделить ряд тенденций, действующих в свою очередь в градостроительном, объемно-планировочном и «декоративном» масштабах.

Тенденция создания ОП, как городской ткани – создание перетекающих ОП, связывающих окружение, уменьшающих фрагментацию, стирающих барьеры и грань между естественным и искусственным, природным и рукотворным; симбиоз пространств; внимание не к одному парку или пешеходной улице, а к созданию связанных между собой ОП (проект Grand Paris, архитектор Р. Роджерс; проект Madrid Rio в Мадриде, Испания; проект парка Экспо в Нагоя, Япония; проекты парков к Олимпийским играм в Лондоне и Пекине).

Тенденция использования зелени как универсального наполнителя свободных и пустующих городских пространств по принципу «города в парке» (здания «рассыпаются» в парке) либо «парка в городе», когда застройка сгущается вокруг зеленого пространства, который становится ядром урбанизированной территории (Центральный парк в Нью-Йорке), через создание мини-садов и pocket-парков имитируют присутствие природы в урбанизированных городских центрах. Формирование зеленого каркаса города, как целостной сети разномасштабных природных пространств на всей территории города. Например, в Сингапуре проложено 209 км прогулочных и велосипедных дорог, объединяющих все парки города в одну сеть [9, с. 47]. В Москве километровую набережную от Крымского моста до «Красного октября» сделали полноценной частью прилегающего парка «Музеон» в Москве, объединив парк с набережной и Парком Горького.

Тенденция создания бестранспортных пешеходных зон через разделение транспортных и пешеходных потоков по горизонтали или по вертикали (ландшафтный парк-ручей Чхонгечхон (Cheonggyecheon) на месте автострады в Сеуле; Madrid Rio в Мадриде; «пешеходизация» площади Республики в Париже и Таймс-сквер в Нью-Йорке).

Тенденция освоения по ОП пустующих промышленных и прочих территорий (парки Ля-Виллет и Андре-Ситроен в Париже, многоярусный парк на воде в Тяньцзинь в Китае, проект олимпийского парка в Лондоне, портовая гавань в Ванкувере, парк Миллениум в Чикаго) как средства джентрификации района и повышения социального и градостроительно-планировочного потенциала городских территорий. С тенденцией деиндустриализации во многом связано и повсеместное облагораживание городских

набережных, ведь промпредприятия традиционно тяготели к воде (например, цепочка старых заводов вдоль Яузы и Москвы-реки).

Тенденция гуманизации территорий транспортных объектов (озеленение старого аэропорта Темпельхоф в Берлине, освоение пространства под эстакадой в г. Занстад, Нидерланды; парк Хай-Лайн в Нью-Йорке; реорганизация эспланады Коста-Сильва в парк в Сан-Паулу, Бразилия; парк Стеделийк (Stedelijk) в бельгийском Антверпене; активное озеленение территории вокруг Главного вокзала в Штутгарте).

Тенденция временного использования территорий предполагает использование пустырей и неиспользуемых территорий при подготовке к строительству, так ОП временного характера выполняют классические функции ОП при незначительных вложениях. Таков проект «Лето в Новой Голландии» (арх. Б. Бернаскони) в Санкт-Петербурге, когда на время конкурса по реорганизации данной территории, здесь был благоустроен пруд и установлены многофункциональные павильоны из морских контейнеров. Аналогично на время подготовки проекта ревитализации территории бывшей газовой фабрики в Амстердаме, затянувшейся на 10 лет, пространство промзоны сдавали в аренду различным культурным проектам, площадка превратилась в творческий кластер, где проходили показы модных коллекций, дискотеки, выставки, фестивали [9, с. 43]. С 2002 года в центре Парижа на месяц набережные реки Сены закрываются для автомобилей, на них завозят песок и устраивают пляж. Ежегодно это мероприятие посещают до 5 млн. человек. Такие проекты могут в рекламных целях поддерживать крупные корпорации, как в случае временного мини-парка от Coca-Cola или спортивной площадки от Puma в Москве.

Тенденция устройства ОП в надземных и подземных пространствах (экспериментальные проекты вертикальных лесов в Милане; проект небоскреба-сада с общественными парками на террасах в Объединенных Арабских Эмиратах;. 8-уровневый парк на крыше в Осаке в Японии; проект подземного парка Лоу-Лайн (Low line) в Нью-Йорке в заброшенном трамвайном депо).

Тенденция соединения архитектуры с ландшафтом (террасное здание-парк в Фукуоке, Япония, арх. Э.Амбаж; Riverbank State Park в Нью-Йорке – озелененная крыша площадью 11 га с бассейном, скейт-парком, рестораном и театром на открытом воздухе; торговый комплекс Namba Parks в Осаке, на крыше которого разместился целый зеленый квартал с многоярусными террасами, прудами, водопадом и горами; лыжный склон на крыше электростанции в Копенгагене; здание оперного театра в Осло, крыша которого представляет собой огромный пандус, используемый для прогулок и уличных концертов; центр океана и серфинга в Биаррице, Франция, напоминающий волнующуюся поверхность воды с вогнутой крышей, служащей террасой с видом на море и рампой для скейтеров; здания-холмы школы искусств и дизайна в Сингапуре и кампуса университета EWHA в Сеуле; Национальная библиотека Парижа, замыкающая в себе ландшафтный парк).

Тенденция сокращения масштаба интервенций – точечные вмешательства в среду вместо комплексного обустройства, повышение роли небольших многофункциональных строений (павильон с открытой сценой на площади собора Св. Лаврентия в Роттердаме, кассовый павильон-амфитеатр-трибуна на Таймс-сквер в Нью-Йорке).

Тенденция выявления региональной идентичности, соединения культурных кодов прошлого и настоящего. Так, в центре «Фабрика молодежи» в Мериде, Испания на небольшом искусственном возвышении, защищающем расположенный ниже археологический слой римских времен, расположена сцена для театральных выступлений и рампа для скейтбордистов. Принцип связи пространства с национальной культурой прочитывается в проекте Доминика Перро для упомянутого университета EWHA. Тенденция проявляет себя и в отечественных реконструкциях исторических кварталов с привнесением в них современных функций (реорганизация 130-го квартала в Иркутске, национально-этнический комплекс «Рыбная деревня» и реконструкция старого квартала на берегу реки Преголя в Калининграде, набережная Брюгге в Йошкар-Оле, реконструкция Старо-Татарской слободы в Казани). Такие проекты становятся популярными у жителей и туристов, но вызывают острую критику у историков и культурологов из-за большого количества неточностей при реконструкции [7, с. 183]. Региональная идентичность среды через архитектурные и декоративные элементы

проявлена в бульваре Superkilen в одном из самых неблагополучных и этнически разнообразных районов Копенгагена, где большая часть уличного оборудования привезена из разных стран мира. В функциональной программе Парка Горького в Москве воссоздана традиция образовательных мероприятий 1930-х годов и сегодня Парк Горького является большим образовательным центром на свежем воздухе [10, с. 102]. При реконструкции Таймс-сквер значительно сузив проезжую часть, архитекторы отметили ее старые границы длинными скамьями, что позволило улучшить качество и атмосферу исторического места. На следующем этапе проекта планируется восстановить старые трамвайные рельсы, скрытые под асфальтом, воссоздать образы утраченных памятников архитектуры с помощью современных медиатехнологий.

Тенденция многофункциональности, круглогодичного использования (например, катки) и свободное сценирование ОП, создающая конкуренцию ОП моллам.

Тенденция доступности и привлекательности для всех групп населения. По мнению Энрике Пеньялоса, только те ОП хороши, которые комфортны для уязвимых категорий жителей – детей, пожилых и инвалидов, а их присутствие в городских ОП говорит о высоком качестве пространства и города в целом [7, с. 160]. Интересны игровые ландшафты фирмы Carve (игровая структура Wollholla в Пурмеренд, Нидерланды; детская площадка в московском саду им. Баумана, площадка на улице Ван Кампенварт (Van Campenvaart) в Гааге, предназначенная для того, чтобы дети-инвалиды могли играть наравне со здоровыми детьми), большую привлекательность для людей разных возрастов создают уличные спортивные тренажеры.

«Декоративный» уровень мер по гуманизации ОП является основным драйвером впечатления от пребывания на улице. Основной тенденцией в организации пространств на этом уровне является создание сомасштабной человеку среды; максимальное озеленение и высокий уровень благоустройства; интерактивность (например, модульная мебель, интерактивные фонтаны); использование природных материалов, интересных и разнообразных покрытий; интерактивность среды; удобство навигации; обилие цвета, фактур и текстур; многоуровневое освещение; наличие интересных малых архитектурных форм и арт-объектов; качественный дизайн и проработка деталей на уровне глаз; контрастное выделение стилобатной части для соблюдения законов тектоники; применение материалов с активно выраженными фактурами; использование региональных особенностей и элементов национальной культуры. Большое внимание уделяется качеству плазмы городской среды, создаются регламенты по использованию рекламы и других информационных носителей о том, как вывески и декоративные конструкции должны учитывать архитектурные особенности и не закрывать фасады зданий, быть лаконичными и минимальными по размеру. Системы визуальных коммуникаций начинают носить пиктограммный характер.

Переходя к системе мер по гуманизации ОП на основе частных инициатив, реализующих «право на город» – право горожан создавать и изменять города – можно упомянуть, что на XIII Архитектурной биеннале в Венеции павильон США, в котором выставлялась экспозиция, посвященная деятельности множащихся во всем мире городских активистов, был одним из самых популярных. Выставка «Спонтанные вторжения: проекты на благо всех» представила 124 «партизанские» инициативы. Реализуемые частными компаниями, архитекторами и просто неравнодушными жителями малобюджетные решения, улучшающие жизнь в мегаполисе, представляют собой сегодня важную тенденцию в городском дизайне, являются первым шагом в реализации крупных городских проектов. Урбанистика 2.0 – урбанизм толпы (Crowdsourced Urbanism), спонтанный урбанизм (Popup Urbanism), сделай-сам-урбанизм (DIY Urbanism), Партизанинг, краудсорсинг, поп-ап кафе и магазины – явления, рожденные на стыке уличного искусства и городского активизма, социально ориентированные городские интервенции и прочие тактики, направленные на изменение и переосмысление городской среды [9, с. 33-38]. Park(ing), Pavements to Parks, Better Block, Red Swing Project, Edible Tormorden, Art in odd spaces, Post Furniture – вот названия некоторых зарубежных продолжающихся проектов такого типа. В Москве показателен случай, когда активисты за ночь сделали свой Хай-Лайн, произведя экологический самозахват замороженной стройки – вывезли мусор, постелили газон, поставили урны и

лавочки [12, с. 53]. Единичные инициативы часто получают финансирование и превращаются в акции периодического характера или фестивали (например, проект «Активация», фестиваль «Дни архитектуры в Вологде»), спонсорами выступают фонды, городские учреждения, ассоциации и социальные комьюнити, а некоторых становятся частью маркетинговой стратегии мировых брендов.

На рис. показано как в 21 зарубежном, 8 российских и 5 казанских примерах ОП проявляются рассмотренные выше современные тенденции гуманизации ОП, а также собраны некоторые дополнительные данные. Закономерно, что более дорогие проекты собирают в себе большинство тенденций, тем не менее, есть и исключения, как парк Хай-Лайн. Станут ли проекты 2015-2016 годов по благоустройству скверов и набережных Казани, Нижнекамска, Альметьевска и других городов Татарстана в одном ряду с этим опытом – должно показать время.

Рис. Проявление тенденций организации гуманных ОП
в передовом зарубежном и отечественном практическом опыте

Общественные пространства становятся всё более значимой частью городов. От гуманности ОП зависит экономика, культурный уровень и безопасность жизни в мегаполисах. По ним складывается впечатление о городе у туристов, во многом формируется идентификация с городом у местных жителей. Многосценарность ОП определяет сложную систему критериев их качества, жизнеспособности и самоокупаемости, а, отсюда, сложную методику их создания и обновления, которая непременно должна всесторонне учитывать потребности людей, опережать их и быть адаптивной к изменениям в долгой перспективе. Мировой опыт подсказывает нам удачные решения, которые складываются в тенденции, учет которых значительно облегчает процесс внедрения культуры ОП на новую почву, что можно наблюдать в динамично развивающемся Татарстане.

Список библиографических ссылок

1. Гейл Ян. Города для людей. – М.: Альпина Паблишер, 2012. – 277 с.
2. Глазычев В.Л. Поэтика городской среды // Сб. научных трудов «Эстетическая выразительность города». – М.: Наука, 1986. – С. 130-157.
3. Джекобс Джейн. Смерть и жизнь больших американских городов. – М.: Новое издательство, 2011. – 460 с.
4. Дубова М., Фомина А. Чего хочет Москва: атлас идей. – М.: Strelka press, 2014. – 476 с.
5. Желнина А.А. Здесь как музей: торговый центр как общественное пространство // Laboratorium, 2011, № 2. – С. 48-69.
6. Линч Кевин. Образ города. – М.: Стройиздат, 1982. – 328 с.
7. Ложкин А. Как предсказать развитие города? // Проект Россия, 2012, № 66. – С. 154-170.
8. Малахов С.А. Поиск гармоничной структуры городского плана // Сб. научных трудов «Проблемы комплексного проектирования городской среды». – Пенза: ДНТП, 1987. – С. 83.
9. Московский урбанистический форум. 33 проекта, меняющих город. – М.: Strelka press, 2012. – 59 с.
10. Муратов А. Всюду жизнь: листая портфолио участников конкурса на парк «Зарядье» // Проект Россия, 2013, № 69. – С. 108-118.
11. Нефедов В.А. Ландшафтный дизайн и устойчивость среды. – СПб.: Полиграфист, 2002. – 295 с.
12. Острогорский А. Центральный парк Культуры. Будущее Парка Горького // Проект Россия, 2013, № 69. – С. 108-118.
13. Ситар С. Западная критика модернизма // Проект international, 2012, № 32. – С. 188-191.
14. Сидельникова М. Бертран Лемуан: Метрополия должна развиваться так, чтобы от этого выиграли все // Проект international, 2012, № 31. – С. 158-177.
15. Banerjee Tridib. The Future of Public Space // Journal of the American Planning Association, 2001, Vol. 67, № 1. – P. 9-24.
16. NACTO Urban Street Design Guide // Веб-архив National Association of City Transportation Officials. URL: http://nacto.org/publication/urban-street-design-guide (дата обращения: 26.10.2016).

Krasnobaev I.V. – candidate of architecture
E-mail: tia.kgasu@gmail.com
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1
Fedorovich A.V. – architect
E-mail: anyafedorovich@mail.ru
LTD «Architecturnyy desant»
The organization address: 420111, Russia, Kazan, Bauman st., 19, of. 301

Contemporary trends in humanization of public places in cities

Resume

The article resumes the master thesis of KSUAE alumna of 2014 and treats an actual problem of amelioration of the quality of urban life by updating of public places. Good prospects of this process is being proved, theoretical basis and best world (Madrid Rio park in Madrid, High line park and Times Square in New York, Millennium park Chicago, Stedelijk park in Antwerpen, Cheonggyecheon park in Seoul etc.) and Russian (Gorky park in Moscow, New Holland island in Saint-Petersburg etc.) cases are being collected and studied. System of actions, levels (strategic (cases of Copenhagen, New York and Moscow), project-based and initiative (DIY, Popup and Crowdsourced Urbanism)) and trends in humanization of public places in cities (car free city, interactions of architecture and landscape, temporary solutions as an experiment, reuse of vacant industrial zones etc.) are being revealed and may be applied to Kazan with its Old-Tatar settlement and Kremlin surroundings.

Keywords: public places, urban street design, small architectural forms, humanization, squares, parks, boulevards, waterfronts.

Reference list

1. Gehl Jan. Cities for people. – M.: Alpina Publisher, 2012. – 277 p.
2. Glazychev V.L. Poetics of urban environment // Compendium of articles «Aesthetic significance of a city». – M.: Nauka, 1986. – P. 130-157.
3. Jacobs Jane. Death and life of big American cities. – M.: Novoe izdatelstvo, 2011. – 460 p.
4. Dubova M., Fomina A., and others. What Moscow wants: atlas of ideas. – M.: Strelka press, 2014. – 476 p.
5. Jelnina A.A. Here is like a museum: shopping center as a public place // Laboratorium, 2011, № 2. – P. 48-69.
6. Lynch Kevin. The Image of the city. – M.: Strojizdat, 1982. – 328 p.
7. Lojzkin A. How to predict evolution of a city? // Project Russia, 2012, № 66. – P. 154-170.
8. Malakhov S.A. Search for a harmonious structure of an urban layout // Compendium of articles «Problems of complex design of urban environment». Penza: DTNP, 1987. – P. 83.
9. Moscow urban forum. 33 projects changing the city. – M.: Strelka press, 2012. – 59 p.
10. Muratov A. Life is everywhere: turning over the pages of portfolios by participants of Park «Zaryadje» competition // Project Russia, 2013, № 69. – P. 108-118.
11. Nefedov V.A. Landscape design and sustainability of environment. – SPb.: Poligrafist, 2002. – 295 p.
12. Ostrogorsky A. Central park of Culture. Future of Gorky park // Project Russia, 2013, № 69. – P. 108-118.
13. Sitar S. West critics of modernism // Project international, 2012, № 32. – P. 188-191.
14. Sidelnikova M. Bertrand Lemoine: Metropolis must develop and everyone should profit from it // Project international, 2012, № 31. – P. 158-177.
15. Banerjee Tridib. The Future of Public Space // Journal of the American Planning Association. – 2001, Vol. 67, № 1. – P. 9-24.
16. NACTO Urban Street Design Guide // Webarchive of National Association of City Transportation Officials. URL: http://nacto.org/publication/urban-street-design-guide (reference date: 26.10.2016).

УДК 711.01/.09, 74.01/.09
Михайлов С.М. – доктор искусствоведения, профессор
E-mail: souzd@mail.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1

Индуктивный подход в организации предметно-пространственной среды города

Аннотация

Статья посвящена индуктивному подходу в организации пространственной структуры города и ее предметному наполнению, как альтернативы сложившейся в архитектурно-градостроительной практике второй половины XX века «теоретической градостроительной модели» (традиционный подход к организации пространственно-планировочной структуры города, основанный на общенаучном принципе дедукции). Рассматриваются предпосылки его становления, берущие свое начало в средовом подходе 1980-х гг. Представляется «индуктивная градостроительная модель» организации пространственной структуры города, строящаяся на принципе эргоцентризма.

Ключевые слова: дизайн архитектурной среды, дизайн города, индуктивный подход, индуктивная градостроительная модель, принцип эргоцентризма, предметно-пространственная среда города.

В середине прошлого века в теории градостроительного искусства сформировалась концепция единой функционально-планировочной организации города[1]. В значительной мере роль градостроительства в обществе меняется в зависимости от социального, экономического и научно-технического прогресса, масштабы которого в XX веке неимоверно возросли. Появляются новые масштабы территориальных систем, новые сроки планирования и прогнозирования. В первой половине прошлого столетия в градостроительстве появляется новое направление проектирования – районная планировка, направленная на планировочную организацию районов расселения, включая различные городские и сельские образования. В 1960-е годы в градостроительстве формируется еще одна области, связанная с организацией территорий более высокого уровня: планирование регионального и общегосударственного расселения. Архитекторы и градостроители принимают ведущее участие в разработке генеральной схемы расселения на территории СССР – важной составляющей единого народно-хозяйственного планирования.

В результате возникают иерархически выстроенные градостроительные системы, включающие соподчиненный ряд объектов различного ранга – от территориально малых архитектурно-градостроительных комплексов (индустриальная зона, жилой квартал, микрорайон, площадь, улица, и пр.) – до обширных территориальных систем, вплоть до системы расселения страны. Теоретическая градостроительная модель, используемая уже долгое время, основана на общеизвестном принципе дедукции, широко применяемом также и в научных исследованиях.

Теория градостроительства сегодня в качестве объекта затрагивает весь спектр градостроительных объектов, начиная от кварталов и микрорайонов до крупных ареалов[2],

[1]Несмотря на то, что история градостроительства городов насчитывает уже не одну тысячу лет, целеустремленное накопление знаний в этой области, как отмечала известный теоретик градостроительства З.Н. Яргина, начинается лишь со второй пол. XIX в. В течение последующего столетия градостроительство переживает большие изменения и превращается в сложную, многоотраслевую дисциплину и характеризуется переходом от пообъектного исследования к исследованию по свойствам, разработке единых понятий и моделей и общих правил.

[2]В учебнике «Основы теории градостроительства» (1986) известные советские теоретики градостроительства З.Н. Яргина, А.Э. Гутнов, В.В. Владимиров, Я.В. Косицкий представляют следующую иерархическую структуру объекта градостроительного проектирования: единая система расселения (генеральная схема расселения); региональные системы расселения; субрегиональная система расселения (схема районной планировки); город (схема генерального

в том числе градостроительных систем, включающих в себя иногда даже несколько государственных образований. [1]. Важной чертой современных теоретических знаний является формирование обобщенных универсальных моделей, позволяющих описывать и исследовать закономерности строения, функционирования и развития объектов разных типов – то есть собственно теоретических моделей.

В качестве основной задачи градостроительной теории выделяется определение взаимосвязей различных иерархических уровней (включая и различия) и проектных этапов, методические разработки и формирование комплексных концептуальных моделей, призванных передавать информационные потоки в системе территориального проектирования: от разработки схем регионального расселения и проектов районной планировки до проектирования целого города, включая и отдельные элементы (административные и общественные центры, производственные и жилые комплексы, городские парки и скверы).

Таким образом, мы можем констатировать, что к концу XX века сложилась теоретическая модель градостроительства, в основу которой был положен общенаучный метод дедукции, отражая методологию организации от общих территорий расселения до города, его структурных единиц и их отдельных составляющих.

Градостроительная модель, созданная по дедуктивному принципу, стремится к единой и целостной системе организации городской структуры, выстроенной по достаточно стройной иерархической системе. Долгое время именно она и была отражением глобального процесса урбанизации. При таком подходе проектирование пространственной композиции крупных градостроительных ансамблей ограничивалось, как правило, уровнем планировочных схем и макетом, а ее восприятие происходило в лучшем случае с высоты «птичьего полета». Города, которые по своей сути возникли для человека[3], в процессе эволюции от него же стали постепенно отдаляться, превращаясь в самоорганизующийся и саморазвивающийся организм, живущий и растущий по своим собственным законам, порой независимых от воли людей. Урбанизация XX века стала причиной практически неконтролируемого роста городов, появления мегаполисов и агломераций, принесла с собой транспортные проблемы и проблемы экологии, проблемы эстетического и общегуманитарного плана, связанные с сохранением историко-культурного наследия, уникальности и самобытности городов и их ансамблей. Положение усугублялось широкомасштабным вхождением в городскую среду широкомасштабного массового строительного процесса промышленными методами. Повсеместное использование у нас в стране в строительной индустрии типовых проектов, как правило, с ограниченным диапазоном этажности (9-16 этажей) принесло с собой композиционное однообразие и гипертрофированный масштаб городских пространств, серость и безликость их внешнего вида. Особо это проявилось в новых, так называемых спальных жилых районах крупных городов, а также при строительстве новых промышленных городов, к примеру, Нижнекамск, Набережные Челны, Тольятти. Достаточно стройная и теоретически обоснованная система организации пространственной структуры городов, основанная лишь на одном методе дедукции, на

плана); планировочный район города (проект планировки); жилой район (проект детальной планировки); фрагмент жилого района (проект застройки).

[3]Некоторые определения «города» в современных словарях: Город (лат. urbs, старо-нем. Burg, франц. cite, англ. city, от лат. civitas), в древности обозначало поселение, укрепленное от неприятельского нападения оградой или валом (Брокгауз и Ефрон). Город – один из основных типов культурного пространства, которому присуще соединение трех основных функций: административного, религиозного (позже – культурного) и торгового центра (Гуманитарный словарь). Город – символ цивилизационного центра. Символика города определялась в древности и Средневековье как модель мироздания. Центр города, как правило, располагался на горе или на холме, где возводилось главное культовое сооружение (Символы, знаки, эмблемы).

Город представляет из себя нечто большее, чем скопление сооружений или тип среды. Он отражает культуру и мировоззрение своего времени и представляет поэтому определенную художественную ценность (А.Э. Гутнов, И.Г. Лежава). В.Л. Глазычев образно отождествляет «историю города» с историей цивилизации [3, С. 10].

практике оказалась не способной справиться с растущими проблемами организации комфортной для человека предметно-пространственной среды города.

Образцовым примером иерархически выстроенной дедуктивной градостроительной модели можно считать сложившуюся во второй половине XX века систему достаточно жесткого регламентирования в градостроительстве СССР. Именно здесь отчетливо проявились недостатки одностороннего дедуктивного градостроительного подхода к организации пространственной структуры города и ее предметного наполнения в градостроительстве СССР. Среди таких недостатков можно выделить несколько групп.

Во-первых, композиционные недостатки. Традиционные средства организации пространственной композиции города как единого пространственного ансамбля , с использованием традиционного метода объемного макетирования[2], складывались десятилетиями и наиболее широкое распространение получили во второй половине прошлого века. Однако в современных условиях при наличии сложных многокомпонентных и многоуровневых пространственных структур, включая в том числе подземную урбанистику и обширные территории городских агломераций, становятся малоэффективными. Именно в такой ситуации и ощущается острая потребность в поиске альтернативной методики работы с пространственной композицей при формировании архитектурных и градостроительных ансамблей с учетом их реального восприятия человеком;

Вторая группа – экологические проблемы, связанные с все возрастающим отдалением на разных уровнях жителя крупного городского образования от живой природы. Обострение этой группы проблем происходит во многом в связи с расширением границ техногенности на все уровни предметного окружения человека. включая использование искусственных материалов, высокий уровень технического оснащения среды. К сожалению, приходится констатировать, что подобный процесс усиливает нехватку природного компонента.

В-третьих, проблемы несоответствия и несоблюдения принципов масштабности и соразмерности человеку многоэтажной застройки и открытых городских пространств также остро актуальны сегодня, и особенно это касается многоэтажной застройки спальных районов городов, где в условиях ограниченности бюджета средств, а также неэффективного использования архитектурно-дизайнерских методов, формирование градостроительного партера находилось зачастую на простейшем уровне, либо отсутствовало вообще.

Четвертая группа проблем – информативности городской среды и читаемость городского ландшафта также достаточно часто остро ощущается сегодня, проявляясь прежде всего в очень низкой информативности архитектурного пространства, особенно на периферии города. Ощущается все возрастающая необходимость в разработке и внедрении специальных навигационных систем, особенно в новых городских центрах, структура которых все чаще предстает перед нами фунционально и пространственно перегруженной.

И, наконец, последняя группа проблем касается художественной целостности и выразительности, особо проявившихся во второй половине прошлого века в связи с актуализацией массового промышленного строительства.

Обозначенные проблемы в значительной степени повлияли на возникший в 1970-1980-х гг. мощный всплеск активности в области концептуального архитектурного и художественного проектирования, появление средового подхода. Последний нашел отражение в т.н. «бумажной архитектуре» (концептуальных архитектурных конкурсах 1980-х гг.), методологии Сенежской студии, а также в получивших в то время распространение проектах монументально-декоративного и архитектурно-художественного оформления городов[4]. Немаловажным, на наш взгляд, является тот

[4] Это проекты Художественно-декоративного оформления и монументальной пропаганды г. Торжка (отдел гл. архитектора Торжка, 1984), Львова (СХ УССР, 1977), Набережных Челнов (ЦНИИЭП жилища, к. 1970-х), Комплексного архитектурно-художественного оформления г. Владимира (МАРХИ, 1982), серия авторских научно-проектных разработок по архитектурно-художественному оформлению и благоустройству городов Углича, Новотроицка, Мамадыша, Орска, Сарапула, Альметьевска (1982-1994 гг.) и др.

факт, что в средовом подходе акцент делается на использование в организации предметно-пространственной среды преимущественно средств городского дизайна и благоустройства, включая проектирование цвето-графической среды города, навигационных систем (в том числе визуальные коммуникации), комплектов уличной мебели и оборудования, выполненных в едином художественно-стилевом ключе.

Названный выше средовой подход в применении к архитектурной и пространственной организации города стал своеобразным началом формирования индуктивного подхода, инициировав ряд предпосылок. В условиях широкомасштабных реконструктивных работ в послевоенной Европе и массового промышленного строительства начал формироваться архитектурный «контекстуализм» [4], проявление которого связано с сохранением историко-культурного наследия, уникальной архитектуры исторических центров, созданием комфортных и художественно выразительных городских пространств. Профессионалы в области архитектуры и дизайна получили в свой лексикон новые понятия: «градостроительный партер» [5], «сценарный подход», «видовой (зрительный) кадр», «режиссура и театрализация городского пространства» [6]. Круг профессиональной деятельности архитектора-дизайнера расширился, включив в себя вектор формирования и организации предметно-пространственной среды города. Концептуальные проектные работы сторонников средового подхода демонстрировали особенности этого направления: в проектных задачах идти «от человека», учитывая его восприятие, психофизиологические особенности, уровень художественно-эстетической подготовленности и пр. Смело можно утверждать, что методика индуктивного подхода к организации городского пространства была заложена уже в 70-е-80-е гг прошлого века. Пешеходные улицы, появившиеся в это время, стли ярким примером реализации этого подхода, идущего от человека и его предметного окружения к предметно-пространственной среде города в целом [7].

Сценарный (альтернативный средовой) подход к организации пространственной структуры города лег в основу «метода сценарных карт»[5]. Суть этого подхода заключается в том, что структура (композиция) градостроительного ансамбля представляется не в традиционном виде трехмерной модели – макете, а в форме своеобразного видеоряда (видовых кадров), подчиненных специально созданном порядку – сценарию[6]. Эта композиция, которую вполне можно сравнить с видеолентой предстает перед зрителем не одновременно, а постепенно, по ходу движения открываясь частями, последовательно по подобию пространственно-временных искусств. Траектории передвижения человека – зрителя и соответственно получаемая им в этом процессе информация (объем, содержание последовательность)имеют чрезвычайно важное значение в построении пространственно-временной композиции проектируемого городского ансамбля. Для решения поставленной задачи – построения вышеназванной, раскрывающейся во времени композиции – составляется «сценарная карта». По сути, сценарная карта – это своеобразная планировочная схема городского ансамбля, на которую наносятся главные «зрительные каналы» – пути движения зрителя. Впоследствии эти зрительные каналы детально прорабатываются, разбиваемые проектировщиком на отрезки – видовые или зрительные кадры. Эти кадры становятся носителями информации для зрителя и своеобразными якорями формирующейся в пространстве и времени композиции. Существуют некоторые желательные временные периоды восприятия такого кадры. Согласно некоторым

[5]«Метод сценарных карт» в организации пространственной среды архитектурно-градостроительного ансамбля был разработан в Казанском ГАСУ под руководством автора и был впервые представлен в проектной концепции благоустройства Ново-Южного района г.Чебоксары, выполненной в рамках всероссийского конкурса Союза архитекторов РСФСР (1983), а затем получил апробацию в авторских Методике комплексного архитектурно-художественного оформления города и серии проектов, выполненных в рамках госбюджетной и хоздоговорных НИР в КГАСУ (1983-1994), проектных семинаров Союза Дизайнеров России (1994-2004), в учебном курсовом и дипломном проектировании.

[6]Сценарный подход, в основе которого лежит «зрительный (видовой) кадр» (Л. Тверской), «архитектурная картина» (Н. Брунов), «кинетический кадр» (Э. Климов) рассматривается многими теоретиками средового подхода (Е.Л. Беляева, А.В. Иконников и др.).

исследованиям, оптимальное для демонстрации такого кадра время – 20-30 секунд. В итоге частота смены кадры в переводе на расстояние должна быть равна 20-30 метрам пути со средней скоростью пешехода 4 км/ч. С учетом этого временного промежутка и расстояния архитекторы и дизайнеры разрабатывают развивающуюся во времени пространственную архитектурную композицию и сценарий ее развития. Составляется так называемая картограмма частоты смены зрительных кадров, в котороя основные траектории – пути движения пешехода-зрителя разделены на условные отрезки – носители определенной информации (видовые кадры). Подобный подход можно сравнить с раскадровкой фильма, применяемой в кинематографии и мультипликации. Архитектор и дизайнер выступают по аналогии режиссером сценария передвижения пешеходов в разрабатываемой среде. Разрабатываемая картограмма, как правило, представляется в виде схемы планировочного характера в масштабах 1:500, 1:1000, 1:2000, что соответствует градостроительной документации на уровне генеральных планов и ПДП, а следовательно, может быть использована в общем процессе градостроительного проектирования.

Стоит отметить, что для улучшения ориентирования человека в пространстве проектируемого ансамбля созданием градиента в частоте смены видовых кадров формируется вектор передвижения зрителя – от увеличения к пиковым точкам общей пространственно-временной композиции, к примеру, к центрам общественной жизни в городе. Смена зрительных кадров чаще всего происходит в зависимости от изменения параметров, среди которых и пространственные характеристики прокладываемой зрительской коммуникации, и появление в поле зрения человека новых композиционных или смысловых акцентов. Таковыми в городской среде выступают чаще всего общественные центры и площади – места с характерной яркой архитектурой или отдельные уникальные по ценности архитектурно-художественные объекты, а также объекты монументально-декоративного искусства, ландшафтной архитеткруы и дизайна, имеющие также немаловажное значение, а также элементы благоустройства, носящие уникальный характер, также в список могут быть внесены перекрестки и повороты улицы, небольшие курдонеры и площади, где происходит смена пространственных характеристик среды, и, наконец, видовые окна во фронтальной части застройки, ориентированные на уникальные архитектурные и природные доминанты. Рекомендации по градиенту частоты смены зрительского кадра составляют с нарастанием к композиционным центрам до 10 секунд демонстрации одного кадра (это эквивалентно отрезку пути длиной 11 и 112 м, соответственно для скорости движения пешехода 4 км/час и пассажира городского транспорта 40 км/час), и убывание к периферии до 40 сек. демонстрации одного зрительного кадра (длина отрезка соответственно 44 и 448 м).

На основе такой сценарной карты затем может быть построен сам сценарий развития пространственно-временной композиции ансамбля с «пропиской» конкретного инструментария его реализации: цветографические и пластические приемы, места размещения и формообразование объектов монументально-декоративного искусства и городского дизайна, микропластика рельефа и др. При этом метод сценарных карт может быть применен не только на базе существующего градостроительного ансамбля, но может быть полезен на более раннем этапе проектирования. К примеру, в процессе создания планировочной структуры нового объекта проектирования. Тем самым сценарная карта может влиять на достаточное количество используемых параметров и средств архитектурного проектирования. На наш взгляд весьма резонным здесь может быть констатация «индуктивной градостроительной модели» как принципиально нового альтернативного существующим подхода к организации пространственной структуры города.

Наряду со сценарной картой, позволяющей регламентировать пространственную композицию архитектурно-градостроительного ансамбля в горизонтальном направлении, внося в нее 4-е измерение и превращая ее в пространственно-временную, в нашем исследовании затрагивается вопрос развития городской среды по вертикали[7]. Он был

[7]Принцип ярусности был впервые сформулирован в Проекте архитектурно-художественного оформления города Углича, выполненном в рамках хоздоговорной НИР в КГАСУ под руководством автора в 1983 году и использовался затем в целом ряде авторских проектов по организации предметно-пространственной среды города.

сформулирован как «принцип ярусности», который, как и сценарная карта, строится с учетом специфики зрительного восприятия. В зависимости от удаленности объекта от зрителя, регламентируется цветовая гамма, уровень деталировки, характер шрифтов и цветографических композиций. Согласно этому принципу в пространственной структуре ансамбля выделяется три яруса:

– «уровень градостроительного партера», включающий в себя первые два этажа застройки (рассчитан на восприятие с ближних дистанций до 500 м; шрифты, палитра цветов, детали и графические изображения здесь могут быть самой высшей сложности);

– «уровень пространственных ориентиров» на уровне 3-5 этажей застройки (рассчитан на восприятие со средних дистанций 300-1000 м; ограниченная палитра цветов, лаконичные хорошо читаемые детали, шрифты и композиции);

– «уровень градостроительных маяков», относящийся к самым верхним уровням застройки и к городскому пространству над застройкой (рассчитан на восприятие с дальних дистанций свыше 1000 м; применяется ограниченный спектр, как правило, дополнительных цветов, простые шрифты и композиции, хорошо читаемые с дальних расстояний).

Определенным логическим завершением линии альтернативного индуктивного подхода к организации предметно-пространственной среды города, идущего от человека, особенностей его психофизиологии стала «индуктивная градостроительная модель организации пространственной структуры города. Она строится на основе общенаучного принципа индукции и принципа эргоцентризма, соотносится с «эргоцентрической моделью» предметного формообразования и включает ряд иерархических уровней – оболочек контакта человека с окружающей его предметной и пространственной средой: «киборг-дизайн», «предметный дизайн», «дизайн-пространство, «градостроительная дизайн-программа». Пограничными же являются – уровень биогенного синтеза и архитектурно-планировочных структур.

Киборг-дизайн. Это первая ступень индуктивной градостроительной модели, идущей «от человека». Она соотносится с уровнями биомеханического диффузного и продолжительного тактильного контакта эргоцентрической проектной модели[8] формообразования в системе «человек-предмет». На сегодняшний момент киборг-дизайн – это достаточно новая область дизайнерской деятельности, инициируемая развитием современных технологий, и находится пока еще в стадии своего становления [8]. Дизайнеру, участвующему здесь в проектном процессе, требуются специальные знания из целого ряда смежных областей науки и техники, и, в первую очередь, медицины и биоинженерии. При этом можно прогнозировать, что развитие киборг-дизайна может в значительной степени повлиять не только на предметное формообразование (в том числе и его типологию) техногенного общества, но и на принципы организации традиционных архитектурных пространств, включая и предметно-пространственную среду города.

Предметный дизайн. Этот уровень охватывает предметный комплекс непосредственного окружения человека, с которым последний вступает преимущественно в тактильный и сенсорный контакты различной продолжительности. Предметный дизайн является традиционной и одной из наиболее распространенных областей дизайна, направленной на создание эстетичных и удобных в обращении орудий труда, механизмов, одежды и аксессуаров, мебели и оборудования, предметов обихода и бытовой техники. Именно с предметным дизайном в первую очередь связано появление и развитие эргономики – одной из ведущих областей в области дизайн-проектирования.

Дизайн-пространство. Уровень предметно-пространственного окружения (среды) человека, который соответствует уровням его краткосрочного сенсорного контакта

[8]Согласно принципу эргоцентризма (от «эргономика+центризм») в центре проектной деятельности дизайнера стоит человек как «био-социум» с его эргономическими особенностями и потребностями, включая целый ряд аспектов: функциональный, психофизиологический, эмоциональный, социокультурный и др. Принцип эргоцентризма как доктрина формообразования современного постиндустриального общества и построенная на его основе «эргоцентрическая модель» были представлены в диссертационном исследовании С.М. Михайлова «Дизайн современного города: комплексная организация предметно-пространственной среды (теоретико-методологическая концепция)» [Автореф. дис. на соиск. уч. степ. докт. искусствовед. – М., 2011].

моторики и зрительного восприятия. Как и киборг-дизайн, эта область дизайна находится в стадии своего развития и определяется, с одной стороны, возросшими требованиями к комфорту среды обитания человека, качественными изменениями в области понимания комфорта в условиях современного постиндустриального общества, а, с другой стороны, новыми техническими возможностями, способными обеспечить этот комфорт, как на уровне отдельных предметов, так и на уровне предметно-пространственной среды, в том числе и городские пространства.

Градостроительная дизайн-программа подразумевает комплекс проектов цветовой и световой организации города, его отдельных элементов (ансамблей), праздничного оформления и иллюминации, программы архитектурно-художественного оформления и др. проектные документы, как правило, долгосрочного характера, использующие формализованный язык планировочных схем, кодирования информации и условных обозначений, принятых в градостроительной документации. Становление этого уровня связано с появлением в 1950-1960-х гг. в рамках средового подхода (или в связи с ним) генеральных схем художественного оформления и монументальной пропаганды, фирменных стилей, систем визуальных коммуникаций и других проектных документов программного характера, направленных на эстетическое преобразование города преимущественно цвето-графическими и светотехническими средствами, различными формами благоустройства и городского дизайна.

Безусловно, граница между обозначенными уровнями индуктивной градостроительной модели носит достаточно условный характер, в особенности между предметным дизайном и дизайн-пространством. Отчасти это связано с недостаточной изученностью последних, их критериев и типологии.

Альтернативная индуктивная градостроительная модель способствует созданию пространственной структуры города, позволяет системно подойти к рассмотрению организации предметно-пространственной среды города, а также определяет ряд специализаций в городском дизайне. Названные специализации выдвигают перед дизайнером свои задачи, формируют диапазон используемых в процессе проектирования и научно- исследовательской деятельности средств. Предлагаемая инновационная индуктивная модель по сравнению с традиционной дедуктивной позволяет выстроить теоретико-методологическую концептуальную модель комплексной организации предметно-пространственной среды города. В модели отражается взаимодействие индуктивной и дедуктивной градостроительных моделей, происходящее на разных уровнях предметно-пространственной среды города. В целом же это принципиально новый, более прогрессивный синтетический и симбиотический подход к организации предметно-пространственной структуры и предметного наполнения среды города.

Список библиографических ссылок

1. Этапы формирования теории градостроительства: URL: http://www.studfiles.ru/ preview/3380789/ (дата обращения: 26.10.2016).
2. Глазычев В.Л. Урбанистика. – М.: Издательство «Европа», 2008. – 220 с.
3. Миронюк А. Предметное объемно-пространственное моделирование в архитектуре. URL: http://gisap.eu/ru/node/4587 (дата обращения: 26.10.2016).
4. Багрова Н.В., Н.В., Кущенкова М.А. Особенности современной интерпретации средового подхода в архитектуре URL: http://elib.altstu.ru/elib/books/Files/pv2014_ 01/pdf /022bagrova.pdf (дата обращения: 26.10.2016).
5. Михайлов С.М., Михайлова А.С., Надыршин Н.М. Дизайн города: основные этапы исторического развития. Вестник Оренбургского государственного университета, 2014, № 5. – С. 4-9.
6. Моргун Н.А., Резицкая Л.М., Скопинцев А.В. Архитектурная сценография городской среды. URL: http://archrus.ru/Activities/Statqi/Arxitekturnaja-scenografija-gorodskoj-sredy (дата обращения: 26.10.2016).
7. Белов М.И., Михайлова А.С. Пешеходная улица в истории городской культуры. URL: http://design-review.net/index.php?show=articles&year=2010&number=1 (дата обращения: 26.10.2016).

8. Киборг с нами! URL: http://ergosolo.ru/reviews/history/kiborg/ (дата обращения: 26.10.2016).

Mikhaylov S.M. – doctor of art, professor
E-mail: souzd@mail.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Inductive approach in the organization of the subject and spatial environment of the city

Resume

In article the «theoretical town-planning model» (the traditional approach to the organization of spatial and planning structure of the city based on the general scientific principle of deduction) which has developed in architectural and town-planning practice of the second half of the XX century, including the following hierarchical levels is considered: uniform system of resettlement – regional system of resettlement – subregional system of resettlement – the city – the planning district of the city – the residential area – fragment of the residential area. The main problems which have arisen within this system in the field of the organization of the subject and spatial environment of the city come to light. The second part of article is devoted to alternative inductive approach to the organization of spatial structure of the city. The prerequisites of his formation originating in environmental approach of the 1980th are considered. The author's technique of drawing up town-planning programs of the organization of the subject and spatial environment of the city and «inductive town-planning model» of creation of spatial structure of the city which cornerstone the principle of an ergotsentrizm is represented. In correlation with the master plan of the city on its base the model of the complex organization of his subject and spatial environment is formed. The principles of realization of this model at the complex organization of the subject and spatial environment at various town-planning levels are stated.

Keywords: design of the architectural environment, design of the city, inductive approach, inductive town-planning model, principle of ergocentrism, subject and spatial environment of the city.

Reference list

1. Stages of formation of the theory of town planning: URL: http://www.studfiles.ru/ preview/3380789/ (reference date: 26.10.2016).
2. Glazychev V.L. Urbanistics. – M.: Europe publishing house, 2008. – 220 p.
3. Mironyuk A. Subject volume and spatial modeling in architecture. URL: http://gisap.eu /ru/node/4587 (reference date: 26.10.2016).
4. Bagrova N.V., Kushchenkov M.A. Features of modern interpretation of environmental approach in architecture of URL: http://elib.altstu.ru/elib/books/Files/pv2014_01/pdf/022 bagrova.pdf (reference date: 26.10.2016).
5. Mikhaylov S.M., Mikhaylova A.S., Nadyrshin N.M. Design of the city: main stages of historical development. Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta, 2014, № 5. – P. 4-9.
6. Morgun N.A., Rezitskaya L.M., Skopintsev A.V. Architectural scenography of the urban environment of URL: http://archrus.ru/Activities/Statqi/Arxitekturnaja-scenografija-gorodsko j-sredy (reference date: 26.10.2016).
7. Belov M.I., Mikhaylova A.S. A pedestrian street in the history of the city culture. URL: http://design-review.net/index.php?show=articles&year=2010&number=1 (reference date 26.10.2016).
8. A cyborg with us! URL: http://ergosolo.ru/reviews/history/kiborg/ (reference date: 26.10.2016).

УДК 711.4, 159.937
Рябов О.Р. – кандидат психологических наук, доцент
E-mail: oscar-ryabov@yandex.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1

Зеленые микрозоны в урбанизированной среде

Аннотация

Усиливающиеся темпы урбанизации, и вызванный этим процесс ухудшения экологических показателей требуют разработки новых нетрадиционных подходов гуманизации городской среды. Вводится понятие «зеленые микрозоны». Зеленая микрозона – внесистемный озелененный объект урбанизированного пространства размером от $5x10^{-8}$ до 0,3 га, выполняющий функции создание сомасштабной человеческому восприятию среды, управление транспортными и пешеходными потоками, создание образно-эмоциональных объектов. Основная задача зеленых микрозон – связывать разрозненные элементы системы озеленения, способствовать улучшению контактов человека с природой, выступать элементом эковоспитания, создавать комфортные условий жизнедеятельности человека в урбанизированном пространстве. Также предлагается типология целей и приемов создания зеленых микрозон в урбанизированной среде.

Ключевые слова: зеленая микрозона, озеленение, организация пространства, эмоции, восприятие, архитектурная среда.

В настоящее время в крупных российских городах наблюдается увеличение этажности, уплотнение застройки. Это, в свою очередь, вызывает ухудшение ряда экологических показателей. И одной из причин является уменьшение площади городского озеленения.

Между тем зеленые насаждения формируют температурный и влажностный режим. Также вызывают перемещение воздушных масс, что содействует проветриванию городских пространств. Оказывает влияние на ионизацию воздуха, что в свою очередь положительно влияет на нервную систему человека. Способствует насыщению воздуха кислородом, и очищает от вредных газов. Озеленение оживляет цветовую гамму города.

В то время как ряд других параметров урбанизации отрицательно влияет на психологическое состояние человека. Информационное давление, несоответствие экологических параметров, повышенный ритм жизни, и ряд других факторов, создают некомфортные условия для горожан [1].

Такие градостроительные тенденции как уплотнение застройки практически не оставляют буферных зон, защищающих от факторов нездоровья. Точечная застройка влечет за собой несоблюдение норм озеленения и уменьшения площадей пригодных для разбивки скверов и парков.

Невзирая на принимаемые меры и затрачиваемые финансы, порой довольно значительные, результативность мероприятий по озеленению крупных городов оставляет желать лучшего.

Между тем, процесс урбанизации продолжает развиваться. И острота проблемы гуманизации городской среды, сохранения природной составляющей в жизни горожан возрастает. Требуется разработка новых форм включения природных элементов в городские пространства.

В этих условиях перспективным вектором в исследованиях дизайна архитектурной среды становится разработка нетрадиционных способов создания экологически комфортных зон в условиях уплотненной застройки [2]. Мы предлагаем новый подход к озеленению городского пространства, позволяющий решать задачи экологизации и гуманизации городских пространств без кардинальных методов трансформации городской среды (без сноса зданий для выполнения норм количества озелененных зон) и вводим понятие «зеленые микрозоны».

Зеленая микрозона – внесистемный озелененный объект урбанизированного пространства размером от 5x10^{-8} до 0,3 га, выполняющий функции создание сомасштабной человеческому восприятию среды, управление транспортными и пешеходными потоками, создание образно-эмоциональных объектов.

Основная задача зеленых микрозон – связывать разрозненные элементы системы озеленения, способствовать улучшению контактов человека с природой, выступать элементом эковоспитания, создавать комфортные условий жизнедеятельности человека в урбанизированном пространстве.

Для создания зеленых микрозон в плотной урбанизированной застройке предлагается следующая типология целей и приемов создания зеленых микрозон:

1. Средство создания сомасштабной человеческому восприятию урбанизированной среды (рис. 1)**.**

Создание комфортной среды, за счет интеграции зеленых микрозон в огромные, не сомасштабные для человека, городские пространства. Зеленые микрозоны служат своего рода «катализатором» эмоциональной разгрузки и одновременно «фильтром», через который человек будет воспринимать окружающую среду комфортной. Выступая резонатором эмоционального отклика на воздействие этой среды [3, 4]. Зеленые микрозоны, как элементы архитектурной среды, в таком случае, оказываются своего рода инструментом, призванным создавать определенные смыслы и настроения, т.е. вызывать ответный эмоциональный резонанс. Сюда входят:

- **Двор открытый на улицу.** Курданьеры засаживаются деревьями для создания более камерного общественного пространства и для защиты от шума и пыли;

- **Интеграция искусственного ландшафта в переурбанизированную среду.** Искусственные зеленые острова внедряют для облегчения восприятия современных высотных зданий;

- **Создание сомасштабности восприятия.** Создаются зеленые зоны, на больших открытых площадях и на протяженных прямых улицах, с целью психологической разгрузки;

- **Вертикальное озеленение.** Простым и эффективным решением оформления и защиты стен зданий является вертикальное озеленение. С его помощью можно получить великолепный эстетический эффект в условиях переуплотненных жилых и общественных городских пространств. Кроме того, вертикальное озеленение защищает здания от температурных перепадов и шума, загазованности воздуха и пыли. Скрывает внешние дефекты построек. И наконец, оказывает позитивное эмоциональное на людей.

Рис. 1. Средство создания сомасштабной человеческому восприятию урбанизированной среды (фото автора)

2. Средство управления транспортными и пешеходными потоками в урбанизированной среде (рис. 2)**.**

Зеленые микрозоны применяется с целью обезопасить человека и направлять его по уже намеченному пути. Все нижеперечисленные приемы снижают риск антисоциального поведения. К ним относятся:

- **Создание тупиковых зон или не сформировавшаяся улица.** Несформировавшиеся улицы озеленяют для борьбы с незаконной парковкой для транспорта;
- **Зеленые острова на не используемых местах.** С помощью озеленения не используемых мест можно предотвратить незаконные строительство;
- **Зонирование пространства;**
- **Буферная зона придомовой территории;**
- **Неудобный дизайн.** Этот прием применяется в борьбе с антисоциальным поведением [5];
- **Озеленение потенциально опасных мест;**
- **Регулирование транспортно-пешеходных потоков;**
- **Разделительная.** К такому типу озеленения улиц относится посадка между тротуарами и проезжей частью, и между двухсторонней проезжей частью двух и более рядов деревьев. Иногда на одной улице сочетаются оба типа озеленения – два и более ряда деревьев по сторонам улиц и однорядная посадка между двухсторонней проезжей части.

Рис. 2. Средство управления транспортными и пешеходными потоками в урбанизированной среде (фото автора)

3. Средство создания образно-эмоционального восприятия урбанизированной среды (рис. 3).

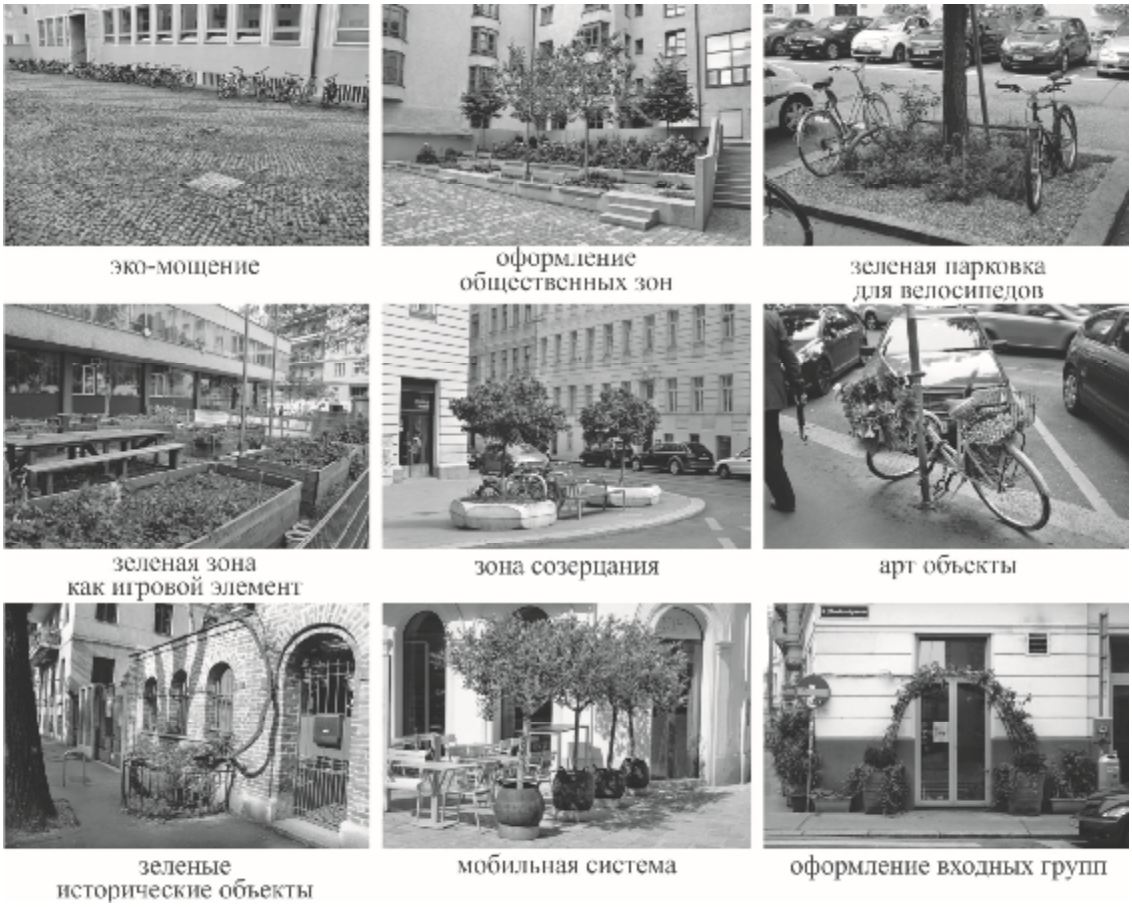


Рис. 3. Средство создания образно-эмоционального восприятия урбанизированной среды (фото автора)

Окружающая среда города, архитектурная среда и ее отдельные элементы оказывают действие на психику горожан. Вызвать эмоциональный отклик во время контакта с архитектурной средой возможно не только средствами архитектуры, но и использованием ключевых «зеленых» компонентов. Таковыми являются:

- **Экомощение.** Экомощение широко распространено по всему миру. Их главная задача – сохранять природный компонент, обеспечивая в то же время возможность передвижения. В условиях крупных городов экологические зеленые парковки стали компромиссным решением;

- **Оформление общественных зон.** С помощью зеленых микрозон можно создать новые, наполненные жизнью общественные пространства, где люди смогут контактировать друг с другом и с природой;

- **Зеленая парковка для велосипедов.** Такие парковки можно сделать рядом с любым деревом или на любой зеленой зоне, что дает возможность велосипедистам парковать свое транспортное средство где угодно;

- **Зеленая зона как игровой элемент.** Такие зоны служат элементом эковоспитания. Такие игровые элементы помогают человеку отвлечься от городской суеты;

- **Зона созерцания.** Это мини зоны отдыха дают возможность присесть, отдохнуть по пути и полюбоваться городским видом;

- **Арт объекты.** Зеленые арт-объекты несут эстетические качества. Такие объекты вносят индивидуальность данному месту и привлекают к себе внимание;

- **Зеленые исторические объекты.** Сохранившиеся памятники садово-паркового искусства (сады, парки и прочие объекты) требуют самого бережного отношения при их использовании. Такой прием позволяет сохранить и использовать исторические объекты в новом городском пространстве;

- **Мобильная система озеленение.** Мобильные системы озеленения реализуются путем внедрения в архитектурную среду перемещаемых природосообразных элементов. В условиях уплотненной застройки крупных городов или при создании мест отдыха в условиях дефицита времени они незаменимы. Они позволяют вносить быстрые изменения в городские пространства, делать их более разнообразными, интересными для горожан. Применение мобильного озеленения дает возможность реализовать требуемое нормирование озеленения, использовать участки ранее не включенные в процесс организации озелененных мест;

- **Оформление входных групп.** Входные группы оформляют растительностью, чтобы привлечь внимания, создать дружественную атмосферу, создать тень и скрыть неприглядность постройки.

Вышеперечисленные приемы дают возможность создавать зеленые микрозоны разных размеров, и позволяет решать разнообразные задачи в любых пространствах (рис. 4).

Рис. 4. Концепция организации связей между существующими зелеными зонами в урбанизированной среде при помощи зеленых микрозон

Увеличение площади зеленых насаждений на общественных и частных землях и зданиях делают города функциональнее и комфортнее. И этот факт вполне может использовать при брендировании территорий [6].

Во-первых, наличие природосообразных городских ландшафтов, ухоженных зеленых территорий вызывают чувство комфорта у горожан. Исследования восприятия окружающей среды могут помочь в создании мест, удовлетворяющих потребности горожан в контакте с природными элементами. Возникающий при этом позитивный эмоциональный отклик трудно переоценить. Если пространство положительно эмоционально окрашено, оно будет чаще посещаться людьми. И помимо улучшения собственного эмоционального состояния, люди будут непроизвольно выполнять функцию охраны порядка. Снижается риск антисоциального поведения.

Знания о модели предпочтения в восприятии окружающей среды необходимо принимать во внимание при создании новых и реорганизации уже существующих городских зеленых пространств [7].

Во-вторых, города хорошо обеспеченные зелеными зонами приобретают преимущество в конкурентной экономической борьбе. И уже сложившиеся, и еще только формирующиеся города имеют возможность поощрять низкозатратную и высокоприбыльную инициативную деятельность. Что, в свою очередь, поощряет увеличение количества рабочих мест, уменьшает затраты на содержания инфраструктуры, привлекает гостей внутри страны и из-за рубежа.

В-третьих, не стоит ограждать зеленые зоны – это ограничивает использование предоставляемых ими преимуществ, которые. Свободный доступ к природосообразным компонентам должен стать постоянным во время поездок по городу, трудовой деятельности и личной жизни. Например, уменьшив площади дорожного покрытия на улицах и тротуарах, можно существенно поднять биопотенциал, расширить возможности для посадки растений, создать новые места дружелюбные для пешеходов.

Увеличение растительных площадей и создание новых общественных мест сделает города более пригодными для жизни и привлекательными для горожан и гостей, для привлечения инвестиций и ведения бизнеса. Мы входим в новую эпоху, в которой городская жизнь снова связана с миром природы [8].

Список библиографических ссылок

1. Сибгатуллина И.Ф. Психологическая безопасность, культура и качество жизни в мегаполисе. – Казань: Новая школа, 2011. – 160 с.
2. Булдакова Е.А. Современные приемы организации зеленых зон в уплотненной застройке города // Современные научные исследования и инновации, 2012, № 5. URL: http://web.snauka.ru/issues/2012/05/12660 (дата обращения: 24.10.2016).
3. Рябов О.Р, Николаева И.В. Эмоциональное восприятие архитектурной среды // Известия КГАСУ, 2016, № 3 (37). – С. 62-67.
4. Sibgatullina I., Resonante Cokreation – Einsatz des Bildes als Therapiemittel // Ein künstlerischer Werdegang Stefanie Grüssl «Zauberformel» – Österreich, 2010. – P. 129-132.
5. Рябов О.Р. Антикриминальный дизайн предметно-пространственной среды // Вестник ВэгУ, 2014, № 1 (69). – С. 97-101.
6. Динни Кейт. Брендинг территорий. Лучшие мировые практики. – М.: Манн, Иванов и Фербер, 2013. – 336 с.
7. Смолова Л.В. Психология взаимодействия с окружающей средой (экологическая психология). – СПб.: СПбГИПСР, 2010. – 711 с.
8. Бреднева Л. Роль озеленения в жизни современного мегаполиса. URL: http://www.gkhprofi.ru/news.php?id=499 12660 (дата обращения: 24.10.2016).

Riabov O.R. – candidate of psychological sciences, associate professor
E-mail: oscar-ryabov@yandex.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Green microzone in the urban environment

Resume

Intensifying rates of urbanization, and the resulting deterioration in the process of ecological indicators require the development of new and innovative approaches humanization of the urban environment. We propose a new approach to the greening of urban spaces, which allows to solve the problems of ecologization and humanization of urban spaces without radical methods of transformation of the urban environment. Introduce the concept «green microzones». Green microzone is non-systemic landscaped object of the urbanized area the size of 5 x 10-8 to 0,3 hectares, performing the functions of creation the appropriate scale of human perception of the environment, management of traffic and pedestrian flows, creating figurative and emotional objects. The main objective of the green microzones is a connection of disparate elements of landscaping system. It is also proposed typology of the goals and methods of creation of green microzones in the urban environment:

1. As a means of creating scales relevant to human perception of the urban environment;
2. As a control traffic and pedestrian flows in the urban environment;
3. As a means of creating figurative and emotional perception of the urban environment.

All this gives an opportunity to create green microzones of different sizes, and allows you to solve various problems in any areas.

Keywords: green microzone, landscaping, space organization, emotion, perception, architectural environment.

Reference list

1. Sibgatullina I.F. Psychological security, culture and quality of life in the metropolis. – Kazan: Novaya shkola, 2011. – 160 p.
2. Buldakova E.A. Modern methods of organization of green spaces in the building of the city seal // Modern scientific research and innovation, 2012, № 5. URL: http://web.snauka.ru/issues/2012/05/12660 (reference date: 10.24.2016).
3. Riabov O.R., Nikolaeva I.V. Emotional perception of architectural environment // Izvestia KGASU, 2016, № 3 (37). – P. 62-67.
4. Sibgatullina I., Resonante Cokreation – Einsatz des Bildes als Therapiemittel // Ein künstlerischer Werdegang Stefanie Grüssl «Zauberformel» – Österreich, 2010. – P. 129-132.
5. Ryabov O.R. Anti-crime design detail-spatial environment // Vestnik VEGU, 2014, № 1 (69). – P. 97-101.
6. Dinnie K. City Branding. Theory and Cases. - M.: Mann, Ivanov and Ferber, 2013. - 336 p.
7. Smolova L.V. Psychology of interaction with the environment (environmental psychology). – SPb.: SPbGIPSR, 2010. – 711 p.
8. Bredneva L. The role of landscaping in the life of a modern metropolis. URL: http://www.gkhprofi.ru/news.php?id=499 12660 (reference date: 10.24.2016).

УДК 71:69.003.13
Хабибулина А.Г. – кандидат экономических наук, доцент
E-mail: albgomer@mail.ru
Хабибулина А.М. – студент
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

Анализ направлений развития логистических распределительных центров в градостроительной практике Республики Татарстан

Аннотация

В статье приводится анализ современного состояния объектов логистической инфраструктуры в системе городских агломераций Республики Татарстан. Стратегия развития этих объектов определяется перспективными технологиями в области логистики и их влиянием на архитектурно-пространственные и планировочные решения существующих транспортно-распределительных центров. Актуальным является изучение опыта строительства и функционирования, подобных логистических парков за рубежом. Проведенное исследование позволяет выявить основные тенденции в развитии логистических центров: комплексность задач по размещению объектов инфраструктуры, организация автономного инженерного обеспечения, экологизация застраиваемых территорий.

Ключевые слова: логистический распределительный центр, городские агломерации, логистическая инфраструктура, градостроительный аспект.

Современный крупный индустриальный город, является ядром транспортно-логистической системы региона (области). Строительство логистических распределительных центров (ЛРЦ), является неотъемлемой частью этой системы. При разработке проектных предложений по размещению ЛРЦ кроме технико-экономических обоснований, необходимо учитывать широкий спектр градостроительных задач. В планах социально-экономического развития городских агломераций Республики Татарстан формированию логистической инфраструктуры региона уделяется особое внимание [1].

Стратегия развития Республики Татарстан дифференцирована по трём экономическим зонам с соответствующими городскими агломерациями: Казанской, Камской и Альметьевской. Состояние логистической инфраструктуры в данных агломерациях представлены в табл. 1-2 [2].

Таблица 1

Развитие ЛРЦ в городских агломерациях Республики Татарстан

№	Городские агломерации	Города экономической зоны	Логистические комплексы	Общая численность населения (на 1 января 2014 г.), тыс. чел.	Плотность населения, чел./га
1	Казанская	Казань, Зеленодольск	«Q-Park Казань», «Биек Тау», «Деловые линии», «Константиновский», «Свияжский межрегиональный мультимодальный логистический центр», «Тандер»	1 478	177
2	Камская	Елабуга, Менделеевск, Набережные Челны, Нижнекамск	«Havi Logistics», логистико-распределительный центр «Логикам»	944,3	165
3	Альметьевская	Альметьевск, Бугульма, Лениногорск	–	337	71

Таблица 2

Основные характеристики крупнейших ЛРЦ Республики Татарстан

Наименование логистического центра	Расположение	Площадь, введенная в эксплуатацию, м^2	Основные объекты
Q-Park Казань	Лаишевский район, с. Столбище, около международного аэропорта г. Казани	83000	Складской комплекс (по модели built-to-suit)
Биек Тау	Высокогорский район, д. Макаровка, Федеральная трасса М7	60000	Таможенный склад – 3000 м^2; 1 складской корпус – 60000 м^2 (в эксплуатации); 2 складских корпуса – по 100000 м^2.
Деловые линии	г. Казань, ул. Восстания, 100, территория технополиса «Химград»	4500	Терминал сборных грузов (кросс-доковая система)
Константиновский	Высокогорский район, с. Константиновка	44000	1 складской корпус
Свияжский межрегиональный мультимодальный логистический центр	Зеленодольский район, пгт Нижние Вязовые, Федеральная трасса М7 «Волга», железнодорожный узел Юдино, железнодорожная станция Свияжск	810000 (первый этап строительства)	Контейнерный терминал – 163500 м^2; Терминал навалочных грузов – 27000 м^2; Складской комплекс – 33200 м^2; Объекты технического и технологического сервиса; Административно-управленческий центр; объекты обслуживающего назначения
Тандер	г. Зеленодольск, ул. Машиностроителей, 10	22500	Контейнерный / логистический терминал
Havi Logistics	г. Елабуга, территория особой экономической зоны (ОЭЗ) «Алабуга»	7000	Складской комплекс – 5832 м^2; Административно-бытовые корпуса – 1080 м^2.
Логикам	г. Набережные Челны, площадка КИП «МАСТЕР», в 2 км от Федеральной трассы М7. Имеется собственный ж/д тупик	7000	Склады временного хранения – 1574 м^2; Закрытые площади – 3067,68 м^3.

Казань в ближайшей перспективе, благодаря активному развитию транспортно-логистической инфраструктуры, на уровне передовых зарубежных стандартов, может стать важнейшим российским транспортным хабом. В Казанской агломерации сосредоточены федеральная автомагистраль М7 и трассы, Р242, Р241, Р239. Ключевой задачей является реализация главного проекта Казанского хаба – крупного транспортно-логистического узла – Свияжский межрегиональный мультимодальный логистический центр (СММЛЦ). СММЛЦ – логистический узел, на пересечение международных транспортных коридоров «Север – Юг», «Запад – Восток» обеспечит перевозку грузов водным, железнодорожным и автомобильным транспортом. Общая площадь застройки СММЛЦ – 1200 га. Участок, расположенный на правом берегу Волги в 40 км от Казани, включает в себя основную зону площадью 71,4 га и резервную производственную зону – 378 га. Также выбор территории для строительства СММЛЦ определен близостью к железнодорожным станциям Юдино (сортировочная) и Свияжск и примыканием к федеральной автомагистрали М7. В разработке генплана СММЛЦ участвовали ведущие немецкие компании, с огромным опытом в области проектирования логистических узлов Sellhorn ingenieurgesellschaft mbH (www.sellhorn-hamburg.de) и Hamburg Port Consulting (www.hamburgportconsulting.de) (рис. 1) [3].

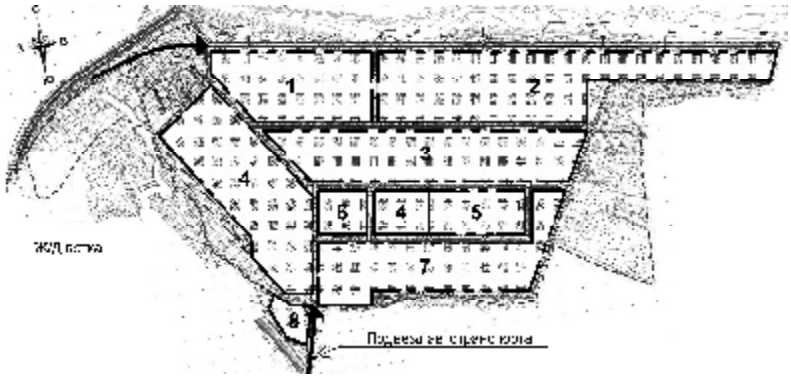


Рис. 1. Схема зонирования Свияжского межрегионального мультимодального логистического центра [3].
Зоны: 1 – портовая I (железнодорожный весовой контроль, портовый АБК);
2 – портовая II (открытые склады); 3 – контейнерная; 4 – складская I (для тарно-штучных грузов);
5 – складская II (распределительная); 6 – административно-управленческая;
7 – сервисно-торговая и технического сервиса; 8 – АЗС

Камская агломерация имеет активно развивающуюся сеть индустриальных парков и логистических комплексов в целом удовлетворяющих потребности региона.

Необходимость создания логистического центра в Альметьевской агломерации продиктована сосредоточением важных транспортных магистралей федерального значения – М-5 (Москва-Самара-Уфа) и Р-239 (Казань-Оренбург). Также развитию современной логистической системы способствует введению в эксплуатацию до 2020 года магистрали «Европа-Западный Китай», проходящую через Альметьевскую агломерацию.

Основными объектами инфраструктуры ЛРЦ являются складские сооружения.

Современные складские объекты, в зависимости от площади, технических параметров, развитости инфраструктуры, в том числе обеспеченности инженерными коммуникациями принято подразделять на четыре класса – A, B, C, D*.

При проектировании ЛРЦ необходимо учитывать инженерно-технические требования к складским сооружениям наивысшего класса «А» и «А+» (табл. 3) [4].

Таблица 3

Основные требования к современным складским сооружениям класса «А» и «А+»

Проектные характеристики	Технические условия	
	А	А+
Генплан	– Близость центральных магистралей; – Благоустроенная огороженная территория с круглосуточной охраной; – застраиваемая площадь 45-55 %; – площадки для стоянки и маневрирования крупнотоннажного автотранспорта; – стоянка для легковых машин.	– Близость центральных магистралей; – Благоустроенная огороженная территория с круглосуточной охраной; – застраиваемая площадь 40-45 %; – площадки для стоянки и маневрирования крупнотоннажного автотранспорта; – стоянка для легковых машин.
Планировочное решение	– Предпочтительно прямоугольное в плане сооружение без колонн; – Минимальный шаг колонн (при наличии) – 9 м, пролет – 24 м; – Помещения под офисы; – Вспомогательные помещения (гардеробные, душевые, санузлы, инвентарные); – многоярусные стеллажи; – доковый тип автоматических ворот; – регулируемые по высоте погрузочно-разгрузочные площадки (минимум 1 на 700 м^2).	– Предпочтительно прямоугольное в плане сооружение без колонн; – Минимальный шаг колонн (при наличии) – 12 м, пролет – 24 м; – Помещения под офисы; – Вспомогательные помещения (гардеробные, душевые, санузлы, инвентарные); – Многоярусные стеллажи (от 6-ярусов); – Доковый тип автоматических ворот; – Регулируемые по высоте погрузочно-разгрузочные площадки (минимум 1 на 500 м^2).

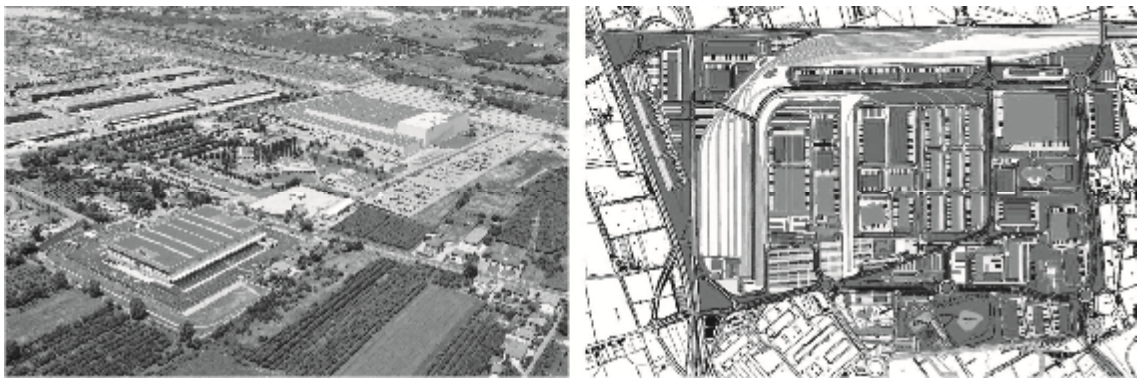
*Классификация, предложена в 2004 году ведущим швейцарским агентством в области корпоративных решений развития недвижимости и управления инвестициями Swiss Realty Group (http://www.swissrealtygroup.com).

Продолжение таблицы 3

Конструкции ограждений	– Легкие металлические конструкции; – Сэндвич-панели; – Фасадные системы; – Светопрозрачные конструкции.	– Легкие металлические конструкции; – сэндвич-панели; – фасадные системы; – светопрозрачные конструкции.
Проектные характеристики	Технические условия	
	А	А+
Полы	– Бетонные полы (минимальная нагрузка 5 т/м^2); – Отметка пола 1,2 м от уровня земли; – Антипылевое покрытие; – Стойкость к истиранию, химической агрессии.	– Бетонные полы (минимальная нагрузка 5 т/м^2); – Отметка пола 1,2 м от уровня земли; – Антипылевое покрытие; – Стойкость к истиранию, химической агрессии.
Потолки	Высота помещения не менее 10 м	Высота помещения не менее 13 м
Системы климатизации	– Регулировка температурного режима; – Система воздухообмена.	– Регулировка температурного режима; – Система воздухообмена.
Инженерное оборудование	– Система информирования о пожаре; – Автоматизированная система пожаротушения; – Охранная сигнализация; – Видеонаблюдение; – Оптико-волоконные телекоммуникационные системы.	– Автономная электрическая подстанция и тепловой пункт; – Система информирования о пожаре; – Автоматизированная система пожаротушения; – Охранная сигнализация; видеонаблюдение; – Системы учета и контролирования прохода персонала; – Оптико-волоконные телекоммуникационные системы.
Необязательные условия	– Автономная электрическая подстанция и тепловой пункт; – Системы учета и контролирования прохода персонала; – Наличие железнодорожной ветки.	Наличие железнодорожной ветки.

Для более эффективной реализации концепции перспективного развития существующих территорий ЛРЦ в Республики Татарстан, специалистам следует принимать во внимание передовой зарубежный опыт внедрения проектных решений в строительстве логистических парков.

За рубежом, в странах с развитой промышленностью, логопарки регионального и государственного значения имеют развитую инфраструктуру с разнообразным набором функций и услуг. Наблюдается тенденция, когда вокруг логистических распределительных узлов сосредотачиваются деловые и торговые центры. Застройка данных районов приобретает все более важное социальное значение. Архитектура современных ЛРЦ, соответственно, требует особого внимания [5-8]. Помимо промышленно-складских сооружений современные логистические комплексы могут включать в себя ряд дополнительных объектов – таможенный пункт, автозаправочные станции, офисные здания, отели, пункты общественного питания, банковские учреждения, почтовые отделения и т.д. Примером такого ЛРЦ может служить комплекс Quadrante Europa в г. Верона (Италия). Quadrante Europa, занимающая площадь 2500000 м^2, с перспективой расширения до 4200000 м^2 является крупнейшим логистическим хабом обеспечивающим доступ к европейским транспортным коридорам. В комплексное логистическое обслуживание национальных и международных автомобильных, железнодорожных, воздушных перевозок грузов объемом 26 миллионов тонн ежегодно, вовлечены 120 компаний с более 10000 сотрудниками (рис. 2) [9]. В Quadrante Europa можно выделить следующие основные «сервис подразделения» оснащенные самими передовыми технологиями: деловой центр со штаб-квартирой компании, железнодорожное управление; таможенные агентства; экспедиционный центр; компания «Фольксваген Груп Италия»; транспортный сервис-центр; терминал Hangartner; сельскохозяйственной и пищевой центр площадью 600000 м^2, крупнейшая международная логистическая платформа в Италии для сбора, распределения и оптовой реализации агропищевой продукции. Функционирует система общественного транспорта, соединяющая ЛРЦ с центром г. Вероны.



а) б)

Рис. 2. ЛРЦ Quadrante Europa в г. Верона (Италия): а – вид сверху; б – генплан [9]

Большое внимание в Quadrante Europa уделяется социально-экологическому аспекту. Безусловно, исходя из масштаба ЛРЦ, многочисленный обслуживающий транспорт, в результате большого количества выбросов в атмосферу CO_2, оказывает серьезное негативное воздействие на окружающую среду района. Озеленение территории Quadrante Europa и благоустроенный парк площадью 70000 м^2 компенсирует вредное воздействия транспорта. Консорциум ЛРЦ уделил особое внимание ландшафтной архитектуре парка. В парке в наличие огороженные спортивные площадки, велосипедные треки общей протяженностью 3 км, пешеходные дорожки для терренкура, туалеты, озеро площадью 6000 м^2. Веломаршрут в темное время суток полностью освещается. В парке высажено около тридцати специально подобранных сортов деревьев. Площадь озеленения парка составляет 10000 м^2. Наличие общественной стоянки на 250 автомобилей, рядом с зеленой зоной, рассчитано с учетом посещений парка жителями соседних районов.

Сохранение окружающей среды важнейшая задача при проектировании инфраструктуры современных ЛРЦ. Показательным примером могут служить ландшафтные решения логистического терминала «Haneda Logistics Terminal», г. Токио (Япония) (рис. 3) [10].

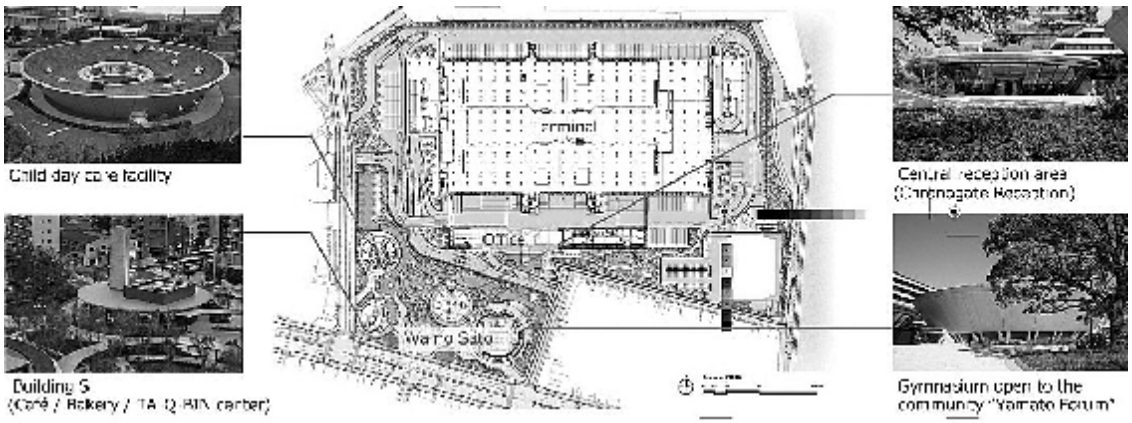


Рис. 3. ЛРЦ. «Haneda Logistics Terminal». Концепция создания экологически безопасной зоны [10]

Целью компании Yamato Group, владельцев ЛРЦ «Haneda Logistics Terminal» является стремление к минимальному выбросу в атмосферу CO_2 в зоне действия терминала. Для этого приняты следующие меры:

– использование для разгрузки и погрузки электрических транспортных средств;

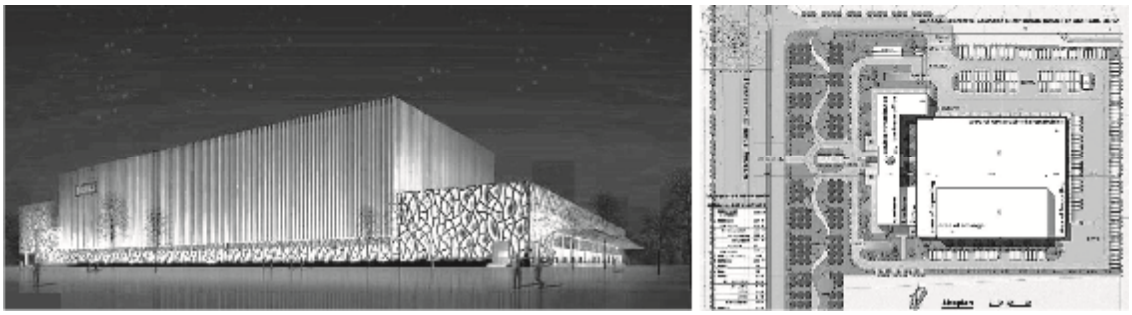
– создание открытых озелененных пространств, используемых для отдыха и эвакуации людей во время стихийных бедствий;

– использование геотермальной и солнечной энергии для обеспечения электричеством, кондиционирования воздуха объектов ЛРЦ.

Использование данных природоохранных мероприятий приводит к снижению примерно на 46 % выбросов углекислого газа в зоне ЛРЦ.

В Китае, быстроразвивающаяся промышленность с передовой системой организации распределительной логистики приносит большой вклад в экономику страны. При этом формируется новый архитектурный тип зданий и сооружений, относящихся к распределительной логистике. Структура и эффективность товароснабжения напрямую связана с проектными решениями объектов логистики. Логистический центр распределения табачной индустрии города Чэнду (Chengdu Tobacco Industry) провинции Сычуань (Sichuan), может являться примером современного, эффективного проектного решения (рис. 4) [11].

ЛРЦ в Чэнду находится в промышленной восточной части города, на территории с ровным рельефом. Логистический центр состоит из двух основных частей – производственной и коммерческой зоны. Внутренняя транспортная система также зонально разделена. Въезд в коммерческую часть ЛРЦ, являющийся главным, осуществляется непосредственно с магистральной дороги и отделен от нее большой площадью озеленения. Клиентов центра встречает эффектная фонтанная группа. Коммерческий корпус – 5-этажное железобетонное сооружение с подземным пространством включает в себя офисы, конференц-залы, столовую и другие вспомогательные помещения. Также дополнительно имеется подземный паркинг вместимостью на 350 автомобилей. Решения фасадов ЛРЦ в Чэнду максимально современны, привлекательны и вуалируют утилитарное назначение объектов.



а) б)

Рис. 4. Логистический центр распределения табачной индустрии города Чэнду:
а – Ночной вид с северо-востока; б – генплан [11]

Крупнейшие транспортно-распределительные центры Европы – Interporto Verona (Италия), GVZ Bremen (Германия), GVZ Nürnberg (Германия), GVZ Berlin Süd GroGbeeren (Германия), Plaza Logistica Zaragoza (Испания), как лучшие зарубежные логистические объекты в градостроительной практике, требуют более глубокого исследования.

Республика Татарстан, является одним из ведущих регионов России в развитии транспортно-логистические комплексов в системе городских агломераций. Стратегия развития этих объектов определяется перспективными технологиями в области логистики и их влиянием на архитектурно-пространственные и планировочные решения существующих распределительных центров. Актуальным является изучение опыта строительства и функционирования, подобных логистических парков за рубежом. Проведенное исследование позволяет выявить основные направления в развитии логистических центров: комплексность задач по размещению объектов инфраструктуры, организация автономного инженерного обеспечения, экологизация застраиваемых территорий. Выделенные тенденции могут быть учтены при разработке рекомендаций градостроительных решений при проектировании логистических комплексов с учетом их класса.

Список библиографических ссылок

1. Государственная программа «Экономическое развитие и инновационная экономика Республики Татарстан на 2014-2020 годы». URL: http://docs.cntd.ru/document/463305855 (дата обращения: 24.09.2016).

2. Закон Республики Татарстан «Об утверждении Стратегии социально-экономического развития Республики Татарстан до 2030 года». URL: http://pravo.tatarstan.ru/rus/file/npa/2015-06/4431/npa_4431.pdf (дата обращения: 24.09.2016).
3. Свияжский межрегиональный мультимодальный логистический центр. URL: http:// mindortrans.tatarstan.ru/investproekt/annotaciya.htm (дата обращения: 24.09.2016).
4. Виды и классификация складских помещений. URL: http://www.ppu21.ru/article/ 825.html (дата обращения: 25.09.2016).
5. Белоусова Н.С. Архитектурное формирование транспортно-логистических комплексов: диссертация... кандидата архитектуры: 18.00.01. – Екатеринбург, 2007. – 154 с.
6. Егоршев С.М. Тенденции развития логистических центров в Российской Федерации // Логистика и управление цепями поставок, № 6 (47), 2011. – С. 22-30.
7. Клименко П.Я. Современные тенденции в архитектурных решениях транспортно-логистических комплексов // Архитектон: известия вузов, № 38, 2012. – С. 38-52.
8. Рожко О.Н. Методический подход к планированию транспортно-логистической структуры региона // Материалы докладов VI Международной заочной научно-практической конференции «Проблемы анализа и моделирования региональных социально-экономических процессов» (Казань, 7-8 апреля 2016 г.). URL: http://dspace.kpfu.ru/xmlui/bitstream/handle/net/103806/PM2016_154_157.pdf (дата обращения: 25.09.2016).
9. Interporto Quadrante Europa. URL: http://www.quadranteeuropa.it (дата обращения: 27.09.2016).
10. Haneda Logistics Terminal. URL: http://www.yamatosolutions.com/english (дата обращения: 27.09.2016).
11. Wang Mei, Chen Rong. Architecture design of logistics distribution center // Logistics. The emerging frontiers of transportation and development in China, 2009. – P. 772-776.

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

Analysis of trends in the development of logistics distribution centers in urban planning practice of the Republic of Tatarstan

Resume

Large modern industrial city, is the core transport and logistics system of the region. The construction of logistics distribution centers (LDC) is an integral part of this system. When developing project proposals for the location of the LRC in addition to feasibility studies, it is necessary to consider a wide range of urban planning issues. In terms of socio-economic development of the metropolitan areas of the Republic of Tatarstan special attention is paid to the formation of the region's logistics infrastructure. Kazan in the short term, due to active development of transport and logistics infrastructure, at the level of advanced foreign standards, can become the most important Russian transport hub. For more effective implementation of the concept of perspective development of existing LDC territories of the Republic of Tatarstan, professionals need to take into account the advanced foreign experience in the implementation of project solutions in the construction of logistics parks. The strategy for the development of these objects is determined by the enabling technologies in logistics and their impact on spatial and planning solutions of existing distribution centers. It is important to study the experience of the construction and operation of such logistics parks abroad. This study allows to identify the main trends in the development of logistics centers: the complexity of the problems in the placement of infrastructure, organization of autonomous engineering support, greening built-up areas. The

identified trends can be considered in developing the recommendations of the urban planning solutions in design of logistics centers based on their class.

Keywords: logistics distribution center, urban agglomeration, logistics infrastructure, urban development aspect.

Reference list

1. The state program «Economic development and innovative economy of the Republic of Tatarstan for 2014-2020». URL: http://docs.cntd.ru/document/463305855 (reference date: 24.09.2016).
2. The law of the Republic of Tatarstan «On approval of strategy of social-economic development of the Republic of Tatarstan till 2030». URL: http://pravo.tatarstan.ru/rus/file/npa/2015-06/4431/npa_4431.pdf (reference date: 24.09.2016).
3. Sviyazhsk interregional multimodal logistics center. URL: http://mindortrans.tatarstan.ru/investproekt/annotaciya.htm (reference date: 24.09.2016).
4. Types and classification of warehouses. URL: http://www.ppu21.ru/article/825.html (reference date: 25.09.2016).
5. Belousova N.S. Architectural formation of transport-logistic complexes: dissertation... of candidate of architecture: 18.00.01. – Ekaterinburg, 2007. – 154 p.
6. Egorshev S.M. Trends in the development of logistics centers in the Russian Federation // Logistika i upravlenie tsepyami postavok, № 6 (47), 2011. – P. 22-30.
7. Klimenko P.Y. Modern trends in architectural solutions to transport and logistic complexes // Arkhitekton: Izvestiya vuzov, № 38, 2012. – P. 38-52.
8. Rozhko O.N. Methodical approach to planning transport and logistics structure of the region // Proceedings of the VI International extramural scientific-practical conference «Problems of analysis and modeling of regional socio-economic processes» (Kazan, 7-8 April 2016). URL: http://dspace.kpfu.ru/xmlui/bitstream/handle/net/103806/PM2016_154_157.pdf (reference date: 25.09.2016).
9. Interporto Quadrante Europa. URL: http://www.quadranteeuropa.it (reference date: 27.09.2016).
10. Haneda Logistics Terminal. URL: http://www.yamatosolutions.com/english (reference date: 27.09.2016).
11. Wang Mei, Chen Rong. Architecture design of logistics distribution center // Logistics. The emerging frontiers of transportation and development in China, 2009. – P. 772-776.

УДК 624.044
Антаков А.Б. – кандидат технических наук, доцент
E-mail: antakof@mail.ru
Антаков И.А. – ассистент
E-mail: igor788@bk.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1

Анализ методик расчета изгибаемых элементов, армированных полимеркомпозитной арматурой, по второй группе предельных состояний

Аннотация
В статье рассмотрены методики расчета изгибаемых элементов, армированных полимеркомпозитной арматурой, представленных в нормативных документах: США – ACI 440.1R-06 и России – СП 63.13330.2012. Выполнено сопоставление теоретических и экспериментальных данных по прогибам и ширине раскрытия трещин при кратковременном приложении нагрузок. В исследовании рассматривались опытные образцы балок, армированные стержнями стеклопластиковой и базальтопластиковой арматуры.
Ключевые слова: неметаллическая арматура, полимеркомпозитная арматура, изгибаемые элементы, деформативность, прогиб, ширина раскрытия трещин.

Актуальность исследования деформационных свойств изгибаемых элементов с полимеркомпозитной арматурой (далее АКП) связана с существенными отличиями свойств композитов от стали: относительно низкий модуль упругости и прямолинейная форма диаграммы «напряжения-деформации». Разнообразные экспериментальные исследования [5-10] показали предсказуемые особенности работы элементов с композитной арматурой под нагрузкой: повышенная деформативность, преимущественно линейная зависимость «изгибающий момент – прогиб» после образования трещин. Прогибы изгибаемых элементов с АКП в 3-4 раза выше, чем у железобетонных аналогов. Однако к моменту разрушения образцов разница снижается до 40 %, что связано с достижением напряжений в стальной арматуре предела текучести [10]. В связи с этим требования второй группы предельных состояний, предъявляемые к конструкциям, могут стать основным барьером для использования композитов в качестве армирования бетонных элементов. Таким образом, достоверность теоретической оценки деформационных свойств конструкций является важным и актуальным вопросом. На данный момент вопросы, связанные с расчетом конструкций по 2 группе предельных состояний по методике СП 63.13330.2012, являются недостаточно изученными [4].

Представленные исследования выполнены в рамках диссертационной работы, направленной на изучение изгибаемых элементов с АКП. Подробное описание этапов исследования изложено в ранее опубликованных работах [1-3]. В данной статье приводятся результаты сопоставления теоретических данных по прогибам и ширине раскрытия трещин, исследуемых опытных образцов-балок, с экспериментальными. Целью является оценка достоверности методик расчета, представленных в нормативных документах СП 63.13330.2012 и ACI 440.1R-06, а также разработка рекомендаций к выполнению расчетов по второй группе предельных состояний.

Обе методики расчета базируются на существующих подходах для железобетонных конструкций. В методике СП, адаптированной для применения композитов, введен ряд изменений:

- сжатая арматура в расчетах не учитывается;
- предельные величины ширины раскрытия трещин увеличены до 0,7 мм и 0,5 мм;
- увеличены значения коэффициента φ_2, учитывающего профиль продольной АКП, до 0,7 для арматуры периодического профиля и 1,2 – для гладкой.

По данным ACI приведенный момент инерции сечения I_e определяется по уравнению:

$$I_e = \beta_d \cdot I_g \cdot \left(\frac{M_{cr}}{M_{max}}\right)^3 + I_{cr} \cdot \left[1 - \left(\frac{M_{cr}}{M_{max}}\right)^3\right] \leq I_g,$$

где введен коэффициент β_d:

$$\beta_d = \frac{1}{5}\left(\frac{\rho_f}{\rho_{fb}}\right).$$

Данное выражение получено эмпирически в результате сопоставления с экспериментальными данными.

По методике ACI 318-05 для железобетонных элементов прогибы от действия длительных нагрузок вычисляются путем умножения значения кратковременного прогиба на коэффициент λ, учитывающий длительность действия нагрузки:

$$\lambda = \frac{\xi}{1 + 50\rho'}.$$

Для элементов, армированных АКП, по методике ACI 440.1R-06 принимают аналогичный подход, но коэффициент армирования в сжатой зоне ρ' считается равным нулю, так как композитная арматура мало эффективна при сжатии, а коэффициент ξ уменьшен на 40 %. Соответственно λ вычисляется следующим образом:

$$\lambda = 0{,}6 \cdot \xi.$$

Коэффициент ξ зависит от длительности действия нагрузки, при продолжительности действия более 5 лет $\xi = 2$, до 6 месяцев – 1,25.

Максимальная ширина раскрытия трещин определяется по формуле:

$$w = 2\frac{f_f}{E_f}\beta k_b\sqrt{d_c^2 + \left(\frac{s}{2}\right)^2}.$$

В выражение введен коэффициент k_b, учитывающий степень сцепления между АКП и окружающим бетоном. Сцепление композитной арматуры с бетоном может существенно отличаться от сцепления стальной арматуры. Поэтому для стержней АКП имеющих сцепление с бетоном аналогичное стальным стержням коэффициент k_b принимается равным 1. Если величина сцепления АКП с бетоном ниже, чем у стальных стержней k_b принимается больше 1,0, если выше – меньше 1,0.

На рис. 1 представлена принципиальная схема испытания исследуемых балок. Опытными образцами являлись бетонные балки сечением 120х220 мм и длиной 1810 мм, армированные двумя стержнями в растянутой зоне.

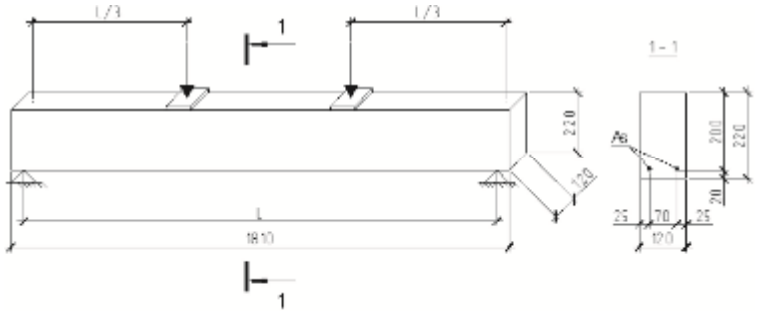


Рис. 1. Схема опирания и нагружения исследуемых балок

В табл. 1 представлены характеристики опытных балок рассматриваемых серий.

Таблица 1

Характеристики серий опытных образцов балок

№ серии	Размеры балки, мм	Класс бетона	Армирование	Процент армирования μ, %
2	Сечение 120х220, пролет 1700	В40	2 Ø10 АСК	0,484
			2 Ø8 АСК	0,321
			2 Ø6 АСК	0,164
3	Сечение 120х220, пролет 1700	В35	2 Ø7 АБК	0,321
			2 Ø5 АБК	0,184
			2 Ø4 АБК	0,105

Примечание: АСК – арматура стеклокомпозитная ТУ 5769-248-35354501-2007; АБК – арматура базальтокомпозитная ТУ 2296-001-60722703-2013.

Серии 2 и 3 содержат образцы, армированные стержнями АСК и АБК. Испытание опытных образцов балок производилось при кратковременном приложении нагрузок.

На рис. 2-7 представлены экспериментальные и теоретические зависимости между величинами изгибающего момента и прогибами для исследуемых опытных образцов. Для двух рассматриваемых методик определены по две диаграммы. В методике СП коэффициент ψ_f, учитывающий неравномерное распределение относительных деформаций растянутой арматуры между трещинами, принимался равным 1 и $\psi_f = 1 - 0{,}8 \cdot \frac{M_{crc}}{M}$. Согласно СП ψ_f допускается принимать равным 1,0 когда соблюдается условие $f \leq f_{ult}$ и $a_{crc} \leq a_{crc,ult}$. По методике ACI данные определялись при коэффициенте ξ равном 1, что соответствует кратковременному действию нагрузки, и 2 – продолжительность действия нагрузки более 5 лет.

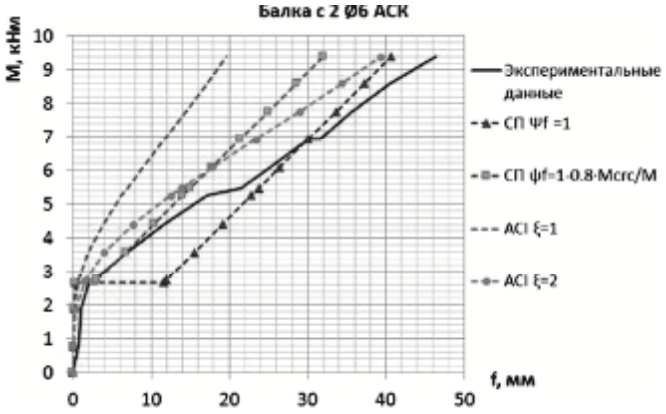


Рис. 2. Экспериментальные и теоретические зависимости «M-f» для балок с двумя стержнями АСК диаметром 6 мм

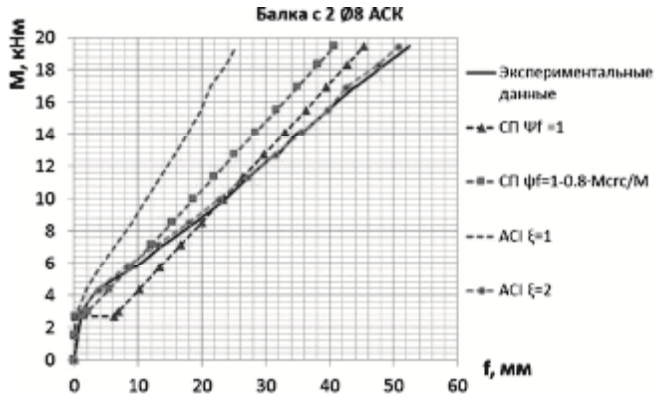


Рис. 3. Экспериментальные и теоретические зависимости «M-f» для балок с двумя стержнями АСК диаметром 8 мм

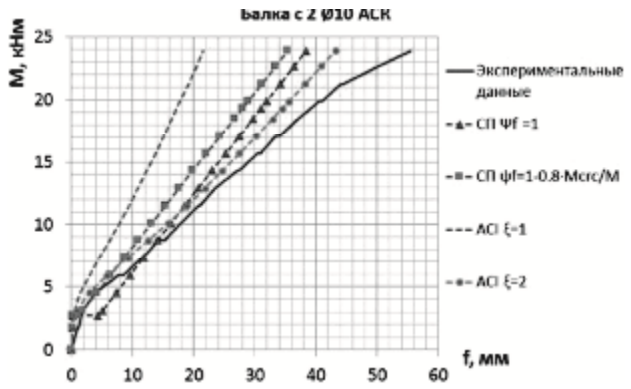


Рис. 4. Экспериментальные и теоретические зависимости «M-f» для балок с двумя стержнями АСК диаметром 10 мм

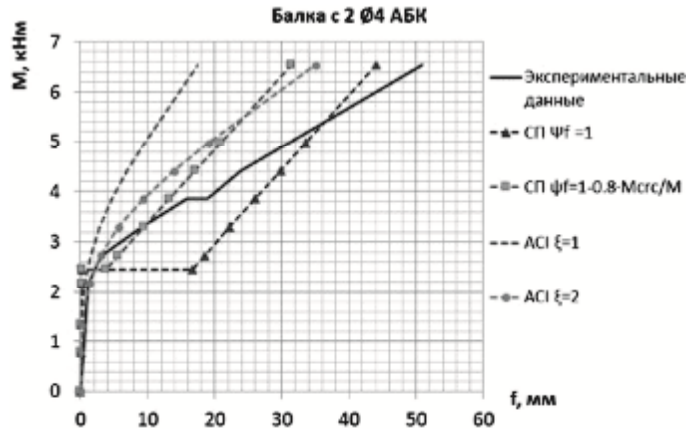


Рис. 5. Экспериментальные и теоретические зависимости «M-f» для балок с двумя стержнями АБК диаметром 4 мм

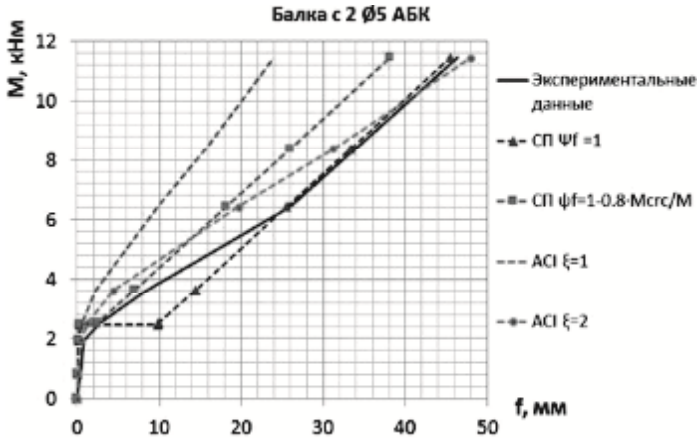


Рис. 6. Экспериментальные и теоретические зависимости «M-f» для балок с двумя стержнями АБК диаметром 5 мм

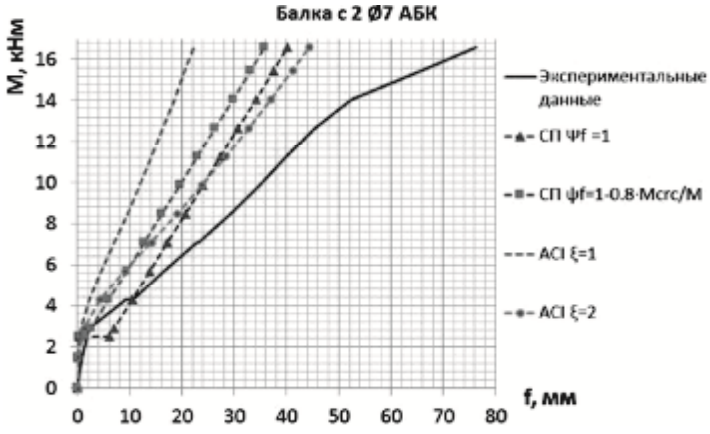


Рис. 7. Экспериментальные и теоретические зависимости «M-f» для балок с двумя стержнями АБК диаметром 7 мм

Работа балок с композитной арматурой под нагрузкой характеризуется преимущественно линейной зависимостью M-f после образования трещин вплоть до разрушения. Диаграммы рассматриваемых методикам после предполагаемого образования трещин также прямолинейны. В диаграммах по методике СП с ψ_f=1 в точке образования трещин диаграмма имеет горизонтальный участок, что является переходом между расчетами прогибов элемента без трещин и с учетом трещин.

Наиболее близкими результатами к экспериментальным данным обладает методика ACI при ξ=2, отклонение от опытных данных составляет до 42 %. По методике СП более точными результатами обладают результаты с $\psi_f = 1 - 0{,}8 \cdot \frac{M_{crc}}{M}$, отклонения до 53 %. С увеличением нагрузки и соответственно прогибов отклонения теоретических данных от экспериментальных увеличиваются. Однако учитывая, что при расчете конструкций по 2 группе предельных состояний предъявляется требование $f \leq f_u$, то есть расчетный прогиб не должен превышать предельно допустимого значения, наиболее ответственным участком диаграммы для исследования является прогибы до предельного значения.

В табл. 2 и рис. 8-9 произведено сопоставление теоретических и экспериментальных значений изгибающих моментов и ширины раскрытия трещин при прогибе балок соответствующем предельно допустимому значению – $(1/200)l_o$.

Таблица 2

Сопоставление величин изгибающего момента и ширины раскрытия трещин при прогибе балок [f]=(1/200)l_o

№ серии	Маркировка балок	Изгибающий момент M и ширина раскрытия трещин a_{crc} при прогибе балок f=8,55 мм (l_o/200)									
		СП 63.13330.2012				ACI 440.1R-06				Эксперимент	
		ψ_f=1		$\psi_f = 1 - 0{,}8 \cdot \frac{M_{crc}}{M}$		ξ=1		ξ=2			
		M, кН·м	a_{crc}, мм	M, кН·м	a_{crc}, мм	M, кН·м	a_{crc}, мм	M, кН·м	a_{crc}, мм	M, кН·м	a_{crc}, мм
2	Бк-10сп	5,318	1,12	7,263	1,08	10,698	0,93	7,039	0,6	5,89	0,5
	Бк-8сп	3,663	0,94	5,639	0,89	8,3	1,08	5,875	0,76	5,576	0,8
	Бк-6сп	-	-	3,99	0,65	5,98	1,5	4,572	1,14	3,88	1,1
3	Бк-7бп	3,527	0,93	5,355	0,89	7,939	1,06	5,589	0,75	4,5	0,5
	Бк-5бп	-	-	4,012	0,69	6,011	1,36	4,524	1,03	3,755	1,1
	Бк-4бп	-	-	3,158	0,53	4,763	1,88	3,743	1,48	3,15	1,35

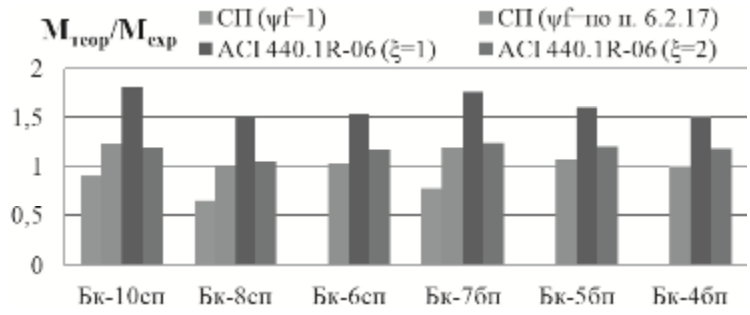


Рис. 8. Сопоставление отношений экспериментальных и теоретических величин изгибающих моментов

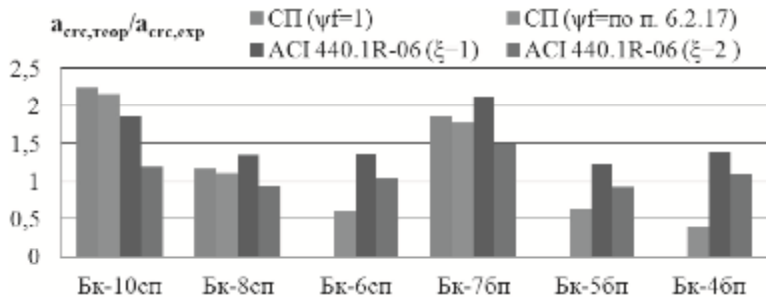


Рис. 9. Сопоставление отношений экспериментальных и теоретических величин ширины раскрытия трещин

Данные изгибающих моментов и ширины раскрытия трещин для образцов балок с армированием двумя диаметрами 6 мм АСК, двумя диаметрами 5 мм АБК и двумя диаметрами 4 мм АБК отсутствуют. Это вызвано тем, что при расчете до предполагаемого образования трещин прогибы не достигают $(1/200)l_o$, а после образования трещин прогибы превышают данную величину.

Отклонение теоретических значений от экспериментальных изгибающих моментов, вычисленных по методике СП при $\psi_f = 1 - 0{,}8 \cdot \frac{M_{crc}}{M}$, составила до 23,31 %, при $\psi_f = 1$ – до 34,31 %. По методике ACI при ξ=1 – до 81,63 %, ξ=2 – до 24,2 %.

Теоретические результаты ширины раскрытия трещин, при двух вариантах определения изгибающего момента по методике СП, показали недостоверные результаты. Разница с экспериментальными данными составила до 124 %. По методике ACI при ξ=1 – до 112 %, ξ=2 – до 50 %.

Основные выводы:

- расчет по деформациям рекомендуется выполнять по методике СП 63.13330.2012 при коэффициенте ψ_f равным $\psi_f = 1 - 0{,}8 \cdot \frac{M_{crc}}{M}$ и методике ACI 440.1R-06 при коэффициенте ξ равным 2;

- для определения ширины раскрытия трещин рекомендуется использовать методику ACI 440.1R-06 при коэффициенте ξ=2;

- полученные данные свидетельствуют о необходимости совершенствования методики СП 63.13330.2012 в части расчетов конструкций по 2 группе предельных состояний.

Список библиографических ссылок

1. Антаков А.Б., Антаков И.А. Анализ нормативных подходов к оценке прочности нормальных сечений изгибаемых элементов, армированных полимеркомпозитной арматурой // Известия КГАСУ, 2014, № 1 (27). – С. 75-80.
2. Антаков А.Б., Антаков И.А. Экспериментальные исследования изгибаемых элементов с полимеркомпозитной арматурой // Известия КГАСУ, 2014, № 3 (29). – С. 7-13.
3. Антаков А.Б., Антаков И.А., Гиздатуллин А.Р. Экспериментальные исследования изгибаемых элементов с предварительно напряженной полимеркомпозитной арматурой // Новое в архитектуре, проектировании строительных конструкций и реконструкции: материалы VIII Всероссийской (II Международной) конференции НАСКР-2014. – Чебоксары, 2014. – С. 69-75.
4. Перельмутер М.А., Попок К.В., Скорук Л.Н. Расчет ширины раскрытия нормальных трещин по СП 63.13330.2012 // Бетон и железобетон, 2014, № 1. – С. 21-22.
5. Климов Ю.А., Солдатченко А.Д., Витковский Ю.А. Экспериментальные исследования композитной арматуры на основе базальтового и стеклянного ровинга для армирования бетонных конструкций // Бетон и железобетон, 2012, № 2 (7). – С. 106-109.
6. Al-Sunna R., Pilakoutas K., Hajirasouliha I., Guadagnini M. Деформационные свойства бетонных балок и плит, армированных АКП: экспериментальное исследование // Композиты Часть B: Строительство, 2012, № 43 (5). – 23 с.
7. Barris C., Torres L., Comas J., Mias C. Трещинообразование и деформации балок армированных АСК: экспериментальное исследование // Композиты Часть B, 2013, № 55. – С. 580-590.
8. El-Gamal S., AbdulRahman B., Benmokrane B. Деформационные свойства бетонных балок с различными типами стержней АСК // CICE 2010. 5-я Международная конференция о АКП композитах в области гражданского строительства. 27-29 сентября, 2010. – Пекин, Китай.
9. Pawłowskia D., Szumigałaa M. Поведение полномасштабных бетонных балок, армированных АБК, при изгибе – экспериментальные и численные исследования //

Материалы 7-ой научно-технической конференции Проблемы в области гражданского строительства (MATBUD'2015). Procedia Engineering 108, 2015. – С. 518-525.

10. Urbanski M., Garbacz A., Lapko A. Исследование бетонных балок, армированных базальтовыми стержнями, в качестве эффективной альтернативы традиционных железобетонных конструкций // Материалы 11-й Международной конференции по вопросам современных строительных материалов, конструкций и технологий. Procedia Engineering 57, 2013. – С. 1183-1191.

Antakov A.B. – candidate of technical sciences, associate professor
E-mail: antakof@mail.ru
Antakov I.A. – assistant
E-mail: igor788@bk.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Analysis of calculation methods of flexural members, reinforced with polymer fiber bars, according to the second group of limit states

Resume

The article presents the results of theoretical and experimental studies of deformability of flexural members with fiber-reinforced polymer (FRP) reinforcement. The study used fiberglass and basalt FRP rebar. The tests were performed at short duration of load application. The study considered calculation methods of guidelines: US – ACI 440.1R-06 and Russia – SP 63.13330.2012. Theoretical data deflections and width of cracks were compared with experimental data.

In considered methods parameters varied: in SP 63.13330.2012 factor ψf, taking into account the uneven distribution of the relative strain of tensile reinforcement between the cracks; in ACI 440.1 R-06 factor ξ, taking into account the duration of load action. Most similar results to the experimental data has the method of ACI 440.1R-06 at factor ξ equal to 2.

Based on the results of the analysis of the obtained results developed a series of recommendations: calculation of the strains recommended by the method of SP at factor ψf accepted equal to $\psi_f = 1 - 0{,}8 \cdot \frac{M_{crc}}{M}$ And the ACI method at factor ξ equal to 2. The data obtained indicate the need for improvement the calculation of serviceability limit states of SP 63.13330.2012 method.

Keywords: non-metallic fitting, fiber-reinforced polymer bars, reinforced concrete, flexural members, deformability, deflection, crack width.

Reference list

1. Antakov A.B., Antakov I.A. Analysis of normative approaches to strength assessment of the normal section bending members with fiber-reinforced polymer reinforcement // Izvestiya KGASU, 2014, № 1 (27). – P. 75-80.
2. Antakov A.B., Antakov I.A. Experimental study of flexural members with FRP reinforcement // Izvestiya KGASU, 2014, № 3 (29). – P. 7-13.
3. Antakov A.B., Antakov I.A., Gizdatullin A.R. Experimental study of flexural members with FRP prestressed reinforcement // International conference on new architecture, design construction and renovation NASKR, 2014. – Cheboksary, 2014. – P. 69-75.
4. Perelmuter M.A., Popok K.V., Skoruk L.N. Calculation of the normal opening width of the cracks on the SP 63.13330.2012 // Concrete and reinforced concrete, 2014, № 1. – P. 21-22.

5. Klimov Y.A., Soldatchenko A.D., Witkowski J.A. Experimental study of composite reinforcement on the basis of basalt and glass roving for reinforcement of concrete structures // Concrete and reinforced concrete, 2012, № 2 (7). – P. 106-109.
6. Al-Sunna R., Pilakoutas K., Hajirasouliha I., Guadagnini M. The deflection behavior of FRP reinforced concrete beams and slabs: An experimental investigation // Composites Part B: Engineering, 43 (5), 2012. – 23 p.
7. Barris C., Torres L., Comas J., Mias C. Cracking and deflections in GFRP RC beams: an experimental study // Composites: Part B, 55, 2013. – P. 580-590.
8. El-Gamal S., AbdulRahman B., Benmokrane B. The deflection behaviour of concrete beams reinforced with different types of GFRP Bars // CICE 2010 – The 5th International conference on FRP composites in civil engineering. September 27-29, 2010, Beijing, China.
9. Pawłowskia D., Szumigałaa M. Flexural behaviour of full-scale basalt FRP RC beams – experimental and numerical studies // Proceedings of the 7th Scientific-technical conference Problems in civil engineering (MATBUD'2015). Procedia Engineering 108, 2015. – P. 518-525.
10. Urbanski M., Garbacz A., Lapko A. Investigation of concrete beams reinforced with basalt rebars as an effective alternative of conventional R/C structures // Proceedings of the 11th International conference on Modern building materials, structures and techniques. Procedia Engineering 57, 2013. – P. 1183-1191.

УДК 69.07+699.88
Валиуллин Д.А. – студент
E-mail: damirvall@rambler.ru
Надршина А.Р. – студент
E-mail: n.ice01@mail.ru
Майстренко И.Ю. – кандидат технических наук, доцент
E-mail: igor_maystr@mail.ru
Зиннуров Т.А. – кандидат технических наук, старший преподаватель
E-mail: leongar@mail.ru
Майстренко Т.И. – студент
E-mail: maystrenko1496@mail.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1

Оценка остаточного ресурса стальной конструкции, эксплуатируемой в агрессивной среде

Аннотация

В работе решается задача определения остаточного ресурса элемента стальной конструкции, проработавшего в агрессивной среде в течение достаточно продолжительного промежутка времени, с привлечением доступных программно-вычислительных средств регрессионного анализа. В работе представлен общий алгоритм расчета остаточного ресурса элемента стальной конструкции, эксплуатируемой в агрессивной среде, позволяющий учитывать индивидуальные особенности конструктивного элемента в составе конструкции. При реализации задач исследования также учтены допуски на начальные размеры элемента и допуски на точность обмерных работ.

Ключевые слова: остаточный ресурс, стальная конструкция, регрессионный анализ, агрессивность среды, интервальная оценка.

Введение

Из инженерной практики известно, что вероятность отказа и опасность аварий инженерного сооружения во многом зависят от сроков и условий эксплуатации, заданного уровня надежности элементов и деталей конструкции, а также выбора материалов и технических решений, которые при аварийном выходе из строя или локальном повреждении отдельных несущих элементов не ведут к прогрессирующему обрушению сооружения [1].

Учитывая, что задача расчета остаточного ресурса является многопараметрической, в данной работе исходные данные для расчета остаточного ресурса элемента стальной конструкции разделены на шесть отличительных ступеней.

Формирование исходных данных

На первой ступени дается оценка начальных геометрических факторов расчетных сечений на стадии проектирования. Для формирования указанных первичных исходных данных используется имеющаяся конструкторская документация, выданная предприятием-изготовителем, техническое задание на проектирование, технические условия на изготовление, либо данные обследования и испытания ответственных конструкций при вводе технической системы в эксплуатацию. При этом учитываются предусмотренные технической документацией допускаемые отклонения как на размеры сечений прокатных элементов, так и на монтаж сборочных единиц (ГОСТ 19903-74, ГОСТ 27772-88 и ГОСТ 21778-81). Очевидно, что будет логичным на первой ступени сопоставить имеющиеся данные по допускаемым отклонениям с глубиной ожидаемого коррозионного поражения, в силу возможной взаимосвязи указанных факторов.

На второй ступени дается оценка геометрических характеристик расчетных сечений после эксплуатации технической системы в течение некоторого промежутка времени, при этом будем полагать возможным наличие неблагоприятных факторов, способствующих проявлению деградационных процессов, включая коррозионный или абразивный износ расчетных элементов, а также процессов старения конструкционных

материалов [2]. Для получения указанных параметров второй ступени используются методы прямых и косвенных измерений размеров сечений при периодическом техническом обследовании и диагностировании с использованием методов неразрушающего физического контроля и визуально-измерительного контроля. Это позволяет получить выборки наблюдений за изменчивостью определяющих параметров, с заданным уровнем достоверности.

На третьей ступени определяются критерии предельных состояний, как правило, I и II групп, превышение которых ведет к исчерпанию показателей ресурса безопасной эксплуатации конструктивного элемента [1], а также расчетные комбинации, имеющие решающее или определяющее значение в определении состояния технической системы в целом или отдельного расчетного сечения, например, сочетания «нагрузка-прочность-среда-износ», «циклы нагрузки – усталостная прочность – процессы износа – среда эксплуатации».

На четвертой ступени выполняется формирование исходных параметров в виде нагрузок, внутренних усилий и напряжений в конструктивном элементе. При этом функциональное взаимодействие между указанными параметрами может быть достигнуто за счет использования классических методов строительной механики, механики разрушения, сопротивления материалов, а также экспериментальных исследований в соответствующей области знаний, например, применительно к мостовым конструкциям, техническим системам подъемно-транспортного машиностроения.

На пятой ступени формирования исходных параметров определяются расчетные характеристики материала конструкции или другие нормируемые показатели, например, допустимые прогибы конструкции, отрезки опасных значений периода колебаний от вертикальных динамических воздействий подвижной нагрузки на техническую систему [3].

На шестой ступени определяются параметры регрессионных моделей, которые будут использоваться для расчета остаточного ресурса. При этом следует иметь в распоряжении достаточный объем данных, позволяющий обеспечить репрезентативность и представительность выборок, а также создавать адекватные регрессионные модели, включающие детерминированные и случайные составляющие этих моделей. На этой ступени может потребоваться использование приемов работы с малыми выборками, так как в практике мониторинга технического состояния строительных объектов не всегда удается создать систему непрерывного мониторинга.

Общий алгоритм расчета

Для выполнения расчета остаточного ресурса выделено два основных этапа.

На первом этапе выбирается регрессионная модель, наилучшим образом описывающая показатели износа конструкции.

На втором этапе, с использованием выбранной регрессионной модели, прогнозируется развитие напряженно-деформированного состояния элементов конструкции и по критериям предельных состояний оценивается остаточный ресурс конструкции. Влияние неточностей измерений, допусков на конечный результат учитывается использованием доверительных интервалов для принятой доверительной вероятности.

Для наглядности в табл. 1-2 показано формирование исходных параметров для оценки расчетного сечения конструктивного элемента, геометрические размеры которого получены в ходе натурных обследований стальной конструкции специализированной организацией. Для учета возможных неточностей при формировании выборок из десяти измерений фактических толщин горизонтальных поясов и вертикальных стенок балки, производилась интервальная оценка параметров с доверительной вероятностью, равной 0,95.

Таблица 1

Начальные геометрические характеристики расчетного сечения элемента конструкции

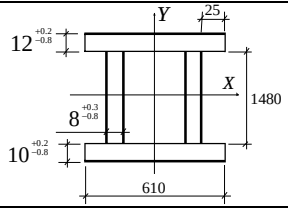
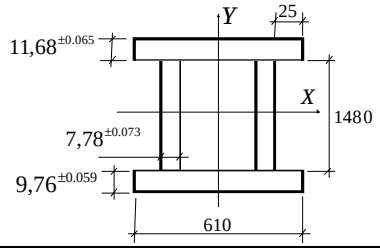
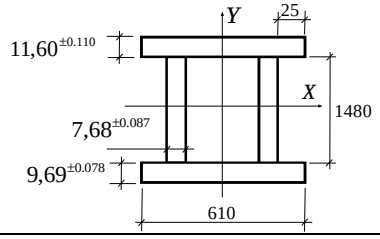
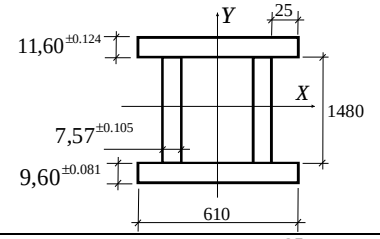
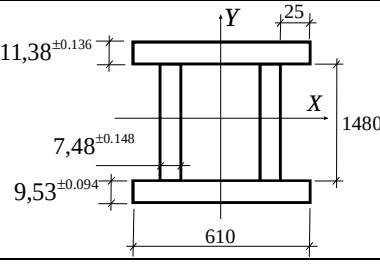
Пролет, м	$30{,}000^{\pm 0{,}005}$
Начальные геометрические размеры стальной коробчатой главной балки, мм	

Таблица 2

Геометрические параметры расчетного сечения конструктивного элемента на конечных и промежуточных интервалах времени эксплуатации

Геометрические размеры стальной коробчатой главной балки по результатам обмеров после 16 лет эксплуатации в слабоагрессивной среде, мм	
Геометрические размеры стальной коробчатой главной балки по результатам обмеров после 22 года эксплуатации в слабоагрессивной среде, мм	
Геометрические размеры стальной коробчатой главной балки по результатам обмеров после 28 лет эксплуатации в слабоагрессивной среде, мм	
Геометрические размеры стальной коробчатой главной балки по результатам обмеров после 38 лет эксплуатации в слабоагрессивной среде, мм	

Для стальной коробчатой балки рассматриваются следующие наиболее характерные критерии предельных состояний:

а) прочность по нормальным напряжениям:

$$s_p(t) = \frac{M}{W_x(t)} \le g_c \cdot R_y(t), \quad (1)$$

где $\sigma_p(t)$ и $R_y(t)$ – соответственно функции изменения во времени нормальных напряжений от изгиба и удельной прочности; γ_c – коэффициент условий работы; $W_x(t)$ – функция изменения во времени определяющего геометрического фактора сечения (момента сопротивления);

б) по местной устойчивости вертикальной стенки:

$$\frac{s_u(t)}{s_{кр}(t)} \le g_c, \quad (2)$$

$$\frac{t_u(t)}{t_{кр}(t)} \le g_c, \quad (3)$$

где $\sigma_u(t)$ и $\tau_u(t)$ – соответственно функции изменения во времени расчетных нормальных сжимающих и касательных напряжений; $\sigma_{кр}(t)$ и $\tau_{кр}(t)$ – функции изменения во времени критических нормальных сжимающих и касательных напряжений.

в) по вертикальному прогибу балки:

$$f_p(t) \le [f_н], \quad (4)$$

где $f_p(t)$ – функция изменения во времени расчетного прогиба стальной коробчатой балки; $[f_н]$ – допустимый прогиб конструкции.

Для описания коррозионного износа элементов расчетного сечения рассмотрены модели математической регрессии в виде: степенной функции вида $f(x) = kx^n + b$; линейной функции вида $f(x) = kx + b$, полученной по сумме квадратов отклонений; линейной функции, полученной по сумме модулей отклонений; полинома вида $f(x) = c_0 + c_1x^1 + c_2x^2 + \ldots c_mx^m$.

В качестве меры того, насколько хорошо регрессия описывает систему наблюдений за изменением во времени толщин элементов расчетного сечения стальной коробчатой балки, использован коэффициент детерминации d_m, который представляет собой отношение объясненной части вариации ко всей вариации в целом [7]:

$$d_m = 1 - \frac{S_{Rm}^2}{S_m^2}, \quad (5)$$

где $S_{Rm}^2 = \sum_{j=1}^{n} \left[dx_{mj} - d\hat{x}_{mj}\right]^2$ – сумма квадратов отклонений фактических толщин от значений, полученных при помощи функции регрессии; $S_m^2 = \sum_{j=1}^{n} \left[dx_{mj} - \overline{dx}_{mj}\right]^2$ – сумма квадратов отклонений фактических толщин от их среднего статистического; m – индекс элемента расчетного сечения; n – количество элементов.

На первом этапе расчета остаточного ресурса выбираем модель математической регрессии (табл. 3), имеющую наиболее близкое к единице значение коэффициента детерминации, полученного по формуле (5):

а) для верхнего пояса – регрессия степенной функцией:

$$f[\delta x_1(\tau)] = -0{,}044 \times \tau^{0{,}777} + 12; \quad (6)$$

б) для нижнего пояса – регрессия линейной функцией

$$f[\delta x_2(\tau)] = 9{,}973 - 0{,}015 \times \tau; \quad (7)$$

в) для вертикальных стенок – регрессия линейной функцией

$$f[\delta x_3(\tau)] = 7{,}976 - 0{,}018 \times \tau. \quad (8)$$

По выбранным моделям математической регрессии (6-8) и исходным параметрам, приведенным в табл. 1-2, выполнены расчеты прогнозируемых значений напряженно-деформированного состояния рассматриваемой стальной коробчатой главной балки, затем по установленным критериям предельного состояния, см. неравенства (1-4), определен остаточный ресурс.

Таблица 3

Элемент расчетного сечения балки	Модель математической регрессии	S_{Rm}^2	S_m^2	d_m
Верхний пояс	Степенная функция	0,048	0,239	***0,800***
	Линейная функция (по сумме квадратов отклонений)	0,049		0,793
	Линейная функция (по сумме модулей отклонений)	0,050		0,790
	Полином	0,050		0,793
Нижний пояс	Степенная функция	0,029	0,136	0,787
	Линейная функция (по сумме квадратов отклонений)	0,024		***0,827***
	Линейная функция (по сумме модулей отклонений)	0,024		0,825
	Полином	0,026		0,809
Вертикальная стенка	Степенная функция	0,037	0,173	0,784
	Линейная функция (по сумме квадратов отклонений)	0,034		***0,803***
	Линейная функция (по сумме модулей отклонений)	0,036		0,794
	Полином	0,040		0,768

С учетом интервальных оценок для доверительной вероятности, равной 0,95, и времени эксплуатации конструкции к моменту оценки остаточного ресурса – 38 лет, получены следующие результаты:

а) прогноз времени достижения предельного состояния по условию прочности по нормальным напряжениям характеризуется интервалом от 41 до 59 лет (рис. 1), интервальная оценка остаточного ресурса получена в диапазоне от 3 лет до 21 года; при этом изменение момента сопротивления сечения за данный момент времени составляет 12851,4…13035,1 см^3 (рис. 2).

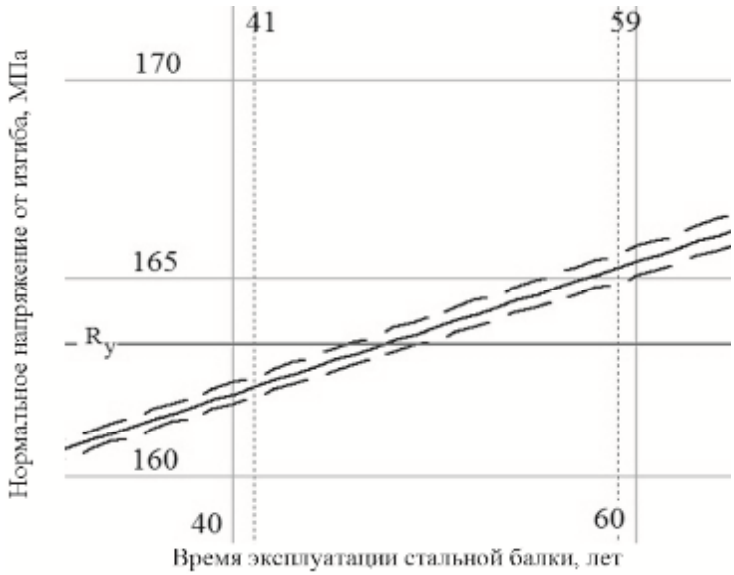


Рис. 1. Прогноз времени достижения предельного состояния по условию прочности по нормальным напряжениям

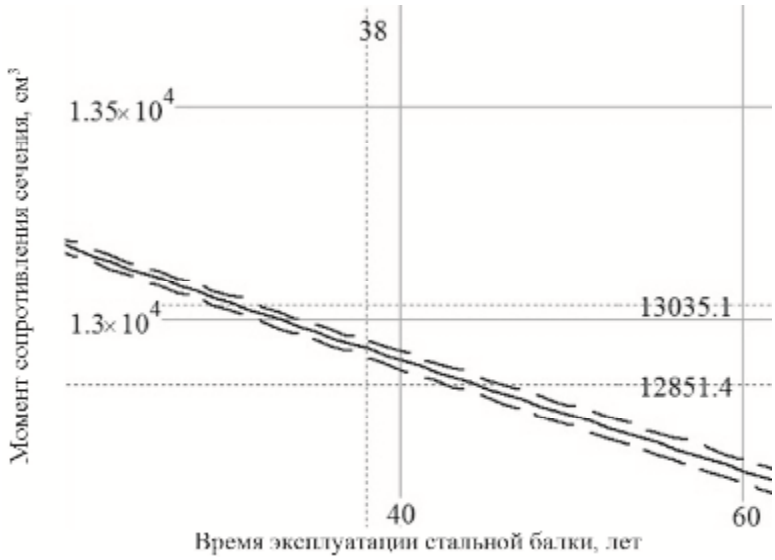


Рис. 2. Прогноз изменчивости момента сопротивления сечения

б) прогноз времени достижения предельного состояния по условию местной устойчивости вертикальной стенки характеризуется интервалом от 99 до 139 лет (рис. 3), интервальная оценка остаточного ресурса получена в диапазоне от 61 до 101 года;

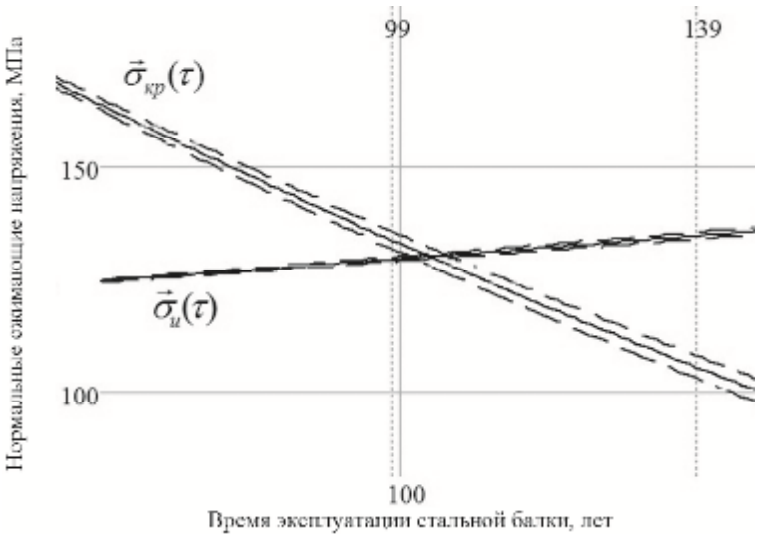


Рис. 3. Прогноз времени достижения предельного состояния
по условию местной устойчивости вертикальной стенки

в) прогноз времени достижения предельного состояния по условию удовлетворения требований к нормативному прогибу в вертикальной плоскости характеризуется интервалом от 45 до 65 лет (рис. 4), интервальная оценка остаточного ресурса получена в диапазоне от 7 до 27 лет; при этом изменчивость момента инерции сечения составляет 964168,6…978214,9 см^4 (рис. 5).

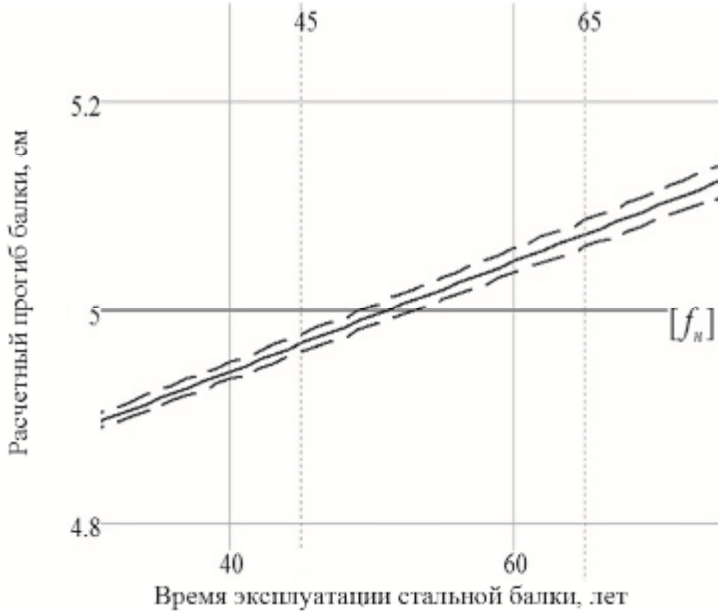


Рис. 4. Прогноз времени достижения предельного состояния по условию удовлетворения
требований к нормативному прогибу в вертикальной плоскости

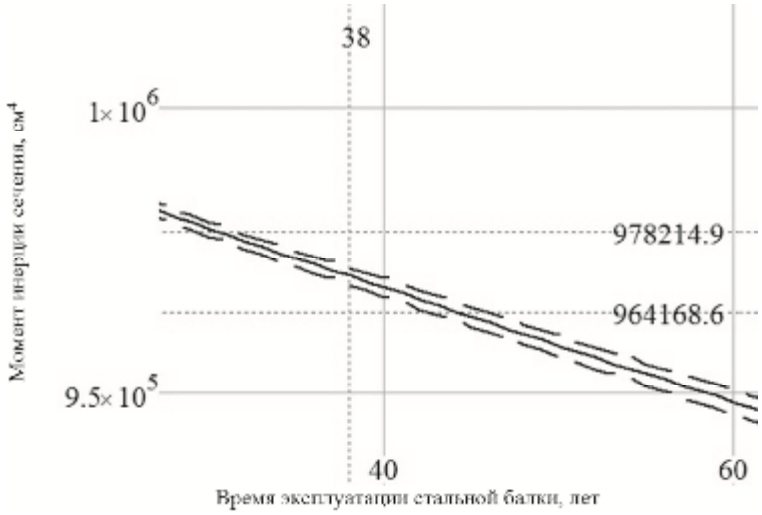


Рис. 5. Прогноз изменчивости момента инерции сечения

Таким образом, в рамках рассмотренных условий оценки, остаточный ресурс стальной конструкции, эксплуатирующийся в агрессивной среде, может быть назначен в пределах 3 лет, с принятой обеспеченностью 0,95. При этом полученное значение остаточного ресурса может быть скорректировано и уточнено при последующих натурных обследованиях стальной конструкции.

Выводы

1. Разработан и апробирован общий алгоритм расчета остаточного ресурса элемента стальной конструкции, эксплуатируемой в агрессивной среде, позволяющий учитывать индивидуальные особенности конструктивного элемента. При реализации задач исследования учтены допуски на начальные размеры элемента и точность обмерочных работ.
2. Для моделирования коррозионного износа использованы программно-вычислительные средства регрессионного анализа, которые позволяют вести вычисления остаточного ресурса по критериям предельных состояний с заданной надежностью на основе известных соотношений между доверительной вероятностью и интервалом для принятого закона распределения вероятностей искомого параметра.
3. Данный алгоритм позволяет определить сроки дальнейшей безопасной эксплуатации и запланировать капитальный ремонт конструкций зданий и сооружений.

Список библиографических ссылок

1. СТО 36554501-014-2008. Стандарт организации. Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения. – М.: ФГУП «НИЦ Строительство», 2008.
2. Горохов Е.В., Брудка Я., Лубиньски М. и др. Долговечность стальных конструкций в условиях реконструкции. – М.: Стройиздат, 1994. – 488 с.
3. Шпете Г. Надежность несущих строительных конструкций / Пер. с нем. О.О. Андреева. – М.: Стройиздат, 1994. – 288 с.; ил. – Перевод. изд.: Gerhard Spaethe. – Die Sicherheit tragender Baukonstruktionen.
4. Тамразян А.Г. Некоторые элементы проведения экспертизы сооружений на безопасность // Предотвращение аварий зданий и сооружений: сб. науч. тр. – Магнитогорск, 2006, Вып. 6. – С. 51-57.
5. Майстренко И.Ю., Манапов А.З. Оценка резервов несущей способности и долговечности эксплуатируемых мостов с учетом индивидуальных особенностей // Известия КазГАСУ, 2009, № 2 (12). – С. 295-301.

6. Перельмутер А.В. Избранные проблемы надежности и безопасности строительных конструкций. – М.: Изд. АСВ, 2007.
7. Райзер В.Д. Методы теории надежности в задачах нормирования расчетных параметров строительных конструкций. – М.: Стройиздат, 1986. – 192 с.
8. Болотин В.В. Применение методов теории вероятностей и теории надежности в расчетах сооружений. – М.: Стройиздат, 1982. – 351 с.
9. Червонный А.А., Лукьященко В.И., Котин Л.В. Надежность сложных систем. Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: «Машиностроение», 1976. – 288 с.

Valiullin D.A. – student
E-mail: damirvall@rambler.ru
Nadrshina A.R. – student
E-mail: n.ice01@mail.ru
Maystrenko I.Y. – candidate of technical sciences, associate professor
E-mail: igor_maystr@mail.ru
Zinnurov T.A. – candidate of technical sciences, senior professor
E-mail: leongar@mail.ru
Maystrenko T.I. – student
E-mail: maystrenko1496@mail.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Evaluation of remaining life of steel structure operated in a corrosion environment

Resume

General algorithm of steel construction unit operated in a corrosive environment life prediction is developed and tested. Regression analysis software utilities are used for modelling of corrosive wear. Presented in the article the algorithm allows to determine dates of further safety operation and to plan capital repair of buildings and constructions structures. With a view to solve multiparameter question of life prediction the successive formation of initial parameter by the most significant characteristic, which is described by the six general steps, used. In this case, correcting of design parameter number depending on the calculation task, engineering system criticality and required level of evaluation reliability seems possible. Performed procedures demonstrativeness achieved by using PC classical design products that are at the command of engineer, for example, by using MathCAD multifunctional system. In addition, the article shows, that the presented algorithm allows choosing most convenient regression model. This fact is so much important, especially when accounting task of actual degradation of each element of rated section is stated, that by the best way provides an approximation of structural model according to the real work of technical system. Presented in the article life prediction procedures describes at the example of real technical system, monitoring of the state of that was organized by the specialized organization, that shows practical significance of stated recommendations.

Keywords: remaining life, steel construction, regression analysis, corrosive power, interval estimate.

Reference list

1. Standard of organization 36554501-014-2008. Standard of organization. Reliability of engineer constructions and foundations. Main principles. – M.: FSUE «RDE Stroitelstvo», 2008.
2. Gorokhov E.V., Brudka Ya., Lubinski M. and others. Durability of steel constructions under reconstruction. – M.: Stroyizdat, 1994. – 488 p.

3. Spaethe G. Reliability of bearing structures / Translated from German by O.O. Andreeva. – M.: Stroyizdat, 1994. – 288 p.; illustrated. – Translated publication: Gerhard Spaethe. – Die Sicherheit tragender Baukonstruktionen.
4. Tamrazyan A.G. Some elements of examination buildings safety // Buildings and constructions accident prevention: the collection of proceedings. – Magnitogorsk, 2006. Issue 6. – P. 51-57.
5. Maystrenko I.Y., Manapov A.S. Estimation of load-carrying capability reserves and durability of operated bridges taking into account individual characteristics // Izvestiya KGASU, 2009, № 2 (12). – P. 295-301.
6. Perelmuter A.V. Selected problems of engineer constructions reliability and safety. – M.: Publishers ASV, 2007.
7. Raiser V.D. Reliability methods in problems of engineer constructions design parameters normalizing. – M.: Stroyizdat, 1986. – 192 p.
8. Bolotin V.V. Application of probability theory and reliability theory methods at structural analysis. – M.: Stroyizdat, 1982. – 351 p.
9. Chervonnyi A.A., Lukyaschenko V.I., Kotin L.V. Reliability of complex systems. 2nd revised and enlarged ed. – M.: «Machinostroenie», 1976. – 288 p.

УДК 697.132
Енюшин В.Н. – кандидат технический наук, доцент
E-mail: enjushin@gmail.com
Нурмухаметова А.Д. – студент
E-mail: aliyanur96@mail.ru
Хаеретдинова А.Д. – студент
E-mail: haeretdi_adelina@mail.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1

Энергоэффективность современных ограждающих конструкций

Аннотация

Статья посвящена энергоэффективности современных ограждающих конструкций. Раскрываются основные недостатки многослойных ограждающих конструкций с наиболее популярными теплоизоляционными материалами – минеральной ватой и пенополистеролом. Особое внимание обращается на их основные недостатки: неопределенность срока службы, недооценку затрат на капитальный ремонт, утилизацию, пожароопасность. На основе представленного анализа предлагается использование строительных материалов, обладающих большим сроком службы, экологичностью и большой теплонакопительной способностью.

Ключевые слова: энергоэффективные ограждающие конструкции, экологически безопасный материал, комфортность жилья, теплонакопительная способность, теплоизоляция, пенополистирол, минеральная вата, долговечность.

Введение в 90-х годах новых требований к энергоэффективности ограждающих конструкций вновь возводимых зданий привело к увеличению численного значения сопротивления теплопередачи практически в три раза. Целесообразность такого повышения до сих пор подвергается сомнению многими специалистами. Однако, действующие нормативные документы, в частности СП 50.13330 (актуализированная редакция СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий»), подтверждают именно такие требования.

Применявшиеся до нововведений однослойные конструкции из традиционных материалов перестали удовлетворять возросшим требованиям, им на смену пришли многослойные ограждающие конструкции с так называемыми эффективными теплоизоляционными материалами – обычно, это минеральная вата или пенополистирол. По сути, это каркасные дома, и именно такие технологии используются при строительстве жилья (рис. 1).

Таким ограждающим конструкциям присущ ряд существенных недостатков. Однослойные кирпичные стены в средней полосе России в толщину составляли обычно 64см (или 2,5 кирпича), при аварийном отключении системы отопления, температура внутри помещения оставалась положительной в течение нескольких суток, даже при температуре наружного воздуха, близкой к расчетной на отопление. Теплоизоляционные материалы, обладающие низким коэффициентом теплопроводности, имеют невысокую теплоемкость, а, следовательно, и невысокую теплонакопительную способность [1], конструкционный слой в таких стенах, как правило, имеет небольшую толщину, и его теплонакопительная способность не способна обеспечить тепловую устойчивость помещения в случае отключения системы отопления, температура внутреннего воздуха будет стремительно падать; кроме того, толщина однослойной ограждающей конструкции определялась обеспечением теплозащиты, и такие стены имели значительный запас прочности.

Однако, самым главным недостатком многослойных стен с эффективными теплоизоляционными материалами является неопределенность их срока службы и недооценка затрат на их капитальный ремонт и утилизацию отслуживших свой срок теплоизоляционных материалов и элементов фасада.

Рис. 1. Пример современной ограждающей конструкции с использованием минеральной ваты

Согласно заявлениям производителей долговечность минеральной ваты может составлять пятьдесят и даже семьдесят лет, но согласно отзывам потребителей, реальный срок службы – не более десяти лет, а в ряде случаев вообще пять лет. Большинство пользователей главным «виновником» преждевременного старения минваты считают влагу. После увлажнения на 15-20 % теплопроводность увеличивается на все 30 %, существенно меняются её механические свойства – она становится хрупкой и быстро разрушается, становясь источником пыли: «через два-три сезона… волокна ломаются и превращаются в труху, выдуваемую ветрами как внутрь помещения, так и наружу. Например, по некоторым подсчетам, из девятиэтажного здания… с площадью утепления до 1500 м^2 за 25 условных лет эксплуатации потоки воздуха вынесут из-под обшивки примерно 1875 кг волокнистой пыли» [2]. Пыль базальтового волокна, согласно мнению некоторых авторов, «онкогенна, но индуцирует меньшее число опухолей, чем хризотил-асбест» [3]. В связи с этим, заявления производителей об «экологической безопасности» минеральной ваты следует подвергнуть серьёзному сомнению. Кроме того, фенольные и формальдегидные смолы, входящие в состав минеральной ваты в качестве связующих компонентов, являются токсичными, что, очевидно, также не добавляет ей «экологичности».

Другим популярным теплоизоляционным материалом является пенополистирол. Наиболее очевидным недостатком этого материала является его популярность не только среди строителей – грызуны прогрызают в нем целые лабиринты, птицы легко разрушают поверхностный слой «мокрого фасада» и вьют гнезда в нём, естественно, это сильно укорачивает срок службы подобных конструкций.

Срок службы пенополистирола, заявляемый производителями, сильно завышен: вместо тридцати – пятидесяти лет, реальная долговечность беспрессового пенополистирола ПСБ фирмы Тиги Кнауф составила всего тринадцать лет [2]. Причем, основной причиной старения материала является тепловое старение, как результат воздействия солнечной радиации, а не циклы замораживания и оттаивания, на которые обычно ссылаются производители [4, 5]. А самым главным недостатком этого материала является его высокая пожароопасность: «в соответствии с официальной классификацией стройматериалов по пожарной опасности все без исключения пенополистиролы относятся к классу горючих материалов» [6]. Подтверждением тому могут служить многочисленные случаи пожаров, зачастую с человеческими жертвами, в зданиях, утепленных пенополистиролом.

В то же время, срок службы любого утеплителя сильно зависит от качества монтажа, а с этим показателем имеются большие проблемы. При тепловизионном обследовании каркасного жилого дома [7], автором был выявлен ряд участков с аномально низкими температурами, при средней температуре стен и пола в районе семнадцати градусов, минимальная температура составляет всего 2,4 градуса, что может оказаться ниже температуры «точки росы» (рис. 2).

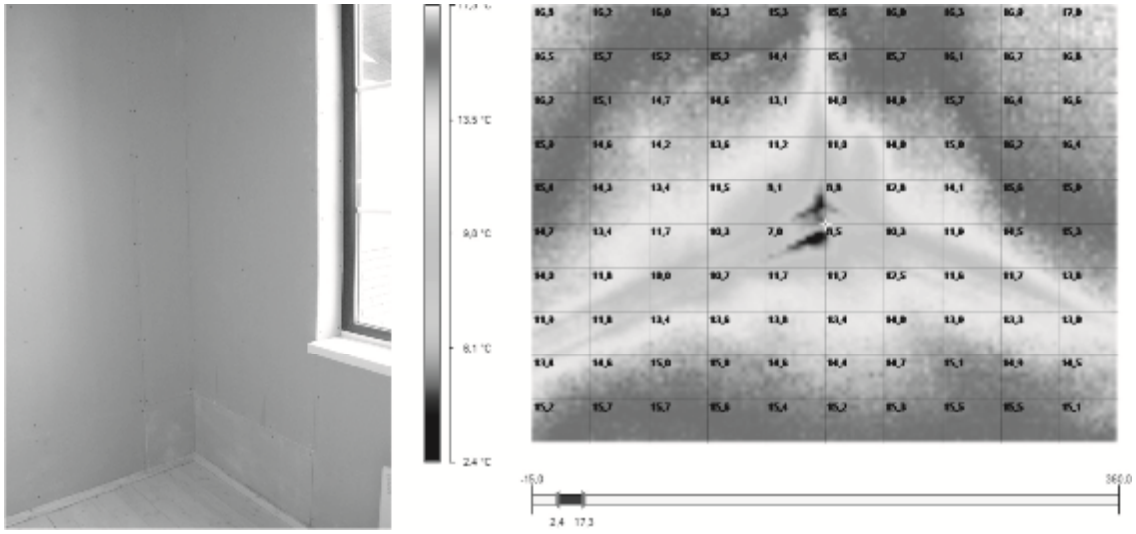


Рис. 2. Фотография и термограмма элемента каркасного дома с дефектами монтажа

Всё вышеперечисленное позволяет утверждать, что ограждающие конструкции с использованием зффективных теплоизоляционных материалов, являются неравнопрочными – срок службы несущих и инженерных систем зданий намного больше, чем долговечность тепловой изоляции. На фотографии строящегося жилого дома (рис. 3) отчетливо видно, что некоторые минераловатные плиты уже частично разрушены.

Рис. 3. Разрушение утеплителя уже на этапе строительства

По этим причинам капитальный ремонт фасадов придется выполнять каждые двадцать-тридцать лет, при том, что по мнению некоторых авторов [8], при долговечности конструкций менее пятидесяти лет, затраты на ремонт ограждающих конструкций, а это демонтаж облицовочного слоя, остатков утеплителя, его утилизация, монтаж креплений, нового теплоизоляционного слоя и фасадных элементов, превысят ожидаемую экономию от снижения расходов на отопление.

Анализ свойств современных ограждающих конструкций показывает, что использование «эффективных» теплоизоляционных материалов далеко не всегда оправдано. В.Г. Гагарин показал [9], что теплопотери через ограждающие конструкции составляют примерно 4,5 % от общего потребления энергии в России. В этой же статье отмечается, что допускается снижение требуемого приведенного сопротивления теплопередачи, если удовлетворяются требования к удельному расходу тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания, например для Москвы допустимо снижение с 3,13 до 1,97 $м^2 \cdot С/Вт$. Кроме того отмечается, что анализ характера зависимости теплопотерь от уровня теплозащиты, показывает, что чем выше уровень теплозащиты, тем меньший эффект от его дальнейшего повышения. Таким образом, использование таких строительных материалов как пенобетон и поризованый пустотелый керамический кирпич, которые обладают более высоким сроком службы, экологичностью и имеют большую теплонакопительную способность, вполне оправдано. При некотором снижении теплозащитных свойств, долговечность ограждающей конструкции многократно возрастает, возрастает и уровень комфортности жилья, отпадает необходимость в дорогостоящем капитальном ремонте фасада, что, в конечном счете, повысит истинную энергоэффективность и экологичность конструкции. Однако, подобные предложения, по признанию В.Г. Гагарина, наталкиваются на обвинения в лоббировании производителей кирпича со стороны производителей теплоизоляционных материалов.

Заключение

Применение телоизоляционных материалов с невысокой долговечностью приведет к необходимости периодического дорогостоящего ремонта фасадных конструкций, причем затраты на этот ремонт лягут полностью на собственников жилья. Учитывая более чем сомнительные экологичность и пожарную безопасность наиболее популярных на сегодняшний день эффективных теплоизоляционных материалов, предлагается альтернатива – более широкое использование незаслуженно забытых пенобетона и пустотелого керамического кирпича.

Список библиографических ссылок

1. Шильд Е., Кассельман Х.-Ф., Дамен Г., Пленц Р. Строительная физика. – М.: Стройиздат, 1982. – 296 с.
2. Способы утепления фасада. Обзор способов утепления фасадов. URL: http://www.sopro39.ru/sposoby_utepleniya_fasada (дата обращения: 21.09.2016).
3. Коган Ф.М. Современные представления о безопасности асбеста. – Екатеринбург: АРГО, 1995. – 98 с.
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. Прогнозирование срока службы наружных стен жилых зданий по критерию теплозащиты // Известия КГАСУ, 2014, № 4 (30). – С. 139-147.
6. Пенополистирол: низвержение мифа. URL: http://www.astratek.ru>penopolistirol (дата обращения: 15.10.2016).
7. Енюшин В.Н., Камалтдинова Э.М. Термографическое обследования жилого дома // Известия КГАСУ, 2011, № 2 (16). – С. 86-93.
8. Канатько М.В., Ефименко М.Н., Горшков А.С. К вопросу о долговечности и энергоэффективности современных ограждающих стеновых конструкций жилых, административных и производственных зданий // Инженерно-строительный журнал, 2008, № 2. – С. 50-53.

9. Гагарин В.Г. Макроэкономические аспекты обоснования энергосберегающих мероприятий при повышении теплозащиты ограждающих конструкций зданий // Строительные материалы, 2010, № 3. – С. 8-16.

Enyushin V.N. – candidate of technical sciences, associate professor
E-mail: enjushin@gmail.com
Nurmukhametova A.D. – student
E-mail: aliyanur96@mail.ru
Haeretdinova A.D. – student
E-mail: haeretdi_adelina@mail.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Energy efficiency of modern fencing structures

Resume

For the majority of climatic regions of our country the durability of modern heat insulation materials in the working conditions is questioned. The main limitations of the most popular heat insulation materials application: mineral cotton and foam polystyrene are shown on the basis of critical matching of the modern energy efficiency protecting constructions. The life time of the given materials is much lower than that indicated by the manufacturer. The low longevity of the effective heat insulation materials will demand a significant investment for the frontal constructions repairing in the near future and in that case the repairing works are to be paid by the building owners and not by the manufacturers, who skillfully conceal consequences of the given materials application. The probable cost saving of the expenditure reduction on heating is unlikely to cover the main part of the repairing and use expenditures of those ecologically inoffensive heat insulation remnants. The low fire resistance of foam polystyrene puts at threat the safety of the building exploitation. This material emits a great amount of toxic smoke during firing.

The possible ways of the given problem solution are considered: the application of materials, possessing the much longer lifetime, ecologic safety and greater heat accumulating capacity.

Keywords: energy-efficient fencing constructions, environmentally safe material, housing comfort, heat-capacity, thermal insulation, polystyrene foam, mineral wool, durability.

Reference list

1. Schild E., Casselmann H.-F., Dahmen G., Pohlenz R. Bauphysik Planung und Anwendung. – Friedr. Vieweg & Sohn Verlagsgesellschaft mbH, Braunschweig, 1979.
2. Facade insulation techniques. Review ways of facades. URL: http://www.sopro39.ru/sposoby_utepleniya_fasada (reference date: 21.09.2016).
3. Kogan F.M. Modern representation of the security of asbestos. – Ekaterinburg: ARGO, 1995. – 98 p.
4. Ivantsov A.I., Kupriyanov V.N. Operating conditions of multilayer external walls as the basis of their service life prediction // Izvestiya KGASU, № 3 (29). – P. 32-40.
5. Ivantsov A.I., Kupriyanov V.N. Predicting the lifetime of the exterior walls of residential buildings by the criterion of the thermal protection // Izvestiya KGASU, 2014, № 4 (30). – P. 139-147.
6. EPS: the overthrow of the myth. URL: http://www.astratek.ru>penopolistirol (reference date: 15.10.2016).
7. Enyushin V.N., Kamaltdinova E.M. Thermografic inspection of the frame house // Izvestiya KGASU, 2011, № 2 (16). – P. 86-93.
8. Kanatko M.V., Efimenko M.N., Gorshkov A.S. To the question of durability and energy efficency of modern enclosig wall constrction of residental, administrative and industrial buildings // Civil Engineering Journal, 2008, № 2. – P. 50-53.
9. Gagarin V.G. Macroeconomic aspects of substantiation of energy saving measures by increasing the thermal protection of protecting designs of buildings // Inzhenerno-stroitel'nyy zhurnal, 2010, № 3. – P. 8-16.

УДК 624.012.35/45
Замалиев Ф.С. – кандидат технических наук, доцент
E-mail: zamaliev49@mail.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

К расчету сопряжения плиты с балкой в сталежелезобетонных конструкциях

Аннотация

В сталежелезобетонных изгибаемых элементах обеспечение совместности работы слоев в основном обеспечивается анкерными связями. Проведен анализ конструкций анкерных связей, применяемых в отечественной и зарубежной строительной практике. Рассмотрены существующие подходы расчета сопряжения плиты с балкой, предложена модель расчета анкерного стержня исходя из разрушения по бетону или по анкерному стержню. Модели расчета анкерных связей приняты исходя из треугольного, прямоугольного и криволинейного эпюр моментов, действующих на анкерный стержень.

Ключевые слова: сталежелезобетонные конструкции, анкерные связи, модель расчета, прочность анкера.

Обеспечение надежной совместной работы плиты и балок является одной из главных задач при проектировании сталежелезобетонных конструкций. Наличие в структуре составной сталежелезобетонной конструкции слоев с резко выраженными отличительными особенностями по физико-механическим свойствам, накладывает повышенные требования к конструкторским решениям анкерных устройств. На стадии выбора конструкций анкерных связей требуется проанализировать существующие решения анкерных устройств с позиции надежности их работы, трудоемкости выполнения и экономичности по расходу материала.

Проблема надежного соединения слоев составных изгибаемых элементов ровно как и сталежелезобетонных конструкций, возникшая на этапе появления составных конструкций по сей день является актуальной задачей. С одной стороны продолжается поиск рациональных конструктивных решений анкерных устройств, с другой стороны исследователям и инженерам не дает покоя необходимость найти надежные способы оценки прочности сопряжения плиты с балкой.

В середине прошлого столетия интенсивно исследовались сборно-монолитные железобетонные конструкции в виде балок и ребристых плит. Естественно, необходимо было обеспечить совместную работу сборной и монолитной частей железобетонной конструкции. Немалый вклад в этом внесли ученые нашего вуза и их работы нашли отражение в работах [1-4]. Во всех исследованиях главным вопросом являлось выявление предельного состояния контакта «шва». Если в работе [3] за предельное состояние стыка принимается предельная несущая способность изогнутого анкера на растяжение, то в [4] рассматривается работа анкерного стержня в сборной и монолитной частях бетонного тела и за предельное состояние принимается образование пластическое шарнира в стальном стержне. Такой же подход использован И.С. Абдрахмановым [5] для расчета гвоздей в бетонном теле деревобетонного изгибаемого элемента пренебрегая деформациями гвоздя в массиве древесины. Рассмотрение напряженно-деформативное состояния гвоздя в древесине, где больше деформативности, чем в бетоне, дало бы более интересные результаты.

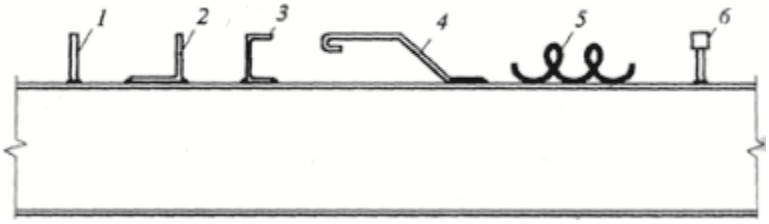


Рис. 1. Конструкции анкерных связей:
1 – лист, 2 – уголок, 3 – швеллер, 4 – гнутик, 5 – пружина, 6 – стад-болт

В отличие от перекрытий реконструируемых гражданских зданий [6], в мостовых конструкциях применяют массивные анкерные упоры, прикрепленные к верхнему поясу стальной балки при помощи сварки или болтов [7]. В гражданских зданиях в качестве анкерных связей применяются отрезки трубы, уголков, швеллера, пружины и т.п. [8] (рис. 1), в промышленных зданиях при сборной железобетонной плите жесткие упоры размещают в пазах или в «окнах» сборной плиты (Проектирование сталежелезобетонных перекрытий промышленных зданий, РСН 64-88, Минск 1988), в стандарте организации по проектированию монолитных железобетонных перекрытий со стальным профнастилом, анкерные стержни предлагают из рифленой арматуры (СТО 0047-2005), привариваемые электродуговой сваркой. В последнее время в отечественных источниках появилась информация о разработках по приварке анкерных стержней контактной сваркой с помощью специального устройства. В СТО 0047-2005 кроме прямолинейного арматурного стержня в качестве анкера предлагают упоры компании HILTI зето-образного сечения прикрепляемые к верхнему поясу стальной балки дюбелями. В европейских странах широко распространены прямолинейные гладкие стержни со шляпкой – так называемый стад-болт (рис. 1) [9]. Французские инженеры кроме анкерных стержней со шляпкой, предлагают и «П» образные наклонно расположенные анкерные скобы [10]. Инженеры из компании ArcelorMittal разработали сталежелезобетонную балку состоящую из «Т» образной верхней полки из бетона и «Т» образного нижнего стального профиля, которые соединяются между собой на специальных крючкообразных выступах стенки профиля. Исследования показали надежную работу таких крючков-зацепов.

Оценка прочности соединения слоев в действующих нормах и рекомендациях (СТО, Eurocode) сводится к расчету прочности анкеровки отдельно для каждого материала: вырывание или скол бетона и сопротивление анкерного стержня, а в случае монолитного перекрытия со стальным профнастилом, также рассматривается сопротивление вырыванию и разрыву настила.

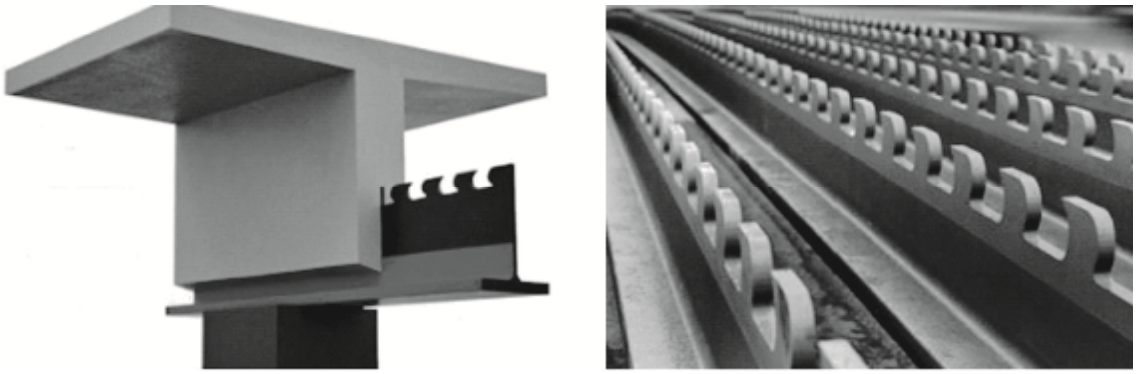


Рис. 2 Соединение бетонной и стальной частей на кроючкообразных выступах

Недостатком существующих рекомендации и норм следует считать то, что сдвигающее усилие на контакте слоев определяется в основном исходя из общеизвестных зависимостей как сумма касательных напряжений по плоскости контакта верхнего пояса стального ребра с плитой на участке между соседними анкерами [8], а также неучет деформации сдвига в контакте слоев и неучет упруго-пластической работы материалов плиты и анкеров. Европейские нормы, широко применяемые в странах ЕС [9], в ряде случаев также проектными организациями нашей страны, расчетную несущую способность стад-болтов на сдвиг предлагают учитывать по меньшему из двух значений:

- несущей способности стад-болта на растяжение;
- несущей способности бетона под стад-болтом, определяемой как произведение площади контакта и подкоренного выражения прочности на сжатие и модуля упругости бетона.

Для определения расчетных сдвигающих усилий в сборно-монолитных, деревобетонных и сталежелезобетонных конструкциях используют теорию составных стержней А.Р. Ржаницына [4, 5, 12, 13]. Общим недостатком существующих рекомендаций

и норм следует также считать то, что рассматривается изолированный изгибаемый элемент состоящий из балки и части плиты, т.е. плита рассматривается как набор полос с соответствующими ребрами, а не модель состоящая из плиты со множеством ребер.

Л.В. Енджиевский [8] сдвигающую силу «Т» предлагает определять по формуле:

$$T = \frac{Q \cdot S_{pl}}{J_{red}^{'}} \cdot a, \quad (1)$$

где Q – перерезывающая сила;

S_{pl} – статический момент плиты относительно нейтральной оси;

J_{red} – приведенный момент инерции сечения;

а – шаг анкерных связей.

Приведенный момент инерции сечения определяют [9] по следующей формуле:

$$J_{red} = J_S + A_S y^2 + \frac{J_{pl}}{n} + \frac{A_{pl}\left(y_{pl} - y\right)^2}{n}, \quad (2)$$

где J_{pl} – момент инерции сечения плит относительно собственной оси;

$n=E_S/E_b$ – отношение модулей упругости;

$y=S_0/A_{red}$ – положение центра тяжести сечения;

$S_0=A_{pl}y_{pl}/n$ – статический момент участка плиты относительно нейтральной оси сечения стальной балки;

y_{pl} – расстояние между центрами тяжести плиты и балки.

Сталежелезобетонные конструкции в гражданском строительстве в основном применяют как опертую по двум сторонам плиту с регулярно расположенными ребрами – стальными балками в одном направлении, в том числе при реконструкции старинных зданий, где решается вопрос восстановления работоспособности перекрытия по деревянным балкам. Статический расчет такой конструкции сводят в основном к расчету одной балки с присоединенным к ней участком железобетонной плиты. Однако, рассмотрение перекрытия как систему плиты с подкрепленными ребрами (ортотропная плита) дает более экономичные решения [15]. Используя дифференциальное уравнение для ортотропной плиты [15] с разными цилиндрическими жесткостями D_{04}, D_{22}, D_{40} описывается напряженно-деформированное состояние сталежелезобетонной плиты:

$$D_{04} = \frac{\partial^4 w}{\partial x^4} + D_{22}\frac{\partial^4 w}{\partial x^2 \partial y^2} + D_{40}\frac{\partial^4 w}{\partial y^4} = q_{(x,y)}. \quad (3)$$

Для решения дифференциального уравнения используют разные методы (МКЭ, Ритца, Бубнова-Галеркина, МКР и др.). Для инженерных задач при расчете плитных конструкций часто применяют метод конечных разностей. Выбирают на поверхности плиты некоторую область с границами $a \le x \le b,\ c \le y \le d,$ область х, у из непрерывной превращают в дискретную. Подбирают число разбиений, чаще $\Delta x = \Delta y$ и получают операторы коэффициентов, состоящих из конкретного количества точек. Схема оператора коэффициентов представлена на рис. 2 библиографической ссылки [16].

Для каждой внутренней точки плиты записывается уравнение равновесия, рассматривается упругое или упругопластическое состояние плиты шарнирно опертой по концам ребер-балок и нагруженной равномерно распределенной нагрузкой. Решается уравнение равновесия в прогибах для быстроты вычислений можно использовать программу составленную в среде Mathcad 15 [16].

Для вычисления перерезывающей силы Q в конкретных точках в зоне сопряжения плиты с балкой используется дифференциальное уравнение третьей степени в прогибах записанное в конечно-разностном виде.

Для рассматриваемой зоны, где определяется сдвигающая сила «Т» по формуле (1) подставляется значение перерезывающей силы полученное из рассмотрения сопряжения балок с плитой в составе перекрытия. Перекрытие в свою очередь рассматривается не как набор ребер с участком плиты, работающих только в направлении ребер-балок, а как ортотропная плита:

$$Q_{ix} = \frac{-D_{04}}{2(\Delta x)^3}\left[w_{-2}^{x} - 2\left(w_{-1}^{x} - w_{+1}^{x}\right) - w_{+2}\right] + x\left[\left(w_{-1-1}^{xy} - w_{+1-1}^{xy}\right) - 2\left(w_{-1}^{x} - w_{-1}^{x}\right) + \left(w_{-1+1}^{xy} - w_{+1+1}\right)\right], \quad (4)$$

где $x = m + \frac{2D_{22}}{D_{04}}$, – коэффициент учета работы ортотропной плиты на кручение;

μ – коэффициент Пуассана;

D_{04}, D_{22} – цилиндрические жесткости ортотропной плиты.

На стыке железобетонной полки и стальной балки сталежелезобетонного изгибаемого элемента напряженно-деформированное состояние соединения весьма сложное и связано с изгибом стального анкера, смятием, иногда скалыванием бетона полки. Несущая способность соединения должна быть определена для всех возможных видов напряженного состояния и при конструировании должно приниматься наименьшее ее значение.

Нормированием расстановки анкерных стержней можно исключить разрушение соединения в виде скалывания бетона. Диаметром анкеров определяется минимальное расстояние между осями анкерных стержней. Сцепление между бетоном и верхней полкой стальной балки ввиду его малости в практических расчетах можно не учитывать. Несущая способность соединения определяется из условий работы анкерного стержня на изгиб и смятия бетона.

На стыке плиты и ребер внешнее сдвигающее усилие воспринимается бетоном и анкерным стержнем и поэтому очень часто усилия воспринимаемые бетоном и анкерной связью записывают как сумму внутренних усилий [4, 5, 13].

В предельном состоянии соединения выражение, отражающее несущую способность сопряжения, можно записать:

$$T_{ult}=min(T_s;T_b), \quad (5)$$

где T_S, T_b – усилия воспринимаемые анкером и бетоном.

При записи уравнения прочности соединения на сдвиг необходимо решать следующие задачи:

- определить глубину зоны смятия бетона от усилий анкерных стержней;
- учет влияния упругопластического деформирования стали и бетона на величину предельных усилий, воспринимаемых стальными анкерами и бетоном.

В предположении, что смятие бетона происходит по длине l_x , (рис. 3) стального стержневого анкера в бетоне, величину сдвигающей силы T_b, соответствующую эпюре напряжений в бетоне, запишем:

а) для треугольной эпюры (рис. 3а):

$$T_b=0{,}5\sigma_b(a_b)\cdot l_x\cdot d_x; \quad (6а)$$

б) для прямоугольной эпюры (рис. 3б):

$$T_b=\sigma_b(\varepsilon_b)\cdot l_x\cdot d_s; \quad (6б)$$

в) для криволинейной эпюры:

$$T_b = \int_0^{lx} s_b(e_b)\cdot d(l_x)\cdot d_S, \quad (6в)$$

где $\sigma_b(\varepsilon_b)$ – напряжения в бетонном массиве от действия стального анкера.

d_s – диаметр анкерных стержней.

Глубина смятия бетона вдоль анкерного стержня [4]:

$$l_x = \frac{p}{2}\sqrt[4]{\frac{4E_s\cdot J_s}{k\cdot d_s}}, \quad (7)$$

где E_s, J_s – модуль упругости и момент инерции анкерного стержня,

k – коэффициент постели бетонного тела.

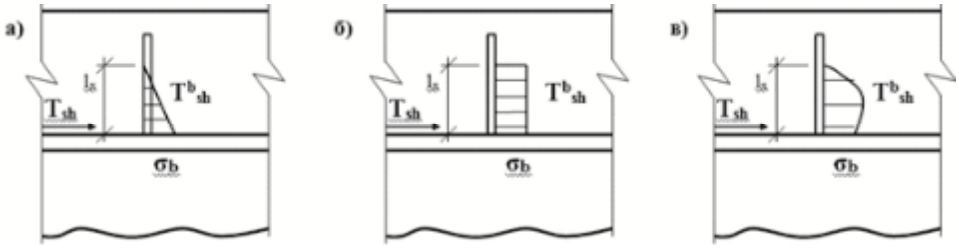


Рис. 3. Напряжения в бетоне вдоль анкерного стержня

При определении сдвигающей силы, воспринимаемой бетоном под анкерным стержнем, необходимо учитывать форму эпюры усилий. В зависимости от стадии деформирования бетона и необходимости точности оценки прочности сопряжения плиты с балкой форма эпюры может быть принята как треугольной, прямоугольной, так и криволинейной (рис. 3).

В случае разрушения соединения по бетону принимается $\sigma_b(\varepsilon_b)=R_b$, а при разрушении по анкерному стержню напряжение в бетонном массиве основания определяется по диаграмме деформирования бетона, в предложении, что абсолютные деформации бетона равны максимальному прогибу стержня анкера. Рассматриваем анкер в виде консольного стержня. Усилия, воспринимаемые анкером, будут:

$$T_s=M_s/l_x. \quad (8)$$

В момент образования пластического шарнира в анкерном стержне момент внутренних сил определяется как произведение предельного напряжения и пластического момента сопротивления.

Величина предельной сдвигающей силы, воспринимаемой анкерными стержнями, определяется из условия равновесия моментов внутренних и внешних сил. Форму эпюры усилий отпора учитывают [4, 13] введением коэффициента полноты эпюры ω:

$$T_s=\frac{3}{4}\cdot\frac{s_s(e_s)A_s w}{l_x}d_s\cdot n, \quad (9)$$

где $\sigma_s(\varepsilon_s)$ – напряжения в стальном анкерном стержне,
n – количество анкерных стержней.

Прочность соединения (сопряжения) железобетонной полки со стальной балкой оценивается из условия:

$$T\le T_{ult}. \quad (10)$$

Сам анкерный стержень следует проверять на прочность по приведенному напряжению. Естественно, на усилие «Т» следует рассчитать и сварные швы, прикрепляющие анкерный стержень к верхнему поясу балки. Учитывая характер разрушения анкерных связей по результатам серии испытаний моделей сталежелезобетонных балок с разным диаметром анкерных стержней [17] и принимая во внимание выражение прочности анкерных упоров прямоугольного сечения по [8], проверку прочности анкеров круглого сечения производим по следующей формуле:

$$\sqrt{4\left(\frac{8Ty_c}{p\,d_s^3}+3\frac{T}{p\,d_s^2}\right)}\le R_y g_c, \quad (11)$$

где y_c – плечо сдвигающей силы «Т».

Список библиографических ссылок

1. Сунгатуллин Я.Г. Экспериментально-теоретические основы расчета сопротивляемости сдвигу армированного и неармированного контактов сборно-монолитных конструкций. // Сборные и сборно-монолитные железобетонные конструкции. – Казань. – Л., 1975. – С. 90-146.
2. Фатхуллин В.Ш. Исследование трещиностойкости наклонному сечению и прочности по контакту сборно-монолитных балок, армированных поперечными предварительно напряженными элементами. Автореф. дисс к.т.н. 05.25.01 – Казань, 1972.
3. Валеев Г.С. Прочность и деформативность сборно-монолитных железобетонных конструкций по контактному шву с учетом длительного действия статических нагрузок. Автореф. дисс. к.т.н. – Казань, 1988.
4. Хасанов Р.Р. Прочность и выносливость плоских контактных швов сборно-монолитных железобетонных конструкций в зоне действия изгибающих моментов и поперечных сил. Дисс. к.т.н. 05.23.01. – Казань, 2001.
5. Абдрахманов И.С. Прочность и деформативность деревожелезобетонных изгибаемых элементов при статических и повторных нагружениях. Автореф. дисс. д.т.н. – М., 2009. – 43 с.
6. Замалиев Ф.С. Сталежелезобетонные конструкции при реконструкции исторических городов // Проблемы реконструкции и возрождения исторических

городов: материалы Российского научно-практического семинара. – Казань, 1999. – С. 88-95.
7. Стрелецкий Н.Н. Сталежелезобетонные мосты. – М.: Изд-во «Транспорт», 1965. – 376 с.
8. Металлические конструкции. Спецконструкции и сооружения, т. 3, под ред. Горева В.В. – М., 2005. – С. 295-303.
9. Eurocode 2: Design of concrete structures. Part 1: General rules for buildings / European Committee for Standardization, 2002. – 226 p.
10. Construction metallique. – Revue: Paris, Franse, № 1-4, 1985, № 4, 1991.
11. Голышев А.Б. К определению касательных напряжений в сборно-монолитных конструкциях // Железобетон и железобетонные конструкции. – Челябинск, 1965 – С. 57-62.
12. Баширов Х.З. Составные конструкции транспортных зданий и сооружений. Автореф. дисс. д.т.н. – М., 2013. – 48 с.
13. Замалиев Ф.С. К оценке прочности анкерных связей изгибаемых сталежелезобетонных конструкций. // Известия КГАСУ, 2015, № 1 (31). – С. 80-85.
14. Замалиев Ф.С., Морозов В.А. Натурные испытания и численные эксперименты сталежелезобетонного перекрытия. // Вестник МГСУ, 2015, № 11. – С. 58-67.
15. Замалиев Ф.С., Каюмов Р.Г. К расчету сталежелезобетонного перекрытия как ортотропной плиты. // Известия КГАСУ, 2014, № 1 (27). – С. 94-99.
16. Замалиев Ф.С., Биккинин Э.Г. К расчету сталежелезобетонных плит подкрепленных ребрами. // Известия КГАСУ, 2014, № 3 (29). – С. 27-31.
17. Замалиев Ф.С. Эксперименты на сталежелезобетонных конструкциях по выявлению фактического напряженно-деформированного состояния, вплоть до их разрушения // Механические разрушительные строительные материалы и конструкции: материалы Международной научно-технической конференции (VIII Академического чтения РААСН). – Казань, 2014. – С. 88-96.

Zamaliev F.S. – candidate of technical sciences, associate professor
E-mail: zamaliev49@mail.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

The calculation of the plate interface with the beam in steel-concrete composite structures

Resume

The article provides constructive solutions anchor links used in bridge structures, as well as in industrial and civil buildings, ranging from simple, ending the current solutions are widely used in European countries. The analysis is applied to the fact that the anchor links are an important element in steel-concrete composite structures for collaboration reinforced concrete slab and steel slab of ribs. We analyze the existing methods for calculating the strength of the anchor links that are based on dependency empirical shear forces are determined by the amount of shear stresses at the contact of the upper steel beam and concrete slab belt that does not lead to an economical and reliable solution. The paper proposes to move the power to define the expression based on the formula Zhuravsky. The bearing capacity of the contact weld is proposed to define the basis of the stress-strain rod and concrete contact, considering not a single beam, consisting of a steel plate and ribs, and floor slab reinforced by a plurality of ribs, beams. We consider the calculation model, when the bearing capacity of the contact is determined by the concrete and the anchor rod when either concrete or rod is in an elastic, elastic-plastic or plastic stage. The formulas for calculating the interface «steel-concrete» on the basis of the calculation models. We also give a formula for testing the strength of the anchor rod for reduced.

Keywords: steel-concrete composite structures, anchor ties, calculation model, the strength of the anchor.

Reference list

1. Sungatullin Y.G. Experimental and theoretical basis of the calculation of shear resistance of reinforced and non-reinforced contacts prefabricated monolithic structures. // Prefabricated and precast-monolithic reinforced concrete structures. – Kazan, 1975. – P. 90-146.
2. Fatkhullin V.Sh. Investigation of fracture toughness and strength of the oblique cross section for contact prefabricated monolithic beams reinforced with cross prestressed elements. Author. Ph.D. diss 05.25.01. – Kazan, 1972.
3. Valeev G.S. The strength and deformability of precast-monolithic reinforced concrete structures on the contact seam in view of long-acting static loads. Author. diss. Ph.D. – Kazan, 1988.
4. Khasanov R.R. Strength and endurance plane contact joints prefabricated monolithic concrete constructions in the zone of bending moments and shear forces. Diss. Ph.D. 05.23.01. – Kazan, 2001.
5. Abdrakhmanov I.S. The strength and deformability of wood concrete bent elements at static and repeated loading. Author. diss. doctor of technical sciences. – M., 2009. – 43 p.
6. Zamaliev F.S. Composite structures in the reconstruction of historic cities // Problems of reconstruction and revival of historic cities: the materials of the Russian scientific-practical seminar. – Kazan, 1999. – P. 88-95.
7. Streletskii N.N. Composite bridges. – M.: Publishing house «Transport», 1965. – 376 p.
8. Metal structures. Special constructions and structures, v. 3, ed. Gorev V.V. – M., 2005. – P. 295-303.
9. Eurocode 2: Design of concrete structures. Part 1: General rules for buildings / European Committee for Standardization, 2002. – 226 p.
10. Construction metallique. – Revue: Paris, France, № 1-4, 1985, № 4, 1991.
11. Golishev A.B. Determination of shear stresses in the precast-monolithic structures // Reinforced concrete and reinforced concrete structures. – Chelyabinsk, 1965. – P. 57-62.
12. Bashirov H.Z. Composite construction of transport buildings and structures. Author. diss. Dts. – M., 2013. – 48 p.
13. Zamaliev F.S. By evaluating the strength of the anchor links of flexible composite structures // Izvestiia KGASU, 2015, № 1 (31). – P. 80-85.
14. Zamaliev F.S., Morozov V.A. Full-scale tests and numerical simulations of the composite slab. Bulletin MSUCE, 2015, № 11. – P. 58-67.
15. Zamaliev F.S., Kayumov R.G. The calculation of the composite slab as an orthotropic plate // Izvestiia KGASU, 2014, № 1 (27). – P. 94-99.
16. Zamaliev F.S., Bikkinin E.G. Calculation of steel-reinforced concrete slabs reinforced ribs // Izvestiia KGASU, 2014, № 3 (29). – P. 27-31.
17. Zamaliev F.S. Experiments on composite structures to identify the actual stress-strain state, including their destruction // Mechanical damaging building materials and construction: materials of the International scientific and technical conference (VIII Academic RAASN reading). – Kazan, 2014. – P. 88-96.

УДК 69.07
Миронова Ю.В. – кандидат технических наук, доцент
E-mail: jullog@fromru.com
Абдрахимова Н.С. – ассистент
E-mail: lis258.86@mail.ru
Халиуллин А.Р. – студент
E-mail: haliullin_505@mail.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1

Повышение сопротивляемости несущей системы бескаркасного здания с бессварными вертикальными стыками прогрессирующему разрушению

Аннотация

В статье представлены результаты численного исследования напряженно-деформированного состояния несущей системы многоэтажного бескаркасного здания при аварийном воздействии. Рассмотрены возможные конструктивные решения бессварного вертикального стыка стеновых панелей и проведен анализ их НДС. На основе данного анализа предложено конструктивное решение по обеспечению неразрезности несущей системы крупнопанельного здания с использованием закладных деталей системы «Пфайфер». Показано, что данное решение значительно повышает сопротивляемость многоэтажного бескаркасного здания прогрессирующему разрушению при внештатных ситуациях.

Ключевые слова: крупнопанельное домостроение, бескаркасные здания, аварийные воздействия, прочность вертикальных стыков, бессварные стыки, система «Пфайфер», непрерывное армирование, пояса жесткости, сопротивляемость прогрессирующему разрушению.

Строительство крупнопанельных зданий не теряет актуальности ввиду относительно невысокой стоимости, быстровозводимости, индустриальности и других причин. Однако, учитывая большое количество аварий, произошедших в жилом секторе в результате взрывов бытового газа, терактов и т.п., при проектировании крупнопанельных зданий нормативными документами рекомендовано решать вопросы защиты зданий от прогрессирующего разрушения. Крупнопанельные здания за счет членения на отдельные конструктивные элементы обладают более высокой несущей способностью и устойчивостью, поэтому при аварийных воздействиях возможно разрушение одной или нескольких стеновых панелей, повреждение соседних элементов, но здание в целом, как правило, сохраняет устойчивость [1-3].

На сегодняшний день разработан ряд рекомендаций по защите зданий от прогрессирующего разрушения, с учетом специфики работы несущих систем в зависимости от конструктивной схемы [4, 5]. Устойчивость здания против прогрессирующего разрушения следует обеспечивать за счет: применения рациональных конструктивно-планировочных решений; обеспечения неразрезности конструктивной системы здания; применения материалов и конструктивных решений, обеспечивающих развитие в элементах конструкций и их соединениях пластических деформаций; первичных мер безопасности.

Важную роль в статической работе здания играют вертикальные стыки между панелями несущих стен. Основное статическое назначение вертикальных стыковых соединений панелей – восприятие сдвигающих сил, возникающих в стыках при совместной работе сопрягаемых стен. Связи в вертикальных стыках воспринимают усилия сдвига между панелями, возникающие в них при действии вертикальных и горизонтальных нагрузок, а также усилия растяжения и сжатия [6].

Конструктивные решения стыков должны обеспечить надежное выполнение его функций и быть технологичными в изготовлении. Наиболее индустриальными являются бессварные стыки, так как они исключают сварные работы в условиях строительной площадки, что является актуальным в условиях современного строительства. Бессварные стыки могут быть бетонными и железобетонными. Наличие в стыковом соединении

арматуры повышает сопротивление сдвигу, вносит качественное изменение в характер работы на сдвиг. Появление трещин в таком соединении приводит к перераспределению усилий сдвига между шпонками и включению в работу арматурных связей, пересекающих стык. Повышение качества крупнопанельного строительства привело к необходимости усовершенствования стыков стеновых панелей, в частности, разработаны и применяются бессварные петлевидные стыки, обладающие рядом преимуществ [7, 8]. Устройство стыков по системе «Пфайфер» не требует сварки. Используется гибкая арматура в виде петель стальных канатов, анкеруемых в бетон панели, через которые продевается арматурный стержень с последующим замоноличиванием стыка мелкозернистым бетоном.

Оценка напряженно-деформированного состояния вертикальных стыков стеновых панелей с целью повышения сопротивляемости несущих систем бескаркасного здания прогрессирующему разрушению проводилась с учетом влияния локальных разрушений на напряженно-деформированное состояние несущей системы бескаркасного здания и типа вертикального стыка на его несущую способность и сдвиговую податливость.

На начальном этапе работы была рассмотрена работа трех различных по конструктивным особенностям стыков панелей: бетонные шпонки, железобетонные шпонки и система вертикальных бессварных стыков «Пфайфер». Для исследования работы стыка на сдвиг, был рассмотрен образец, представляющий собой стык двух однослойных панелей размером 2,63х2,7 м толщиной 400 мм. Ширина стыка 12 см. Шпонки имеют размеры 300х230 мм, 150х230 мм и 170х230 мм. Бетон стеновых панелей тяжелый класса В35, бетон замоноличивания стыков мелкозернистый класса В25. Предельные деформации бетона и арматуры приняты по СП 52-101-2003 «Бетонные и железобетонные конструкции без предварительного напряжения арматуры». Арматурный стержень принят круглого сечения диаметром 12 мм, класс А400. Анкер из гибкой арматуры задан канатом типа ТК 1х19(1+6+12). Податливость сопряжения учтена путем введения в расчетную схему участка с меньшей жесткостью.

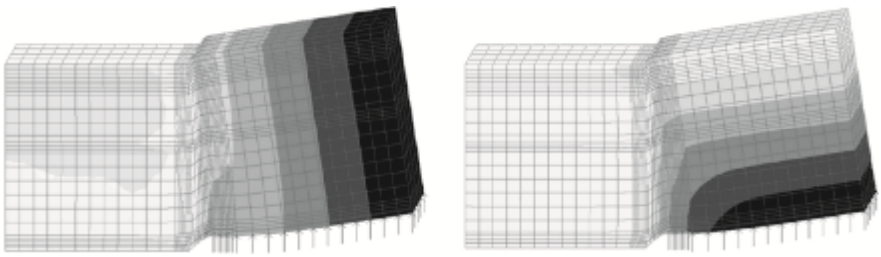
Вертикальный стык железобетонных стеновых панелей моделировался в программном комплексе ЛИРА. Для аппроксимации стыка используются объемные изопараметрические конечные элементы с размерами граней не более 20 см, контурные условия – жесткие. В расчетах рассмотрена пространственная задача с учетом физической нелинейности бетона. Закладные детали в виде канатных петель и арматурных стержней заданы стержневыми конечными элементами.

Физическая нелинейность работы бетона панели задана экспоненциальным законом нелинейного деформирования. Нелинейные загружения моделировались таким образом, что нагрузка увеличивалась в первых двух шагах на 10 тс, шесть последующих шагов – на 20 тс и в последних двух шагах – на 30 тс. В каждом шаге программным комплексом вычислялись усилия в конечных элементах и соответственно корректировались их жесткостные характеристики.

Определено напряженно-деформированное состояние стыка после приложения сдвигающей нагрузки. Измеряемыми параметрами во всех образцах испытаний являются напряжения, перемещения. Нагрузка прикладывалась к нижнему торцу правой стыкуемой панели. Нагружения велись поэтапно, после каждого этапа были зафиксированы перемещения и напряжения в области стыка, а также продольные усилия в канатных петлях и арматурном стержне. Образцы были доведены до разрушения с целью получения данных о прочностных характеристиках элементов панелей и стыка.

В результате наблюдалось смещение правой панели относительно левой по контактной поверхности стыка обладающего низкими, в сравнении с бетоном панелей, прочностными характеристиками. При достижении нагрузки в 6 тс во всех трех образцах в нижней части стыка появляется первые трещины, при увеличении нагрузки начинают разрушаться конечные элементы стыка и конечные элементы панели.

Первые трещины в бетоне стыка появляются при нагрузке в 6 тс. Далее они развиваются по границе бетона панели и бетона стыка. Сдвигающие усилия на начальном этапе воспринимаются бетоном стыка. Канатные петли и арматурные стержни включаются в работу только при нагрузке 40 тс, при данной нагрузке трещина развивается до места расположения закладных деталей, после чего происходит перераспределение усилий.



а) б)

Рис. 1. Изополя перемещений а) по оси z; б) по оси x

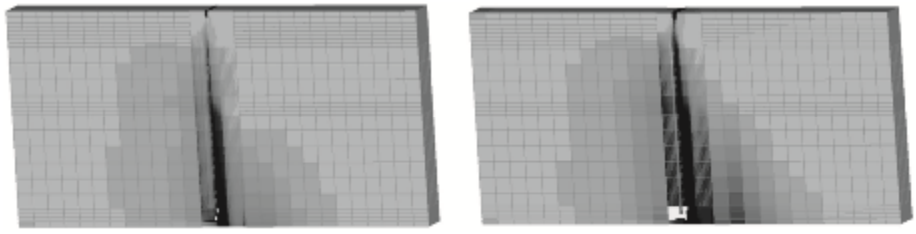
Таблица 1

Результаты численного моделирования работы стыков на сдвиг

Нагрузка, P, тс	Перемещение Δ, мм			Максимальные растягивающие напряжения в бетоне стыка, тс/м^2			Максимальные растягивающие усилия в арматурном стержне (канате), тс		
	Тип стыка			Тип стыка			Тип стыка		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
10	0,0061	0,0061	0,0061	82,86	82,8199	82,7983	-	0,0127	0,0202
20	0,0142	0,0142	0,0142	107,24	107,192	107,163	-	0,0269	0,0429
40	0,0366	0,0366	0,0365	131,44	131,313	131,247	-	0,212	0,305
60	0,069	0,0681	0,068	132,94	132,917	132,905	-	0,569	0,8
80	0,113	0,112	0,112	132,96	132,968	132,965	-	0,986	1,379
100	0,178	0,175	0,174	132,98	132,966	132,964	-	1,525	2,117
120	0,287	0,274	0,269	132,99	132,976	132,973	-	2,699	3,499
140	0,492	0,443	0,426	132,99	132,984	132,98	-	4,346	5,6012
170	-	1,174	1,023	-	132,988	132,983	-	8,416	10,305
200	-	-	2,127	-	-	132,979	-	-	18,620

Примечание. Тип стыка: 1 – образец с бетонными шпонками; 2 – образец с железобетонными шпонками; 3 – образец с бессварными стыками системы «Пфайфер».

Для образца с бетонными шпонками максимальная нагрузка составила 140 тс, после чего произошло разрушение нижней шпонки по плоскости среза бетона стыка. Для образцов с железобетонными шпонками и бессварными стыками системы Пфайфер разрушение наступило при нагрузке 170 тс и 200 тс соответственно. Образцы прекратили воспринимать нагрузку вследствие разрушения бетона стыка и бетона панели в районе анкеровки петель.



а) б)

Рис. 2. Разрушение образцов: а) железобетонные шпонки; б) шпонки по системе «Пфайфер»

По результатам численного эксперимента получено, что при введении в стык закладных деталей происходит перераспределение усилий, что приводит к увеличению несущей способности и снижению деформативности стыка. При этом большей прочностью и меньшей деформативностью обладает бессварный стык выполненный по системе «Пфайфер».

Очевидно, что использование стыков по системе «Пфайфер» в крупнопанельных зданиях, увеличит безопасность и надежность несущих систем за счет повышения несущей способности и уменьшения деформативности системы в целом. Однако, использование системы бессварных стыков «Пфайфер» по предлагаемой производителем

схеме практически не сказывается на сопротивляемости крупнопанельных зданий прогрессирующему разрушению. Поэтому предлагается при помощи данной системы обеспечить неразрезность конструктивной системы. Для этого заменим две петли по обе стороны панели на канат, протянутый в бетоне панели с двумя петлями на концах. Соединение панелей между собой выполняется путем размещения арматурного стержня в петлях и дальнейшего замоноличивания. Несущая система, выполненная с учетом такого решения будет работать как неразрезная. При аварийном воздействии, разрушенные панели не полностью исключаются из работы благодаря канатам, способствуя перераспределению усилий между элементами здания.

Для исследования изменения НДС несущей системы здания, был проведен численный эксперимент с предложенными конструктивными мероприятиями по повышению сопротивляемости прогрессирующему разрушению.

При моделировании работы несущей системы многоэтажного жилого здания с учетом аварийных воздействий, за основу был принят 20-ти этажный жилой дом. По конструктивной схеме – здание бескаркасное, с поперечными несущими стенами, высота этажа – 2,7 м.

Моделирование несущих стен и перекрытий произведено при помощи конечных элементов типа оболочки, модуль деформации соответствует физическому модулю материала конструкции, моделирование стыка производилось с учетом податливости плит перекрытий в зоне стыка и податливости вертикальных стыков стеновых панелей.

В ходе численного эксперимента варьировался характер аварийного воздействия на несущую систему здания [5, 8]:

1 группа образцов характеризуется карстовой воронкой диаметром 6 м под фундаментом здания: модель 1 – карстовая воронка в углу здания, модель 2 – в средней части здания.

2 группа образцов характеризуется горизонтальной нагрузкой на вертикальные несущие элементы: 1 тс/м^2 поверхности рассматриваемого элемента в пределах одного этажа (коэффициент надежности по нагрузке принят равным единице): модель 3.

3 группа образцов характеризуется разрушением (удалением) конструкций одного этажа здания, ограниченных площадью до 80 м^2:

а) двух пересекающихся стен на участках от места их пересечения (в частности, от угла здания) до ближайшего проема в каждой стене или до следующего вертикального стыка со стеной другого направления или участке указанного размера: модель 4;

б) навесных ограждающих панелей, расположенных на участке, не превышающем указанный размер локального разрушения: модель 5 – отсутствие угловых панелей, модель 6 – средней панели;

в) перекрытия на указанной площади – модели 4, 5, 6.

Рассмотрены три варианта несущих систем с бессварными стыками: в качестве исходной модели принята несущая система, рассчитываемая без учета прогрессирующего разрушения; модель, рассчитываемая с учетом прогрессирующего разрушения; модель с использованием непрерывной арматуры в панелях (обеспечивающей неразрезность несущей системы, в верхнюю и нижнюю часть панели введены канаты), рассчитываемая с учетом прогрессирующего разрушения.

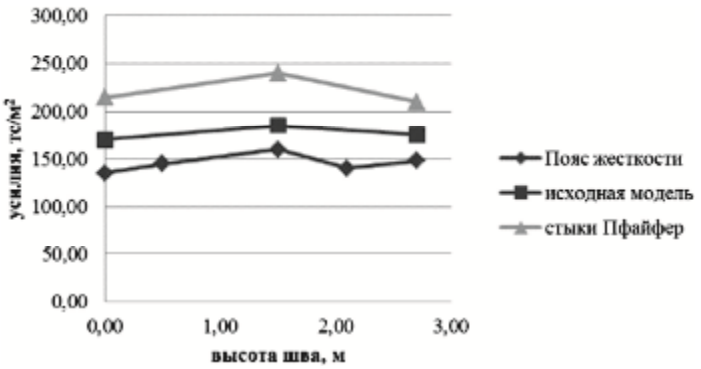


Рис. 3. Распределение нормальных напряжений по высоте шва для второй модели разрушения

Сравнивались напряжения в швах, расположенных над локальными разрушениями. Получено, что в стыках с непрерывным армированием, напряжения значительно отличаются от напряжений в исходной модели и модели без непрерывного армирования. Аналогичные картины распределения напряжений по высоте шва получены по всем вариантам локальных разрушений.

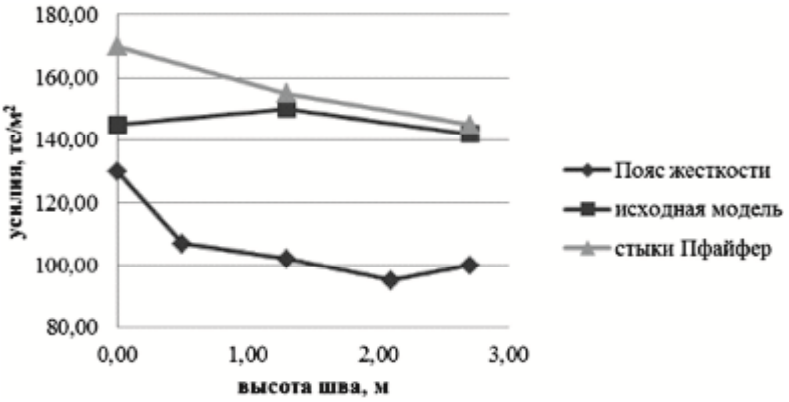


Рис. 4. Распределение нормальных напряжений по высоте шва для шестой модели разрушения

По результатам численного эксперимента сделаны следующие выводы:

1. При возникновении внепроектной нагрузки приводящей к локальному разрушению, напряжения в отдельных элементах несущей системы бескаркасного крупнопанельного здания могут возрастать и отличаться более чем в 2 раза.

2. При исследовании НДС различных по конструктивным решениям вертикальных стыков стыки, выполненные по системе «Пфайфер», обладают более высокими прочностными и деформативными характеристиками. Преимуществом бессварных стыков системы «Пфайфер» является их технологичность, упрощение монтажа панелей, повышение прочности, герметичность и коррозионная стойкость стыков панелей, снижение металлоемкости стыка; возможность создания поясов жесткости, неразрезности несущей системы.

3. В случае аварийного воздействия на несущую систему здания, запроектированную с учетом предложенного конструктивного решения, при любой возможной схеме локального разрушения происходит перераспределение напряжений между элементами стыка. В свою очередь, данное перераспределение приводит к повышению сопротивляемости несущей системы бескаркасного здания прогрессирующему разрушению.

Таким образом, одним из конструктивных решений, повышающих сопротивляемость бескаркасного здания разрушению, является применение закладных деталей «Пфайфер», объединенных между собой при помощи стальных канатов, расположенных в теле стеновой панели. Данное решение позволяет достичь эффекта непрерывного армирования, включающегося в работу при аварийном воздействии, образуя пояс жесткости для несущей системы здания. При возникновении нештатной ситуации, происходит обрушение части здания в пределах воздействия, прогрессирующего разрушения несущей системы в целом не происходит.

Список библиографических ссылок

1. Алмазов В.О. Проблемы прогрессирующего разрушения // Строительство и реконструкция, 2014, № 6 (56). – С. 3-10.
2. Миронова Ю.В. Влияние локального высокотемпературного нагрева на напряженно-деформированное состояние несущей системы многоэтажного бескаркасного жилого здания. // Современные проблемы расчета железобетонных конструкций, зданий и сооружений на аварийные воздействия: сборник докладов Международной научной конференции. – М.: НИУ МГСУ, 2016. – С. 255-257.

3. Мишуев А.В., Казеннов В.В., Комаров А.А., Громов Н.В., Лукьянов А.В., Прозоровский Д.В. Особенности аварийных взрывов внутри жилых газифицированных зданий и промышленных объектов // Пожаровзрывобезопасность, 2012. – С. 56-63.
4. Данель В.В. Совершенствование конструкций и расчетных схем крупнопанельных зданий // Жилищное строительство, 2014, № 5. – С. 55-59.
5. Рекомендации по предотвращению прогрессирующих обрушений крупнопанельных зданий. – М.: ОАО «ЦПП», 2005. – 40 с.
6. Соколов Б.С., Миронова Ю.В. Прочность и податливость вертикальных стыков стеновых панелей с использованием гибких петель // Жилищное строительство, 2014, № 5. – С. 60-62.
7. Зенин С.А. Проектирование жилых крупнопанельных домов с применением бессварных стыков на тросовых петлевидных соединениях // Жилищное строительство, 2013, № 7. – С. 14-15.
8. Рекомендации по защите монолитных жилых зданий от прогрессирующего обрушения. – М.: МНИИТЭП, НИИЖБ, 2005. – 76 с.

Mironova U.V. – candidate of technical sciences, associate professor
E-mail: jullog@fromru.com
Abdrahimova N.S. – assistant
E-mail: lis258.86@mail.ru
Khaliullin A.R. – student
E-mail: haliullin_505@mail.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

The increasing resistance of the supporting system of the frameless building with a no-welding vertical joints to progressive collapse

Resume

In the design of large-panel buildings regulatory documents are recommended to address the issues of protection of buildings against progressive collapse. The article presents the results of a numerical investigation of stress-strain state of load-carrying system of frameless multi-storey building in case of emergency impact. Reviewed the work of three types of panel joints, concrete pins, reinforced concrete pins, and a system of vertical joints «PFIFER», the analysis of their stress-strain state. It is found that when injected into the junction of the embedded parts is a redistribution of effort resulting in increased bearing capacity and reduced deformation of the joint. A disconnect joint system «PFIFER» has greater strength and less deformability.

Based on this analysis, the proposed constructive solution to ensure the continuity system of large panel buildings using embedded parts of the system «PFIFER». Considered three variants of load-bearing systems no-welding joints: as initial model adopted the carrier system calculated without taking into account progressive collapse; the model was calculated considering the progressive collapse; the model using continuous reinforcement in the panels (providing continuity system in the upper and lower part of the panel introduced the ropes), calculated taking into account progressive collapse.

Equal tension in the joints, located over local destruction. In case of an emergency impact on the bearing system of the building, designed according to the proposed structural solution with any possible scheme of local fracture redistribution of stresses between the elements of the joint. This leads to increased resistance of the frameless building carrier system to progressive destruction.

Keywords: large-panel housing construction, frameless buildings, emergency exposure, the strength of the vertical joints, the no-welding joints, «PFIFER», continuous reinforcement, belt stiffness, resistance to progressive collapse.

Reference list

1. Almazov V.O. Problems of progressive destruction // Stroitel'stvo i rekonstrukciya, 2014, № 6 (56). – P. 3-10.
2. Mironova U.V. Influence of local high-temperature heating on the stress-strain state of the bearing system frameless multi-storey residential building. // Current problems in the calculation of reinforced concrete structures, buildings and structures on the impact of the emergency: Proceedings of the International Scientific Conference. – M.: NIU MGSU, 2016. – P. 255-257.
3. Mishuev A.V., Kazennov V.V., Komarov A.A., Gromov N.I. Lukyanov, A.V., Prozorovskiy D.V. Especially of an accidental explosion inside the apartment is gasified buildings and industrial facilities // Pozharovzryvobezopasnost', 2012. – P. 56-63.
4. Danel V.V. Improvement of designs and design schemes of large-panel buildings // Zhilishchnoe stroitel'stvo, 2014, № 5. – P. 55-59.
5. Recommendations to prevent progressive collapse of large panel buildings. – M.: LTD «CPP», 2005. – 40 p.
6. Sokolov B.S., Mironova U.V. Strength and yielding of vertical joints of wall panels with flexible loops // Zhilishchnoe stroitel'stvo, 2014, № 5. – P. 60-62.
7. Zenin S.A. Designing of residential large-panel buildings with the use of joints without welding on cable clasp joints // Zhilishchnoe stroitel'stvo, 2013, №. 7. – P. 14-15.
8. Recommendations to protect residential buildings from progressive collapse. – M.: MNIITEP, NIIZHB, 2005. – 76 p.

УДК.624.014:624.074.4
Салахутдинов М.А. – кандидат технических наук, старший преподаватель
E-mail: lider-kazann@yandex.ru
Кузнецов И.Л. – доктор технических наук, профессор
E-mail: kuz377@mail.ru
Саянов С.Ф. – студент
E-mail: sayanov-salavat@mail.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1

Стальные фермы с поясами из труб многогранного сечения

Аннотация
В статье рассматриваются вопросы применения в строительстве оцинкованных труб многогранного сечения в качестве поясов стропильных ферм. Авторами предлагаются новые решения многогранного сечения с образованием листовой фасонки. Для подтверждения возможности и эффективности применения многогранных сечений в качестве поясов ферм проведены исследования методами сравнительного анализа, компьютерного моделирования и вариантного проектирования. В результате исследований выявлены наиболее рациональные формы многогранных сечений, разработан сортамент, установлена эффективность их применения в качестве поясов стропильных ферм.
Ключевые слова: стальные фермы, многогранное сечение, листовая фасонка, цинковое покрытие, труба, опора линий электропередач, пояс фермы.

Наибольшее применение в строительстве покрытий зданий получили стальные фермы из гнутосварных профилей прямоугольного или квадратного сечения, так называемые конструкции типа «Молодечно» [1], изготавливаемые по серии 1.460.3. Их доминирующее применение продиктовано рядом положительных конструктивных качеств: рациональные формы поперечного сечения при работе на сжатие, возможность бесфасоночного соединения стержней решётки с использованием сварки, меньший периметр поверхности, следовательно, меньший расход лакокрасочных материалов и большая коррозионная стойкость [2]. Вместе с тем, указанные конструкции, обладая меньшим расходом стали, в ряде случаев уступают по стоимости легким фермам из прокатных профилей ввиду большей стоимости замкнутого гнутосварного профиля.

Авторами предлагается применять для поясов стропильных ферм технологию производства холодногнутых профилей многогранного поперечного сечения, которые широко используются в энергетическом строительстве в качестве опор линий электоропередачи, светосигнального оборудования, ветрогенераторных установок (рис. 1), [3], [4], [5], [6] и т.п.

а) б)

Рис. 1. Примеры опор многогранного сечения:
а) общий вид опоры освещения; б) процесс оцинковывания опор в ваннах

Преимуществом холодногнутых многогранных сечений является простота их изготовления путём многократного перегиба по длине листовой заготовки с последующей сваркой кромок (рис. 2, а). При этом можно изготавливать как постоянное сечение опор, так и переменное, задавая форму и размеры исходной заготовки. В решении [7] изменение площади сечения по длине достигается путём использования листовых заготовок переменной толщины.

Одним из преимуществ многогранных сечений является обязательный процесс их оцинкования после изготовления, что значительно повышает коррозионную стойкость. Согласно данным [8] применение оцинкованных стальных сечений многогранных опор позволяет снизить расход стали на 20 %, эксплуатационные затраты на 10 %, трудоёмкость изготовления и монтажа на 30 %.

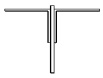
Авторами предлагается, в отличие от известного решения (рис. 2 а), многогранное сечение образовывать перегибом по длине заготовки одной из кромок в обратном направлении и сварки по месту контакта, образуя фасонку по всей длине профиля для крепления стержней решётки (рис. 2 б). В случае изготовления многогранного сечения из оцинкованной стали отгибаются обе кромки, а замкнутое сечение образуется установкой стяжных болтов по длине (рис. 2 в). Предлагаемые сечения (рис. 2 б, в) рекомендуются в качестве поясов стропильных ферм.

а) б) в)

Рис. 2. Примеры многогранных сечений:
а) трубы, используемые для изготовления опор;
б) сечение с использованием сварки для поясов ферм;
в) сечение поясов ферм для сборки на болтах

Для подтверждения возможности и эффективности применения многогранных сечений в качестве поясов ферм проведен сравнительный анализ многогранных сечений с обычными стержнями из круглых, квадратных труб и уголков. Для этого панель верхнего пояса фермы с расчетной длиной в плоскости l = 3 м и внутренними усилиями N = 412 кН и M = 16,7 кН·м, для класса стали С255 рассчитана при различных вариантах поперечных сечений. По подобранным сечениям определена масса одной панели фермы. Из таблицы видно, что наименьший вес достигается для многогранного сечения треугольного очертания. При этом принималось, что устойчивость из плоскости обеспечена за счет укладки и крепления профилированного настила.

Таблица

Наименование поперечного сечения	Круглая труба	Кв. труба	Спаренные уголки	7-гранник	Треугольное сечение
Эскиз					
Площадь поперечного сечения, см^2	26,75	25,67	31,2	26,25	24,6
Нормальные напряжения в сечении, кН/см^2	17,74	19,4	21,8	18,53	17,32
Масса одной панели верхнего пояса фермы, кг	63,0	60,45	73,5	61,97	58,05

Для определения рационального типа сечения многогранного профиля необходимо выполнить их сравнительный анализ. Исследуется несколько видов многогранников вписанных в окружность и описанных окружностью, разрабатываются варианты сечений с листовой фасонкой (рис. 3) и сортамент, аналогичный сортаменту для круглых труб.

В ходе сравнительного анализа полученных геометрических характеристик многогранного сечения и круглой трубы установлено, что наибольший эффект достигается для сечения с листовой фасонкой. При этом увеличение массы 1 погонного метра на 5-10 % компенсируется увеличением моментов инерции и сопротивления на 20-30 %. Таким образом, наиболее рациональным для строительных конструкций, в частности для верхних и нижних поясов стальных стропильных ферм, является многогранное сечение с листовой фасонкой, выполняющей роль как усиливающего элемента, в том числе и на внеузловую нагрузку, так и элемента для крепления решетки стропильной конструкции.

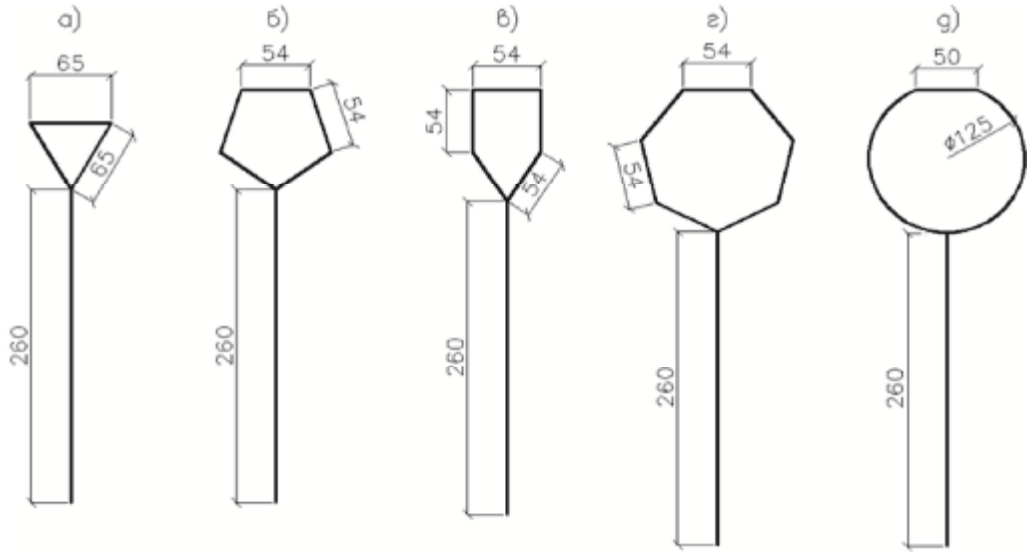


Рис. 3. Варианты многогранных сечений и круглой трубы с листовой фасонкой:
а) треугольник; б) 5-гранник (вариант 1); в) 5-гранник (вариант 2); г) 7-гранник; д) круг

Для подтверждения возможности и эффективности применения многогранных сечений в качестве поясов ферм проведен сравнительный анализ вариантов сечений с листовой фасонкой с применением программного комплекса, основанной на методе конечных элементов. Задаемся расчетной схемой пояса фермы для трёх вариантов загружений: центрального сжатия, сжатия с изгибом, растяжения (рис. 4). Варьируемым параметром является форма поперечного сечения пояса фермы.

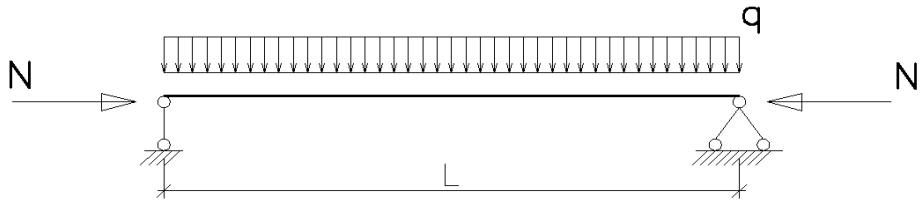
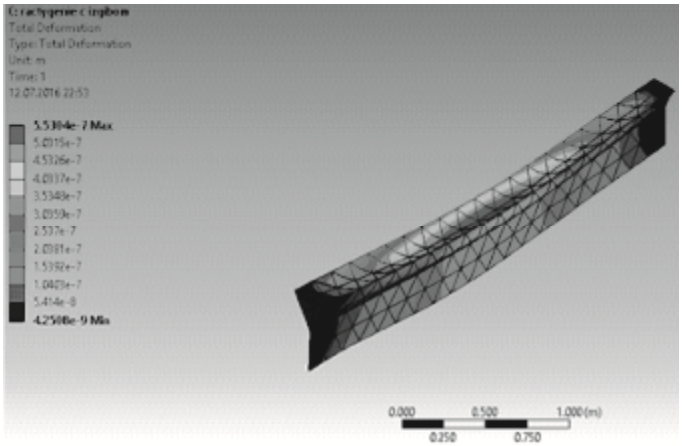
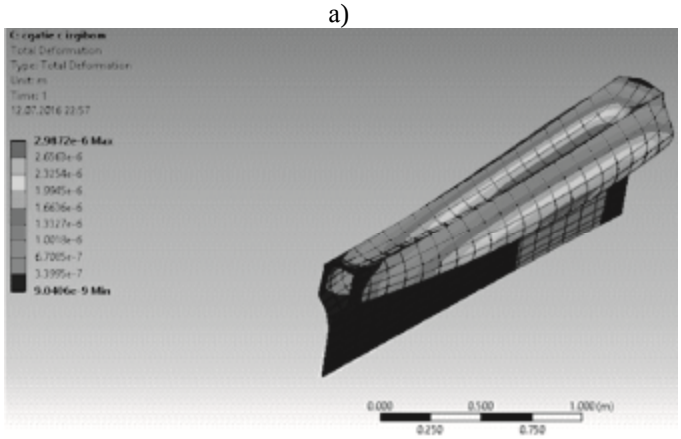


Рис. 4. Расчетная схемы пояса фермы для случая сжатия с изгибом сжатие с изгибом,
где N – продольная сила (кН), q – равномерно-распределенная нагрузка (кН/м),
L – расчетная длина пояса фермы

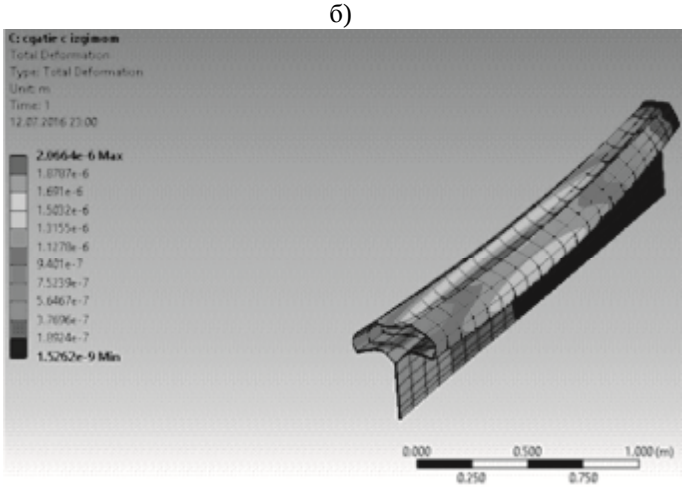
Результаты компьютерного моделирования вариантов многогранных сечений и круглой трубы для случая сжатия с изгибом приведены на рис. 5.


Total Deformation
Type: Total Deformation
Unit: m
Time: 1
5.5384e-7 Max
4.2508e-9 Min
0.000
0.500
1.000 (m)
0.250
0.750

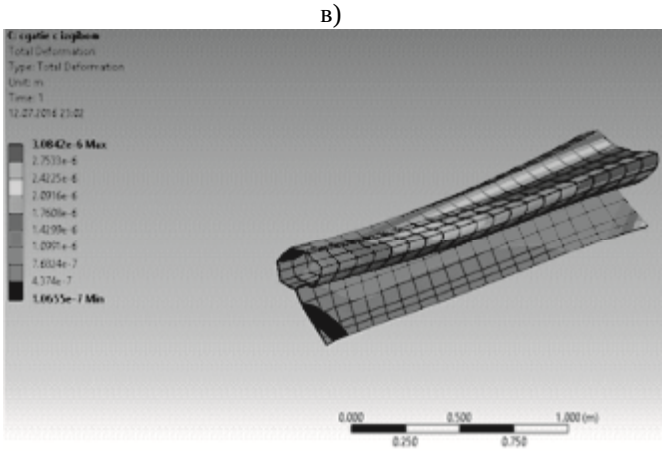
а)


Total Deformation
Type: Total Deformation
Unit: m
Time: 1
2.9872e-6 Max
9.0406e-9 Min
0.000
0.500
1.000 (m)
0.250
0.750

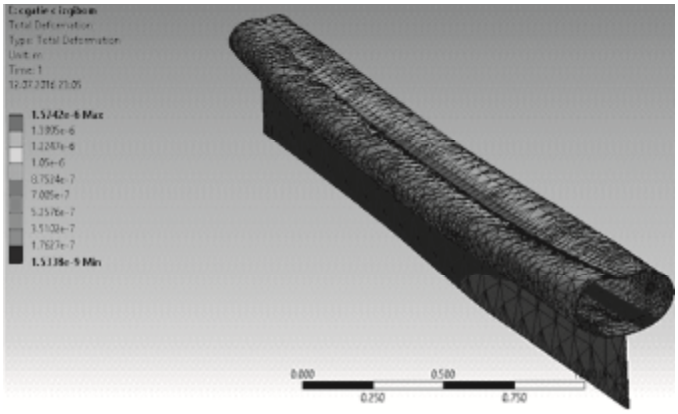
б)


Total Deformation
Type: Total Deformation
Unit: m
Time: 1
2.0664e-6 Max
1.5262e-9 Min
0.000
0.500
1.000 (m)
0.250
0.750

в)


Total Deformation
Type: Total Deformation
Unit: m
Time: 1
3.0842e-6 Max
1.0655e-7 Min
0.000
0.500
1.000 (m)
0.250
0.750

г)



д)

Рис. 5. Деформированные схемы в случае сжатия с изгибом для следующих сечений:
а) треугольник; б) 5-гранник (вариант 1); в) 5-гранник (вариант 2); г) 7-гранник; д) круг

В результате компьютерного моделирования установлено, что наименьшие деформации возникают в случае треугольного сечения, далее круглого и 5-гранного (вариант 2) соответственно (рис. 3 а, д, в). Из этого следует, что для дальнейших исследований можно ограничить область геометрических форм многогранных сечений.

На основании проведенного анализа рассмотренных многогранных сечений предлагаются конструктивные решения стропильных ферм с поясами из многогранных оцинкованных труб переменного по длине сечения, а решётка – из оцинкованных профилей постоянного по длине открытого сечения, прикрепляемых к фасонкам на болтах. При изготовлении многогранной трубы кромки листовой заготовки отгибаются для образования фасонки, в которой выполняются отверстия для крепления элементов решётки. После гибки и сверления элементы фермы оцинковываются в ваннах и отправляются на строительную площадку. На рис. 6 приведены примеры конструирования стропильных ферм из труб многогранного сечения пролетом 18 м.

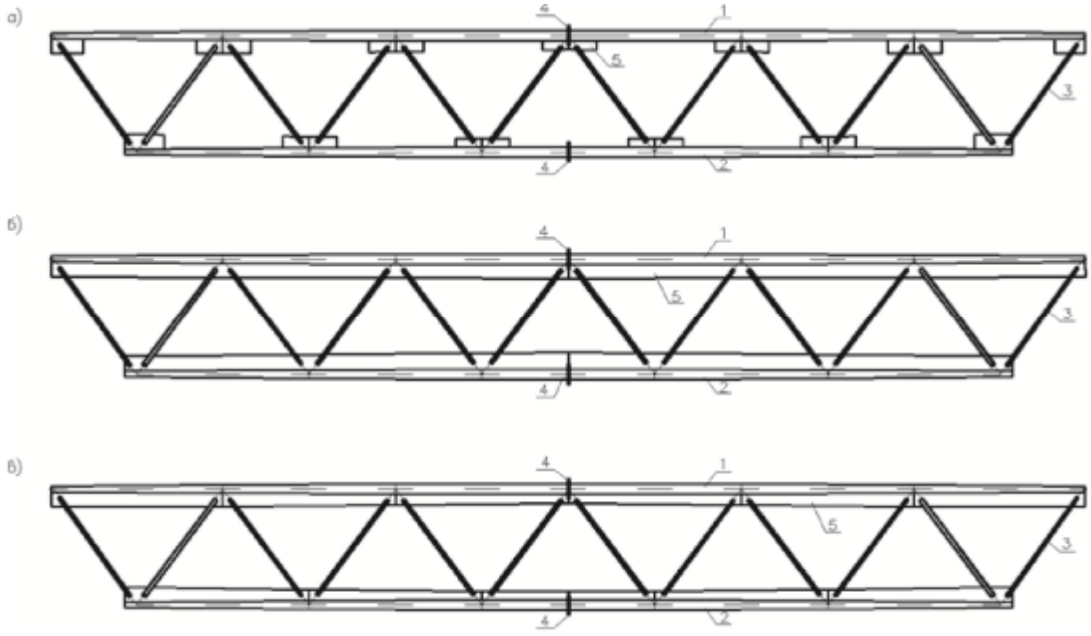


Рис. 6. Пример конструирования стропильной фермы:
а) ферма с узловыми фасонками, б) ферма со сплошной по длине листовой фасонкой,
в) ферма с переменной по длине листовой фасонкой:
1 – верхним пояс, 2 – нижний пояс, 3 – элементы решетки,
4 – фланец укрупнительного стыка, 5 – листовая фасонка

В ходе анализа разрабатываемых конструктивных решений стропильных ферм с поясами из многогранных сечений установлено, что данный подход позволяет снизить расход стали на фермы до 15 %, повысить технологичность изготовления и монтажа ферм, вместе с тем сократить эксплуатационные затраты на периодическую антикоррозионную обработку конструкций. Также достигается усиление поясов ферм из многогранного сечения от внецентренного нагружения (при отсутствии прогонов) за счёт фасонки по всей длине пояса, при этом, имеется возможность транспортирования готовых изделий в «пакетном» виде непосредственно на строительную площадку.

Список библиографических ссылок

1. Стальные конструкции покрытий производственных зданий пролетами 18, 24 и 30 м с применением замкнутых гнутосварных профилей прямоугольного сечения типа «Молодечно». Чертежи «КМ». Серия 1.460.3-14/90. Выпуск 3. – М.: 1982. – 136 с.
2. Трофимов В.И., Каминский В.И. Легкие металлические конструкции зданий и сооружений. – М.: Наука, 1997. – 592 с.
3. Стальная многогранная опора ЛЭП: пат. 2248434 Рос. Федерация. № 2003134575/03; заявл. 28.11.2003; опубл. 20.03.2005. – 4 с.
4. Кузнецов И.Л., Хамидуллин И.Н., Сабитов Л.С. К вопросу о рациональности применения опор линий электропередачи из многогранных гнутых стоек // Энергетика Татарстана, 2014, № 1. – С. 43-47.
5. Стойка опоры воздушной линии электропередачи: пат. 2450110 Рос. Федерация. № 2010127105/03; заявл. 01.07.2010; опубл. 10.05.2012, Бюл. № 13. – 9 с.
6. Длинномерная несущая конструкция стойка опоры линии электропередачи: пат. 2347049 Рос. Федерация. № 2007118190/03; заявл. 16.05.2007; опубл. 20.02.2009. – 4 с.
7. Способ изготовления стальной опоры многогранного сечения: пат. 2556603 Рос. Федерация. № 2014121172/03; заявл. 26.05.2014; опубл. 10.07.2015, Бюл. № 19. – 5 с.
8. URL: http://alfa-opora.ru/ (дата обращения: 11.05.2016).

Salakhoutdinov M.A. – candidate of technical sciences, senior lecturer
E-mail: lider-kazann@yandex.ru
Kuznetsov I.L. – doctor of technical sciences, professor
E-mail: kuz377@mail.ru
Sayanov S.F. – post-graduate student
E-mail: sayanov-salavat@mail.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Steel truss with chords of multi-faceted cross-section tubes

Resume

Most popular structures of steel trusses in some cases do not have an economic efficiency including maintenance costs. Nowadays, steel multi-faceted cross-section supports of power line have found wide uses in the power industry.

This article is about using of galvanized multi-faceted cross-section tubes as chords of steel trusses. The authors offer new solutions of multi-faceted cross-section to form a joint plate. The article considers the search of the most rational shape of multi-faceted cross-section. The authors propose constructive solutions of trusses with chords from multi-faceted galvanized tubes of variable section along the length, and braces from galvanized profiles of constant section along the length which attached by bolts to the joint plate.

To confirm the possibilities and efficiency of multi-faceted cross-sections in chords of trusses, by the methods of comparative analysis, computer simulation and variant design carried out researches. As a result of research the most rational form of multi-faceted sections, designed assortment, set the efficiency of their use as a chord of trusses are found.

Keywords: steel trusses, multi-faceted cross-section, joint plate, galvanize surfaces, tube, supports of power line, chord of truss.

Reference list

1. Steel constructions of covering of industrial 18, 24 and 30 span buildings with application of rectangular section by type «Molodechno» from closed roll-welded profiles. Drawings MK. Series 1.460.3-14/90. Publication 3. – M., 1982. – 136 p.
2. Trofimov V.I., Kaminsky A.M. Light metal constructions of buildings and structures. – M.: Science, 1997. – 592 p.
3. Steel multi-faceted cross-section support of power line: patent 2248434 of the Russian Federation. № 2003134575/03; It is declared 28.11.2003; it is published 20.03.2005. – 4 p.
4. Kuznetsov I.L., Khamidullin I.N., Sabitov L.S. To a question of rationality application support power lines from many-sided bent racks // Power industry of Tatarstan, 2014, № 1. – P. 43-47.
5. Tower body of overhead transmission line: patent 2450110 of the Russian Federation. № 2010127105/03; It is declared 01.07.2010; it is published 10.05.2012. The bullet in № 13. – 9 p.
6. A lengthy load-bearing structure support stand for power transmission line: patent 2347049 of the Russian Federation. № 2007118190/03; It is declared 16.05.2007; it is published 20.02.2009. – 4 p.
7. A method of making steel support of multi-faceted cross-section: patent 2556603 of the Russian Federation. № 2014121172/03; It is declared 26.05.2014; it is published 10.07.2015. The bullet in № 19. – 5 p.
8. URL: http://alfa-opora.ru/ (reference date: 11.05.2016).

УДК 624.011.1
Седов А.Н. – кандидат технических наук, доцент
E-mail: sedovartur@mail.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1

Трехслойный профилированный брус для малоэтажного строительства

Аннотация

Целью предлагаемого решения является создание надежного и долговечного конструктивного элемента стены, состоящего только из природных материалов – древесины и материалов ее переработки, обладающего повышенными теплотехническими и звукоизоляционными характеристиками, снижающего расход древесины, и не препятствующего естественной циркуляции влаги.

В качестве основы для бруса приняты существующие профили клееных брусьев для возведения стен. Отличительной особенностью является то, что наружный и внутренний лицевые слои бруса выполнены с финишной отделкой. В качестве среднего слоя используется изоляция из древесноволокнистых плит. Профилирование бруса выполняется с вклеенным утеплителем, что позволяет повысить точность изготовления.

Ключевые слова: профилированный брус, древесноволокнистая изоляция, технология изготовления бруса.

Малоэтажное строительство, на сегодняшний, день является перспективной и развивающейся отраслью. Многообразие архитектурных решений для подобных зданий позволяет придать индивидуальность любому зданию, а для его владельца создать комфортные условия проживания. Рынок строительных материалов, а также технологии возведения зданий, позволяют выбрать наиболее приемлемые из них для любого ценового уровня.

Основными применяемыми техническими решениями по конструкциям стен на сегодняшний день являются:

- несущие или самонесущие стены из штучных материалов (кирпич, газобетон);
- каркасные стены с несущими элементами из дерева и заполнением изоляционными материалами;
- несущие стены из профилированных брусьев, бревен и т.п.

Все из перечисленных материалов, в той или иной степени, экологичны и могут быть использованы для создания современного жилья.

Так как с точки зрения затрат на отопление малоэтажное строительство относится к наиболее затратной технологии, вопрос выбора материалов, обеспечивающих максимальный коэффициент сопротивления теплопередачи и высокую теплоемкость при минимальном расходе, является актуальным. Причем наиболее эффективна будет конструкция не многослойная, а однородная или близкая к этому.

Наиболее полно указанным требованиям отвечают конструкции из древесины. Её применение в виде материала для стен, можно встретить в виде сплошных бревен (в т.ч. оцилиндрованных) и клееных профилированных брусьев. Оба решения сочетают в себе как достоинства, так и недостатки, главным из которых является усадка древесины и продувка швов, что вызывает необходимость проведения дополнительных затрат по их заделке или облицовки стен в целом.

На сегодняшний день существует множество конструкций профилированных брусьев. Некоторые из них оформлены в виде патентов на полезные модели или изобретения. Патент на изобретение № 2266376 РФ, кл. E04C3/12, 2005 г. [1], который посвящен клееному деревянному брусу, состоящему из пакета склеенных досок и продольных вставок с образованием пустотных камер по толщине бруса. Такое решение обладает рядом достоинств по сравнению со стандартным клееным полнотелым брусом, но и обладает некоторыми недостатками, такими как увеличенный расход древесины, значительное

количество склеиваемых элементов, что усложняет технологию его изготовления. Кроме того, пустотные камеры в дальнейшем не заполняются изоляционными материалами, что снижает величину сопротивления теплопередачи конструкции.

Патент № 2473757 РФ кл. E04C3/12, 2013 г. [2], посвящен способу изготовления деревянного составного бруса. Достоинствами решения является снижение трудоемкости изготовления и использование утеплителя в пустотах. Недостатком предлагаемого решения является наличие стальных соединительных лент, что будет приводить к коррозии, а также то, что доски соединяются в пакет будучи отфрезерованными, что может привести к неточностям сопряжения готовых брусьев между собой.

Патент № 2280741 РФ кл. E04C3/12, 2006 г. [3] посвящен клеедеревянному профилированному брусу, выполненному из двух продольных пластин, расположенных параллельно друг другу и третьей продольной пластины, располагаемой вверху или внизу поперечного сечения бруса. Перпендикулярно продольным пластинам с определенным шагом устанавливаются поперечные ребра из древесины. Образованные при этом полости могут быть заполнены любым утеплителем. К недостаткам предлагаемого решения относятся расположение продольного ребра по толщине бруса, что приводит к снижению теплотехнических свойств, а также то, что пластины соединяются отфрезерованными, поэтому при соединении брусьев между собой возможны неточности примыкания, что частично компенсируется уплотнительными лентами, усложняющими монтаж.

В патентах № 2168594 РФ кл. E04C3/14, 2001 г. № 2011131361 РФ кл. E04C3/12, 2006 г. [4] представлены решения клееного бруса, состоящего из нескольких досок без образования пустот. К недостаткам подобных решений относятся необходимость обработки большого количества древесины, повышенный расход материалов, особые требования к оборудованию для соединения большого количества досок.

В работах [5, 6] представлены конструкции стеновых панелей по технологии «двойной брус», заполнение пустот в которых предусматривается с помощью эковаты, которая при задувке имеет плотность порядка 70 кг/м^3 и подвержена осадке.

С учетом недостатков существующих решений сформулирована цель предлагаемого решения, которая заключается в создании надежного и долговечного конструктивного элемента стены, состоящего только из природных материалов – древесины и материалов ее переработки, обладающего повышенными теплотехническими и звукоизоляционными характеристиками, снижающего расход древесины, и не препятствующего естественной циркуляции влаги.

Основой для формы поперечного сечения приняты существующие профили клееных брусьев для возведения стен. Составными частями бруса являются наружная и внутренняя лицевые доски и внутренний слой утеплителя. Доски толщиной 30-45 мм с финишной отделкой с лицевой стороны соединяются между собой с помощью вставок из сплошной клееной древесины, которые располагаются в торцах бруса, а также с определенным шагом по его длине. Схема расположения вставок показана на рис. 1. Профиль бруса показан на рис. 2.

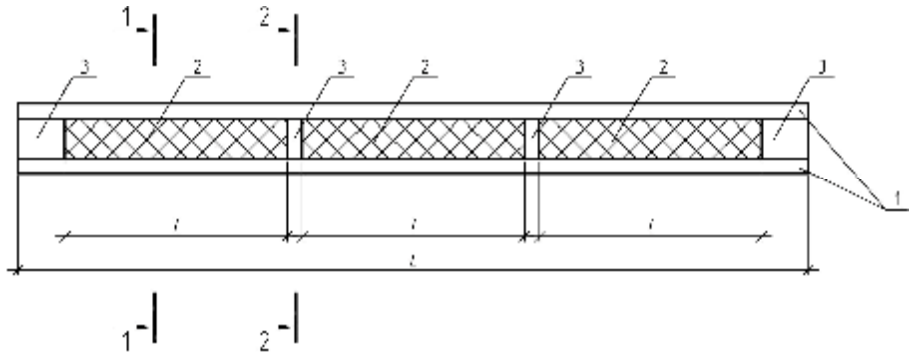


Рис. 1. Расположение вставок по длине бруса:
1 – лицевые доски; 2 – утеплитель из древесных волокон; 3 – вставка из дерева

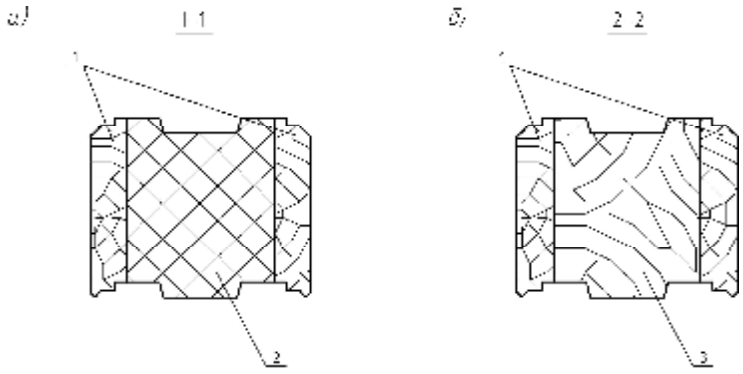


Рис. 2. Поперечное сечение 1-1 и 2-2

В качестве утеплителя, который устанавливается между внутренним и наружным лицевыми слоями, используются древесноволокнистые изоляционные плиты, обладающие высокими теплотехническими характеристиками и плотностью порядка 100 кг/м^3, что до 5 раз меньше плотности древесины.

Наиболее подходящими по требуемому составу и характеристикам являются изоляционные плиты производителей Gutex и Steico с коэффициентом сопротивления теплопередаче в интервале 0,037-0,045 Вт/мК (для дерева 0,14 Вт/мК), удельной теплоемкостью порядка 2100 Дж/кг*К (для дерева 1700 Дж/кг*К) и толщине однородного слоя до 240 мм. По данным производителей такие изоляционные плиты содержат в своем составе только древесное волокно, получаемое при размалывании щепы – отхода при производстве пиломатериалов. Стабильность формы таких плит на протяжении всего срока эксплуатации достигается за счет надежного соединения волокон между собой, а также добавления до 4 % по объему полиуретановой смолы. Формовка плит нужной толщины производится в прессах методом прокатки с последующей нарезкой и выдерживанием при повышенных температурах. В процессе эксплуатации изоляционные плиты, изготовленные по данной технологии, не дают усадку и не осаживаются по высоте стены, чем достигается длительная надежная эксплуатация и отсутствие необходимости использовать дополнительные уплотнители в стыках брусьев, что также повышает качество и скорость монтажа.

Благодаря как пористой структуре волокон древесины, из которых изготовлены плиты, так и высокому объемному весу подобных изоляционных плит, достигаются наилучшие звукоизоляционные показатели конструкций крыши. За счет высокой диффузионной открытости и способности принимать атмосферную влагу до 20 % от собственного веса, а затем отдавать ее без ущерба для теплотехнических свойств, изоляционные плиты оказывают благоприятное воздействие на микроклимат внутри помещения. В сочетании с отделочным слоем – древесиной, подобный процесс протекает без сопротивления, что обеспечивает комфортный микроклимат внутри помещений при любых внешних условиях.

Предложенное техническое решение по конструкции трехслойного бруса не содержит по толщине клеевого слоя, который препятствовал бы циркуляции пара через него. Роль пароизоляции, в данном случае, выполняет внутренний слой бруса.

В работах [7, 8] показано устройство для повышения эффективности деревянной вставки внутри бруса, что также может быть использовано при производстве, с той лишь разницей, что в качестве утеплителя в основе предлагаемого решения используются полимерные строительные материалы.

К основным достоинствам технического решения трехслойного бруса с древесноволокнистым утеплителем можно отнести следующее:

- отсутствие непроницаемого клеевого шва по толщине бруса, что обеспечивает циркуляцию пара сквозь конструкцию;
- применение только природных материалов (древесины, полиуретановой смолы) для изготовления;
- точность изготовления;
- малые деформации усадки;

- высокое сопротивление теплопередаче и теплоемкость, что обеспечивает снижение потерь тепла, а также снижение затрат на отопление и кондиционирование по сравнению с другими конструкциями;

- снижение отходов при изготовлении.

К недостаткам можно отнести следующее:

- повышенные требования к качеству сырья, как для изготовления лицевых слоев, так и для изоляционных плит;

- высокие требования к качеству монтажа.

Отличительной особенностью технологии изготовления является то, что продольные доски допускается строгать только по наружной стороне, обеспечивая более надежное сопряжение с волокнами утеплителя. При этом приклеивание утеплителя к доскам осуществляется с помощью полиуретановой смолы при повышенной температуре и давлении. Для обеспечения точности изготовления и последующего сопряжения брусьев между собой без пустот, профилирование (создание пазов по длине) осуществляется вместе с утеплителем. Срезанные участки допускается повторно использовать в качестве сырья для производства изоляционных плит, что обеспечивает снижение отходов при производстве бруса.

Процесс склейки наружных и внутренних слоев, а также профилирование, практически не отличается от технологии изготовления клееного бруса, поэтому подобную конструкцию можно изготовить без существенной модернизации линий по производству.

Подобная технология также позволяет изготовить брус с пустотами под утеплитель, при этом его задувку выполнить после монтажа бруса на всю стену. При этом в качестве утеплителя используется древесное волокно – основа для изготовления древесноволокнистых изоляционных плит. Плотность утеплителя при этом снижается до величин порядка 35-50 кг/м^3, не снижая при этом теплотехнических показателей. Для задувки используются машины Catolet или подобные. При этом необходимо учитывать требования по минимальной величине внутренних пустот, которые могут быть от 80 мм.

На конструкцию трехслойного профилированного бруса с утеплителем из древесноволокнистых плит, а также технологию его изготовления поданы заявки на полезные модели.

Вывод

Применение трехслойного профилированного бруса с утеплителем из древесных волокон позволит существенно сократить толщину стены с сохранением требуемого уровня сопротивления теплопередаче и звукоизоляции. За счет увеличенной теплоемкости обеспечит меньшую скорость прогрева стены и экономию на кондиционировании, а также позволит снизить собственный вес конструкции за счет снижения плотности внутреннего слоя и, следовательно, нагрузку на фундамент.

Список библиографических ссылок

1. Клееный деревянный брус: пат. 2266376. Рос. Федерация; заявл. 23.03.2004; опубл. 20.12.2005. Бюл. № 35. – 10 с.
2. Способ изготовления деревянного составного строительного бруса: пат. 2473757 Рос. Федерация; заявл. 13.04.2011; опубл. 27.01.2013. Бюл. № 3. – 7 с.
3. Профилированный клееный деревянный брус: пат. 2280741 Рос. Федерация; заявл. 29.09.2004; опубл. 27.07.2006. Бюл. № 21. – 6 с.
4. Клееный деревянный элемент: пат. 2280741 Рос. Федерация. № 2011131361; заявл. 29.12.1999; опубл. 10.06.2001. Бюл. № 4. – 5 с.
5. Трехслойная строительная панель: пат. 2344246 Рос. Федерация; заявл. 26.12.2006; опубл. 20.01.2009. Бюл. № 2. – 7 с.
6. Хайруллин Л.Р. Исследование несущей способности стен деревянного дома, выполненной по технологии «двойной брус» // Известия КГАСУ, 2015, № 4 (34). – С. 178-182.

7. Цветков Д.Н. Теплотехническое обоснование наружных ограждений зданий из клееных деревянных энергоэффективных сортиментов // Вестник ТГАСУ, 2012, № 2. – С. 81-90.
8. Цветков Д.А. Повышение эксплуатационных свойств клееного профилированного бруса с утеплителем // Вестник ТГАСУ, 2012, № 2. – С. 163-169.

Sedov A.N. – candidate of technical sciences, senior lecturer
E-mail: sedovartur@mail.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Three-layer corrugated board for the low-rise building

Resume

The article presents a structural element and a method of manufacturing a three-layer profiled wooden wall beam, consisting of the exterior wood boards with a thickness of 30-45 mm with final finishing, and an inner layer of insulation made of wood-fiber plates. As the cross sectional shape of the beam taken existing profiles laminated boards for walls. For bonding all layers use polyurethane resin. Grading lumber is performed with inserted insulation, which improves the accuracy of manufacture.

The advantages of the proposed technical solution of three-layer beams is the lack of an impermeable adhesive joint according to the thickness of timber that circulates steam through design, using only natural materials (wood, polyurethane resins) for the manufacture, high manufacturing precision, small deformation of the shrinkage of the finished structure, high heat transfer resistance and heat capacity, which reduces heat loss and also reduce the cost of heating and air conditioning in comparison with other designs, reuse of waste in manufacturing. The disadvantages include higher requirements for quality of raw materials for the manufacture of face layers and for the insulation boards, as well as high demands on the quality of installation.

Keywords: profiled timber, wood fiber insulation, technology for the production of timber.

Reference list

1. Glued wooden timber: patent 2266376 of the Russian Federation. It is declared 23.03.2004; it is published 20.12.2005. The bulletin № 35. – 10 p.
2. Method of manufacturing a wood composite construction with timber: patent 2473757 Of the Russian Federation. It is declared 13.04.2011; it is published 27.01.2013. The bulletin № 3. – 7 p.
3. Profiled glued timber: patent 2280741 of the Russian Federation. It is declared 29.09.2004; it is published 27.07.2006. The bulletin № 21. – 6 p.
4. Glued wooden element: patent 2280741 of the Russian Federation. № 2011131361; It is declared 29.12.1999; it is published 10.06.2001. The bulletin № 4. – 5 p.
5. Ehree-layered construction panel: patent 2344246 of the Russian Federation.; It is declared 26.12.2006; it is published 20.01.2009. The bulletin № 2. – 7 p.
6. Khairullin L.R. Study of bearing capacity of walls of wooden houses, made by technology «dual beam» // Izvestiya KGASU, 2015, № 4 (34). – P. 178-182.
7. Tsvetkov D.N. Thermo technical justification for exterior building envelopes of laminated wood energy efficient assortments // Vestnik TGASU, 2012, № 2. – P. 81-90.
8. Tsvetkov D.A. Increasing of operational properties of glued timber with a heater // Vestnik TGASU, 2012, № 2. – P. 163-169.

УДК 624.012.4-183.2, 624.044:539.384
Симаков В.Д. – аспирант
E-mail: VasiliiSimakov86@mail.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1

Трещиностойкость контактных стыков колонн

Аннотация

В настоящее время отсутствует нормативный подход для расчета стыков железобетонных колонн по образованию и раскрытию трещин, однако им предписывается его необходимость. Проведенные многофакторные теоретические, численные и экспериментальные исследования, а так же анализ результатов обследований строительных конструкций, указывают на необходимость выполнения такого расчета. Поэтому, целью работы ставится подтверждение предложенной методики расчета контактных стыков по образованию и раскрытию трещин.

В статье приводятся результаты экспериментальных исследований трещиностойкости зоны смятия железобетонных колонн, усиленных сетками косвенного армирования. Экспериментом были подтверждены результаты численных и теоретических исследований, выявлены общие закономерности, составлены зависимости и уточнены границы применения методики. По полученным данным откорректированы расчетные выражения, дополнены рекомендации по конструированию.

Ключевые слова: колонна, контактный стык, образование трещин, раскрытие трещин, методика, теория силового сопротивления бетона в сжимающем силовом потоке, нелинейная деформационная модель.

Контактные стыки колонн часто применяются на практике и являются наиболее ответственными за конструкционную безопасность элементами зданий и сооружений. При обследовании их технического состояния иногда фиксируется наличие вертикальных трещин в оголовках колонн. Колонна при этом, в течении длительного времени, находится под нагрузкой без разрушения. В.В. Габрусенко в своей работе [1] приводил различные варианты подобных повреждений оголовков колонн. Такие же повреждения отмечались и специалистами по обследованию ООО «Казанского Гипрониавиапромом».

Современный нормативный подход к расчету прочности на местное смятие, который является основным при расчете прочности контактных стыков (рис. 1), не учитывает, что вертикальные трещины в колонне под грузовой площадкой могут возникать задолго до того, как произойдет разрушение. Однако, результаты обследований и выполненных экспериментов показывают, что это возможно.

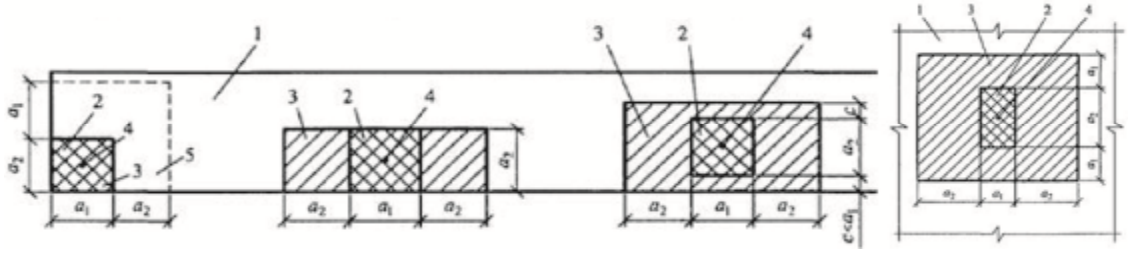


Рис. 1. Расчетная схема для определения несущей способности железобетонных элементов при местном сжатии по СП 63.13330.2012

Созданием методик расчета по образованию трещин для отдельных видов контактных стыков, занимались как отечественные, так и известные нам зарубежные ученые [2, 3, 4 и др.]. В разработанных ими методиках отсутствуют рекомендации по определению ширины раскрытия трещин в промежутке от момента их образования и до наступления предельного состояния.

Таким образом совершенствование существующих или создание новых методик расчета контактных стыков по образованию и раскрытию трещин является актуальной задачей. Расчет горизонтальных стыков по эксплуатационной пригодности (по образованию и раскрытию трещин) становится возможным с применением теории силового сопротивления бетона, как анизатропного материала, сжатию [5] и нелинейной деформационной модели [6]. В этом заключается научная новизна работы.

Расчетная схема стыка приведена на рис. 2. Ее характеристики и вывод расчетных выражений для определения усилия образования трещин (N_{crc}) и ширины их раскрытия (a_{crc}) приведены в ранее опубликованной статье [7]. Результаты численного исследования, выполненного с применением программного комплекса ANSYS, опубликованы в статье [8].

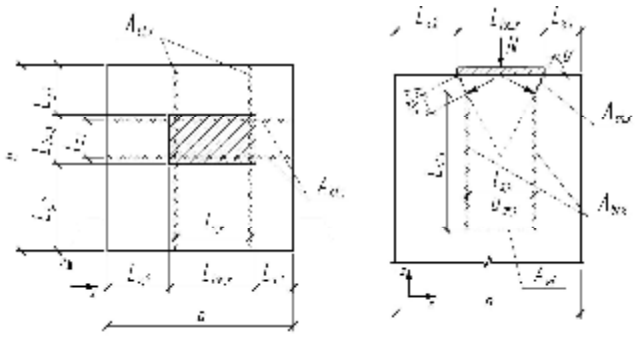


Рис. 2. Расчетная схема оголовка железобетонной колонны
при местном сжатии грузовой площадкой
для выполнения расчета по образованию и раскрытию трещин:
A_{bt} – площадь отрыва; A_{sh} – площадь сдвига; A_{ef} – площадь отрыва; α – угол наклона клина;
ls – расстояние между трещинами, L_{loc} – размер грузовой площадки

Перед началом испытаний опытных образцов были определены физико-механические характеристики бетона по контрольным образцам. На рис. 3 приведена информационная схема экспериментальных исследований.

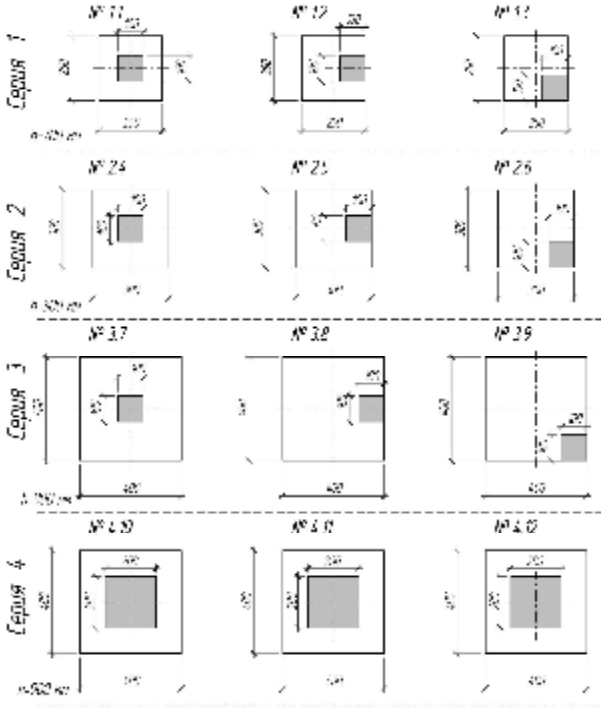


Рис. 3. Информационная схема экспериментальных исследований

Образцы, в количестве 12-ти штук, представляют собой фрагменты колонн (оголовки), усиленные сетками косвенного армирования в зоне смятия. Группа разделена на 4 серии. Каждая серия состоит из трех опытных образцов одинакового поперечного сечения. Образцы серий 1-3 отличаются друг от друга положением грузовой площадки: по центральной оси; на краю и на углу колонны. Образцы 4-й серии выполнены одинаковыми (базовый образец).

Все фрагменты колонн изготовлены из бетона класса В25, косвенной арматуры Ø6А240 и продольной арматуры Ø16А400. Насыщенность косвенного армирования назначена по минимальным конструктивным требованиям. Грузовая площадка для серий 1-3 – 100×100 мм, для серии 4 – 200×200 мм.

Размеры образцов и косвенное армирование назначены по результатам численных и теоретических исследований. Для грузовой площадки 100х100 мм, при осевой сжимающей силе, в колонне сечением 250×250 мм отношение усилия образования трещин (N_{crc}) к пределу прочности ($N_{ult,СП}$), определенному по СП 63.13330.2012 (рис. 1), минимальное, а в колонне сечением 400×400 мм это значение близко к единице (максимальное для актуальности исследования). Колонны сечением 250×250 и 400×400 мм будут являться нижним и верхним пределом области исследования соответственно. Минимальное армирование выбрано из соображений, что при увеличении процента армирования разница между N_{crc} и $N_{ult,СП}$ еще больше увеличится, что только увеличит актуальность выбранного исследования. Соотношение размеров базового образца 4-й серии показало наибольшую ширину раскрытия трещин (a_{crc}) при наименьшем соотношении N_{crc} к $N_{ult,СП}$.

В табл. 1 представлены результаты испытаний опытных образцов. Ширина раскрытия силовых трещин приведена на момент разрушения при последнем шаге нагружения. Расстояние между трещинами (l_s) определено по схеме, изображенной и на рис. 2.

Таблица 1

Результаты испытаний опытных образцов

№ серии	№ образца	N_{crc}, т	N_{ult},т	$N_{ult,СП}$, т	l_s, мм	a_{crc}, мм	$\frac{N_{crc}}{N_{ult}}$	$\frac{N_{crc}}{N_{ult,СП}}$	μ_{sw}, %
1	1.1	26,52	51,0	38,87	98	0,3	0,52	0,68	0,581
	1.2	22,44	33,66	27,39	90	0,3	0,66	0,82	
	1.3	11,22	24,48	18,45	65	0,35	0,46	0,61	
2	2.4	38,1	49,64	43,68	90	0,35	0,77	0,87	0,435
	2.5	15,30	30,6	28,64	90	0,4	0,50	0,53	
	2.6	14,28	25,5	17,46	70	0,3	0,56	0,82	
3	2.7	40,8	67,1	40,23	96	0,2	0,60	1,01	0,266
	2.8	23,80	45,9	25,32	108	0,4	0,33	0,94	
	2.9	7,65	25,5	16,31	102	0,3	0,30	0,47	
4	2.10	81,2	144,3	107,29	115	0,5	0,55	0,75	0,266
	2.11	85,4	141,6	107,29	125	0,55	0,60	0,80	
	2.12	82,6	137,9	107,29	120	0,5	0,58	0,77	

Из результатов видно, что во всех образцах трещины образуются до потери несущей способности ($N_{crc}<N_{ult,СП}$ и $N_{crc}<N_{ult,СП}$) что подтверждает актуальность исследования. Трещиностойкость стыка повышается с увеличением процента косвенного армирования (μ_{sw}).

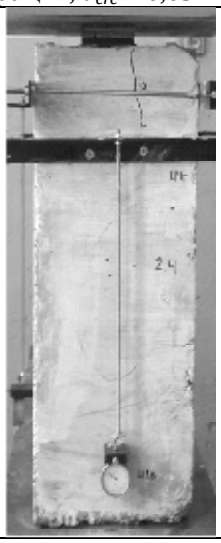
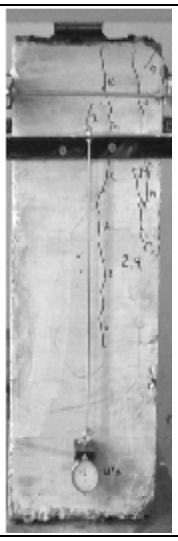
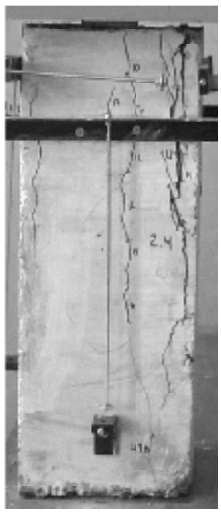
В табл. 2 приведены результаты поэтапного нагружения образца № 2.4, в которых прослеживается динамика развития трещин. Размеры поперечного сечения колонны 300×300 мм, грузовой площадки – 100×100 мм.

Из табл. 2 видно, что первые вертикальные трещины на боковой поверхности колонны возникли напротив грузовой площадки в зоне растяжения, совпадающей со схемой изображенной на рис. 2.

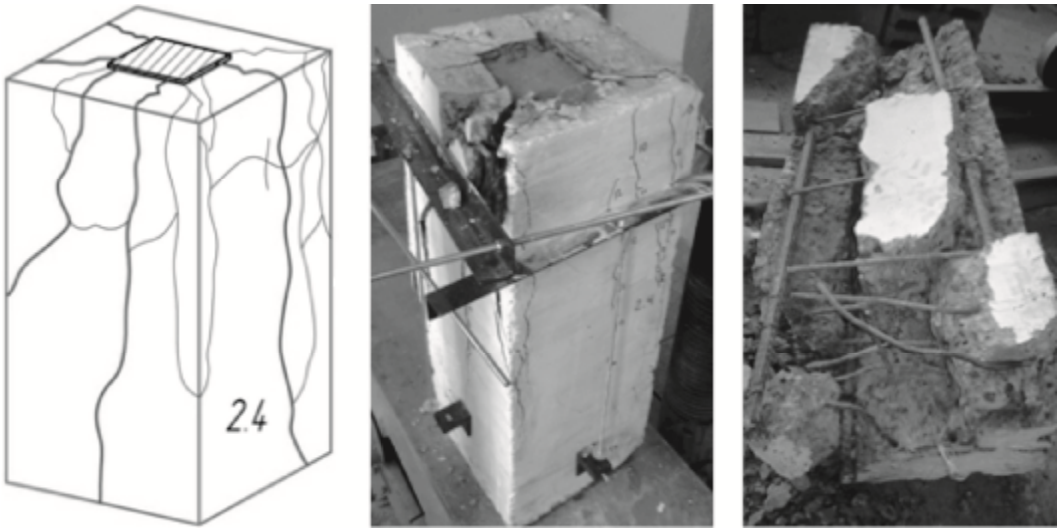
На рис. 4а показана схема образования трещин перед разрушением, где толстыми линиями выделены магистральные трещины по которым произошло раскалывание образца (рис. 3б, 3в).

Таблица 2

Результаты испытаний опытного образца № 2.4

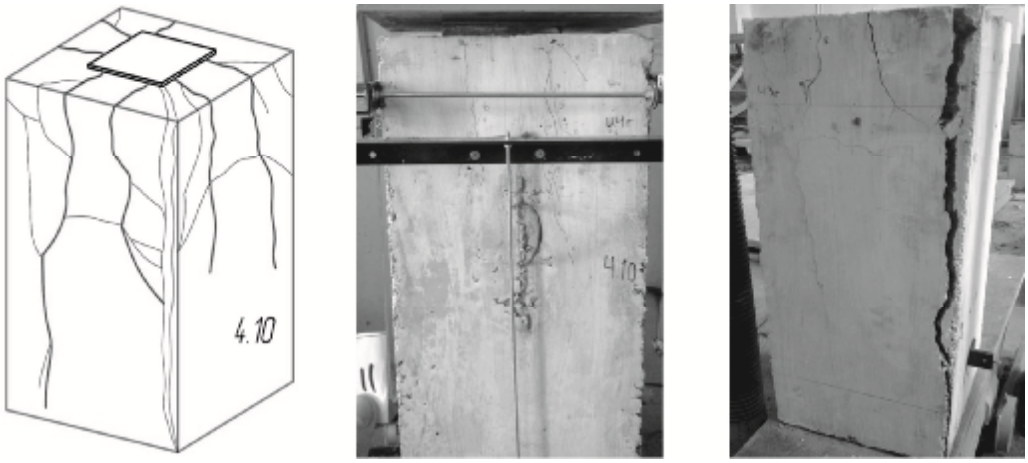
Поэтапное увеличение сжимающей силы			
38,1 т (шаг 10)	42,8 т (шаг 12)	47,6 т (шаг 14)	49,6 т (шаг 15)
$0{,}87 \cdot N_{ult,СП}$	$0{,}97 \cdot N_{ult,СП}$	$1{,}09 \cdot N_{ult,СП}$	$1{,}13 \cdot N_{ult,СП}$
Образование первых трещин, a_{crc} = 0,05 мм	Развитие трещин	Развитие трещин	Разрушение
			

Результаты эксперимента доказывают, что на основе принятой модели, возможно создать методику расчета контактных стыков по образованию и раскрытию трещин. Особенно наглядно образование трещин соответствует модели на образцах 4-й серии с размерами сечения колонн 400×400 мм и грузовой площадкой 200×200 мм. На рис. 5 представлено испытание образца № 4.10, где четко прослеживаются две главные силовые вертикальные трещины в зоне отрыва (рис. 5а). На противоположной грани колонны можно наблюдать симметричное разрушение (рис. 5б), т.е можно утверждать о наличии под грузовой площадкой двух сквозных плоскостей отрыва в каждом направлении.



а) б) в)

Рис. 4. Испытание опытного образца № 2.4:
а – схема образования трещин перед разрушением;
б – вид на разрушенный образец сверху после подъема траверсы пресса;
в – вид на разрушенный образец после обстукивания молотком



а) б) в)

Рис. 5. Испытание опытного образца № 4.10:
а – схема образования трещин перед разрушением;
б – схема развития трещин под грузовой площадкой;
в – вид на разрушенный образец после подъема траверсы пресса

Сравнение результатов испытания опытных образцов с результатами теоретических и численных исследований показало хорошую сходимость методики расчета (рис. 6).

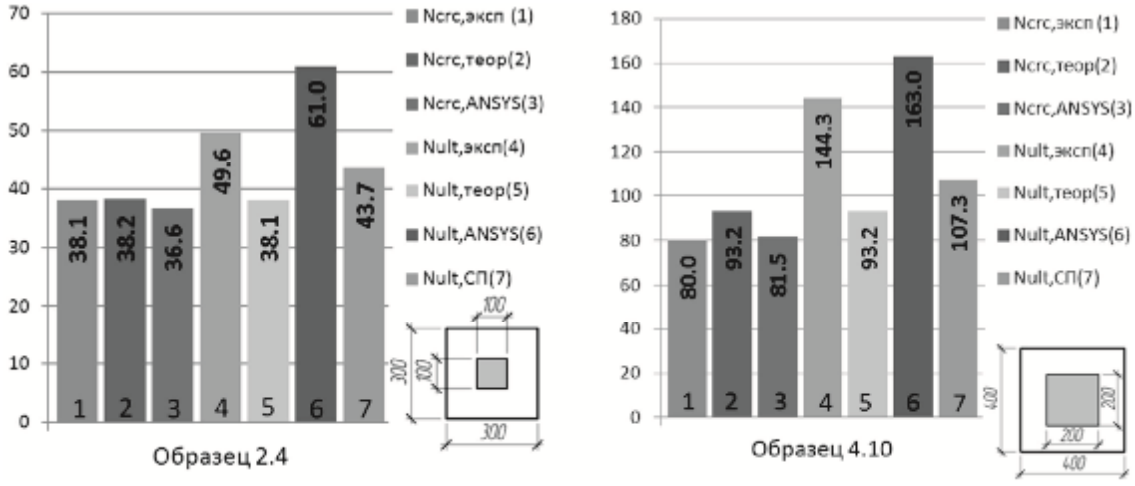


Рис. 6. Сравнение результатов испытания опытных образцов № 2.4 и № 4.10
с результатами теоретических и численных исследований
($N_{crc,эксп}$, $N_{crc,теор}$, $N_{crc,ANSYS}$ – усилия образования трещин в эксперименте,
в теоретических исследованиях, по численным исследованиям в ANSYS;
$N_{ult,эксп}$, $N_{ult,теор}$, $N_{ult,ANSYS}$ – разрушающее усилие в эксперименте,
в теоретических исследованиях, по численным исследованиям в ANSYS)

Не смотря на то, что в статье приводится анализ только двух опытных образцов, тем не менее, все 12 имеют общие закономерности при нагружении:

– Первые вертикальные трещины в зоне смятия возникли раньше, чем была достигнута несущая способность колонны;

– Первые возникающие трещины всегда тонкие (волосяные) и при дальнейшем увеличении нагрузки трещина развивается в длину. Если же длина трещины не меняется, то либо она увеличивается в ширину, либо возникают параллельные ей новые трещины, либо все эти явления происходят одновременно;

– Разрушение образцов происходит одновременной по всем расчетным зонам (отрыв, раздавливание, сдвиг), что подтверждает обоснованность применения теории сопротивления анизатропных материалов сжатию;

– При внецентренном сжатии самые большие трещины возникают при отслоении защитного слоя, однако это не сильно влияет на несущую способность, но сильно ограничивает эксплуатационную пригодность. Поэтому нагружение на угол колонны на практике выполнять не рекомендуется;

– В зоне смятия наблюдаются значительные поперечные деформации. При увеличенном поперечном расширении наблюдается проскальзывание стержней косвенной арматуры относительно друг друга, а сама она изгибается в горизонтальном направлении напротив грузовой площадки. Это означает, что при учете косвенного армирования необходимо вводить поправку на недостаточную степень анкеровки.

– Внизу колонны, где площадь сечения колонны совпадает с площадью опирания (можно рассматривать как платформенный стык), даже без сеток косвенного армирования трещины не образуются.

– При разрушении, под грузовыми площадками всегда образуется клин зоны двухосного сжатия.

Для образцов четвертой серии N_{crc} было достигнуто при 0,62÷0,66 $N_{ult,СП}$, при этом предельная ширина раскрытия трещин $a_{crc,ult}$ (0,4 мм) достигалась при значениях 0,76÷0,82 $N_{ult,СП}$ соответственно. Следовательно, для представленного случая необходимо производить расчет не только по образованию, но и по раскрытию трещин.

Таким образом, обобщая вышесказанное, можно сделать следующие выводы:

1. При конструировании контактных стыков, помимо определения несущей способности, необходимо учитывать возможность образования вертикальных трещин в зоне смятия.

2. Для выполнения вышеуказанного требования необходимо доработать единую методику расчета стыков по образованию и раскрытию трещин.

3. Расчетные схемы и модели для оценки эксплуатационной пригодности стыков, предложенные в работах [7, 8] (рис. 2), нашли подтверждение в результатах проведенных экспериментальных исследований.

Список библиографических ссылок

1. Гладышев. Б.М. О расчете бетонных и железобетонных элементов на местное сжатие // Межведомственный Республиканский научный сборник «Строительные конструкции». – Киев: Будивельник, 1968, № 10. – С. 61-70.
2. Васильев А.П., Матков Н.Г., Мирмуминов М.М. Местное сжатие в колоннах каркаса многоэтажных зданий // Бетон и железобетон. – М.: Стройиздат, 1977, № 9. – С. 30-33.
3. Ульбиева И.С. Влияние местных напряжений на несущую способность железобетонных элементов. – М.: НИИЖБ, 1984. – 177 с.
4. Габрусенко В.В. Аварии, дефекты и усиление железобетонных и каменных конструкций. – Новосибирск: Изд-во «Общество железобетонщиков Сибири и Урала», 2007. – 62 с.
5. Соколов Б.С. Теория силового сопротивления анизатропных материалов сжатию и ее практическое применение. – М.: АСВ, 2011. – С. 16-26, 125-127.
6. Залесов А.С. Краткие заметки о расчете железобетонных конструкций на действие изгибающих моментов и продольных сил. – М.: Изд-во ОАО «ЦПП», 2008. – С. 3-9.
7. Никитин Г.П., Симаков В.Д. Расчет горизонтальных контактных стыков колонн при сжатии по образованию и раскрытию трещин // Сборник докладов VII Всероссийской (II Международной) конференции НАСКР 2014. – Чебоксары: ЧГУ, 2014. – С. 155-160.
8. Никитин Г.П., Симаков В.Д. Расчет контактных стыков колонн по образованию и раскрытию трещин // Сборник докладов Международной научной конференции, посвященной 85-летию кафедры и 100-летию со дня рождения Попова Н.Н.

Современные проблемы расчета железобетонных конструкций зданий и сооружений на аварийные воздействия. – М.: НИУ МГСУ, 2016. – С. 290-296.

Simakov V.D. – post-graduate student
E-mail: VasiliiSimakov86@mail.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya, st. 1

Crack resistance in the contact joints of columns

Resume

Currently, there is no standard approach to the calculation of the joints on the emergence and expansion of cracks. However, the norms prescribed to perform the calculation of reinforced concrete structures for the second group of limit states. Multivariate theoretical, computer and experimental studies, as well as inspection of building structures, indicate the need to perform such a calculation. Therefore, the aim of the work is to establish a methodology for calculating the contact joints on the emergence and expansion of cracks.

The article presents the results of experimental studies crack resistance crushing zone of concrete columns reinforced with transverse reinforcement. The compressive force directed along a column axis, and eccentricity. For the analysis of applied research concrete resistance to compression theory and nonlinear deformation model. The individual results of theoretical and numerical studies have been published previously.

During the experiment, the results of numerical and theoretical studies have been confirmed. The general regularities, composed dependencies specified application limits for the calculation methodology. According to information received revised formulas, supplemented by recommendations on designing.

Keywords: column, contact joint, occurrence of cracks, crack opening, the method, the power of resistance of concrete compression theory, nonlinear deformation model.

Reference list

1. Gladyshev B.M. Calculation of concrete and reinforced concrete elements on the local compression // Republican Interdepartmental scientific collection «Stroitelnye construktsii». – Kiev: Ed. «Budivelnik», 1968, № 10. – P. 61-70.
2. Vasilyev A.P., Matkov N.G., Mirmuminov M.M. Local compression columns frame high-rise buildings // «Beton i zhelezobeton». – M.: Stroyizdat, 1977, № 9. – P. 30-33.
3. Ulbieva I.S. Influence of local stresses on the bearing capacity of reinforced concrete elements. – M.: NIIZhB, 1984. – 177 p.
4. Gabrusenko V.V. Accidents, defects and enhancement of concrete and brick constructions. – Novosibirsk: Pub. «Obshchestvo zhelezobetonshchikov Sibiri i Urala», 2007. – 62 p.
5. Sokolov B.S. The theory of the power of resistance the anisotropic material to compression and its practical application. – M.: ASV, 2011. – P. 16-26, 125-127.
6. Zalesov A.S. Brief Notes on the calculation of reinforced concrete structures to the action of bending moments and longitudinal forces. – M.: Pub. OSC «CPP», 2008. – P. 3-9.
7. Nikitin G.P., Simakov V.D. Calculation of horizontal contact joints columns under compression by the appearance of cracks and disclosure // Proceedings of VII all-Russian (II International) Conference NASKR 2014. – Cheboksary: ChGU, 2014. – P. 155-160.
8. Nikitin G.P., Simakov V.D. Calculation of the columns in the horizontal contact joints under compression by the appearance and disclosure of cracks // Proceedings of International scientific conference devoted to the 85th anniversary of the department and the 100th anniversary of the birth of N. Popov. Current problems in the calculation of reinforced concrete structures of buildings and structures on the emergency action. – M.: NRU MGSU, 2016. – P. 290-296.

УДК 624.078.412
Фабричная К.А. – кандидат технических наук, старший преподаватель
E-mail: fabrichnayaka@gmail.com
Абдрахимова Н.С. – ассистент
E-mail: Lis258.86@mail.ru
Альтапов С.Р. – студент
E-mail: earlaltapov@mail.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

Особенности моделирования каркаса здания с учетом податливости узлов сопряжения при ветровых воздействиях

Аннотация

В последние годы увеличивается объем проектирования и строительства высотных зданий различного назначения и возникает множество проблем, связанных, в том числе со сжатыми сроками разработки проектных решений. На всех стадиях проектирования многоэтажного здания, включая моделирование каркаса в расчетных программных комплексах необходимо учесть фактор податливости стыка, значение которого не только количественно, но и качественно изменяет перераспределение усилий в элементах несущей системы здания, в том числе при приложении ветровых нагрузок. Определение ветровых нагрузок на сооружение является проблемой, связанной с решением нескольких задач различного характера.

Ключевые слова: податливость узлов сопряжения, ветровое воздействие, аэродинамические коэффициенты, напряженно-деформированное состояние конструкций несущей системы здания, геометрическая нелинейность.

На напряженно-деформированное состояние многоэтажных каркасных зданий заметное влияние оказывает физическая и геометрическая нелинейность деформирования несущей системы и ее элементов, что особенно важно учесть при проектировании сборных элементов. Для узлов соединения сборных железобетонных элементов характерен особый вид нелинейности – конструктивной. Численные методы, в том числе МКЭ позволяют задавать деформационные свойства не только элементов конструкций, но и узлов. Чтобы определить параметры нелинейности для узлов расчетной модели, необходимо вычислить фактические перемещения и усилия на каждом участке с использованием диаграмм деформирования. При этом необходимо выделить соотношение N/Q, M. Для получения решения, наиболее точно отражающего фактическое напряженно-деформированное состояние конструкции, геометрическую нелинейность следует рассматривать по расчетной схеме [1], представленной на рис. 1, где учтено изменение первоначального положения конструкции, а линии действия нагрузок смещены в соответствии со смещениями каждой точки их приложения.

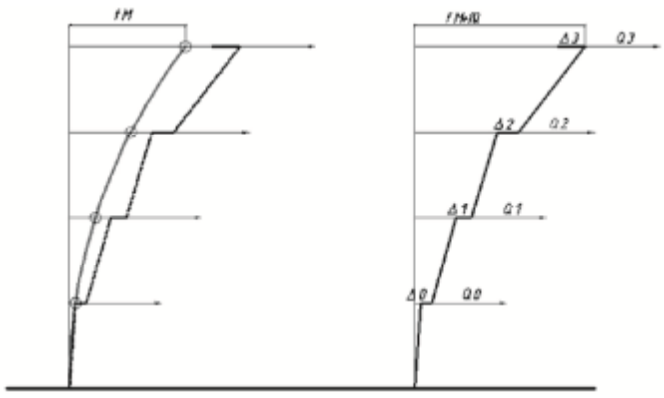


Рис. 1. Расчетная схема к учету деформированного состояния

Влияние ветровых усилий учитывается дополнительными нагрузками, приложенными по высоте здания. Полученные перемещения в случае каркасов с податливыми узлами сопряжений, могут негативно отражаться на работе несущей системы, что видно из схемы деформирования, представленной на рис. 1.

Согласно нормам проектирования зданий, предельная величина поперечного прогиба при расчете конструкций по недеформированной схеме, недолжна превышать:

$$f_u=f_m+f_Q\leq[H/500]. \quad (1)$$

При повышенной этажности, чтобы не превысить предельных прогибов и ускорений колебаний, в ряде случаев необходимо увеличивать жесткость здания. Один из путей повышения жесткости – уменьшение податливости узлов сопряжения, с учетом определенного f_Q – предельного прогиба при действии поперечной силы.

В отечественной и зарубежной практике проектирования для соединения элементов ж/б каркасов используются штепсельные стыки, являющиеся податливыми [2]. Одной из современных быстровозводимых сборных ж/б систем является УИКСС, состоящая из двух основных элементов – колонн и плоских плит, образующих бескапительные безбалочные диски перекрытий. Все соединения элементов осуществляются с помощью высокотехнологичных и с низкой металлоемкостью штепсельных стыков, исключающих применение закладных деталей и производство сварочных работ при монтаже конструкций [3].

Такой каркас применен при проектировании жилого здания, состоящего из 3-х секций: двух угловых восьмиэтажных и центральной 22-х этажной, разделенных между собой деформационно-осадочными швами. Высота каждого этажа 3,0 м. Продольный шаг колонн в обоих направлениях одинаковый – 6,0 м. Габаритные размеры здания в плане 78,35×48,30 м, высота угловых секций – 27,00 м, рядовой секции – 71,10 м. Общий вид здания показан на рис. 2. Несущая система зданий выполнена из:

- сборных железобетонных колонн высотой 2,84 м, сечением 400×400 мм в угловых секциях, сечением 500×500 мм с 1 по 10 этаж, сечением 400х400 мм с 11 по 18 этаж, сечением 300×300 с 19 по 22 этаж в центральной секции;

- сборных железобетонных панелей перекрытий и покрытия – надколонных, размерами 2,98×2,98 м и 3,25×2,98 м; пролетных и межколонных размерами 2,98×2,98 м. Материалы каркаса: для колонн принят бетон класса В40, для плит перекрытия – класса В30, арматура для всех конструкций: рабочая – класса А400, распределительная – класса А240.

Рис. 2. Общий вид здания

Жесткость каркаса обеспечивается симметричной расстановкой сборных диафрагм. При проектировании подобного здания требуется учесть податливость стыков, расположенных в зоне совместного действия продольной силы, момента и поперечной силы.

Определение ветровых нагрузок на сооружение подобной формы является проблемой, связанной с решением нескольких задач различного характера. При действии

ветрового потока на сооружения действуют такие факторы, как скорость ветра, порывистость скоростного напора и аэродинамические характеристики здания или сооружения [4]. Упрощение действительного ветрового воздействия и его распределения по фасадам здания приводит к экономически неэффективному решению для несущей системы с избыточным запасом прочности, а оптимизация формы здания с учетом ветрового давления позволяет снизить материалоемкость каркаса.

Известно, что при оценке ветровых воздействий на здания используют различные методы. Это расчет ветровых нагрузок по СП 20.13330.2011 «Нагрузки и воздействия» или экспериментальные методы путем «продувания» модели здания в аэродинамических трубах [5]. Но в расчетных методах по СП возникают трудности с оценкой аэродинамических коэффициентов зданий сложных форм, а испытание моделей в аэродинамических трубах технически сложно, затратно и продолжительно по времени. Расчет по нормам не в полной мере отвечает действительной работе высотных башен и несимметричных высотных зданий на действие статической и пульсационной составляющей ветрового давления [4].

В последние годы для оценки ветрового давления созданы различные компьютерные программы, основанные на численном решении систем уравнений, отражающих общие законы аэро- и гидродинамики, позволяющими выполнять расчеты с минимальными затратами времени. В связи с этим все большее использование находят численные методы анализа ветровых воздействий [6]. Наиболее распространенными программными комплексами, применяемыми при расчете конструкций на статические и динамические воздействия, являются: MicroFe, Лира, СКАД, СТАРК, Autodesk Robot Structural Analysis, Autodesk Flow Design 2015 и другие.

Эффективность расчета высотного здания сложной формы в разных программных комплексах можно оценить на примере 30-ти этажного гостиничного комплекса, формообразование объема которого выполнялось таким образом, чтобы снизить ветровое давление на несущий каркас [7]. На первоначальном этапе исследований был проведен анализ объемной модели здания, созданной в программе SketchUp 2015, в виртуальной аэродинамической трубе при помощи программы Autodesk Flow Design 2015, которая позволяет получить полную информацию о ветровых воздействиях на здание: ветровое давление (или разряжение) на различных участках фасада; скорость ветровых потоков. Были определены ветровые воздействия для здания традиционной формы в виде параллелепипеда, нашедшего широкое распространение в строительстве и сложной геометрии. Использованный метод анализа позволил без больших затрат оптимизировать геометрию здания и его отдельных частей с учетом ветровых воздействий, преобладающих для площадки строительства направлений, а так же при необходимости учесть влияние окружающей застройки.

На втором этапе исследований выполнены расчеты несущей конструкции здания, в том числе с учетом обтекаемости. Для моделирования использовались такие программные комплексы, как Мономах-САПР 2013, Лира-САПР 2013 и Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2015. Исходные расчетные модели каркаса одинаковые, вплоть до разбиения сетки конечных элементов с шагом 0,5 м. Все вышеуказанные программные комплексы позволяют автоматически задавать ветровые нагрузки, но только последний из них на данный момент позволяет выполнить расчет с учетом обтекаемости здания, тогда как в остальных реализовано традиционное равномерное распределение ветрового давления по площади фасада. В расчетной программе Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2015 при имитации ветровых нагрузок моделируется ветровой поток вокруг конструкции. Эта функция особенно полезна для конструкций со сложной геометрией, для которых обычно трудно определить ортогональную ветровую нагрузку.

Анализ результатов, полученных в виде изополей перемещений в разных расчетных программах, рис. 3, показал значительное снижение величин горизонтальных перемещений в случае учета обтекаемости формы здания: максимальные горизонтальные перемещения в программе Лира-САПР 2013 по оси X составили 31,4 мм (а) и по оси Y – 41,4 мм (б); тогда как в программе Autodesk Robot SAP 2015 по оси X – 4,6 мм (в) и по оси Y – 10 мм (г), т.е. получено снижение перемещений по оси X до 6,8 раз, а по оси Y – в 4 раза.

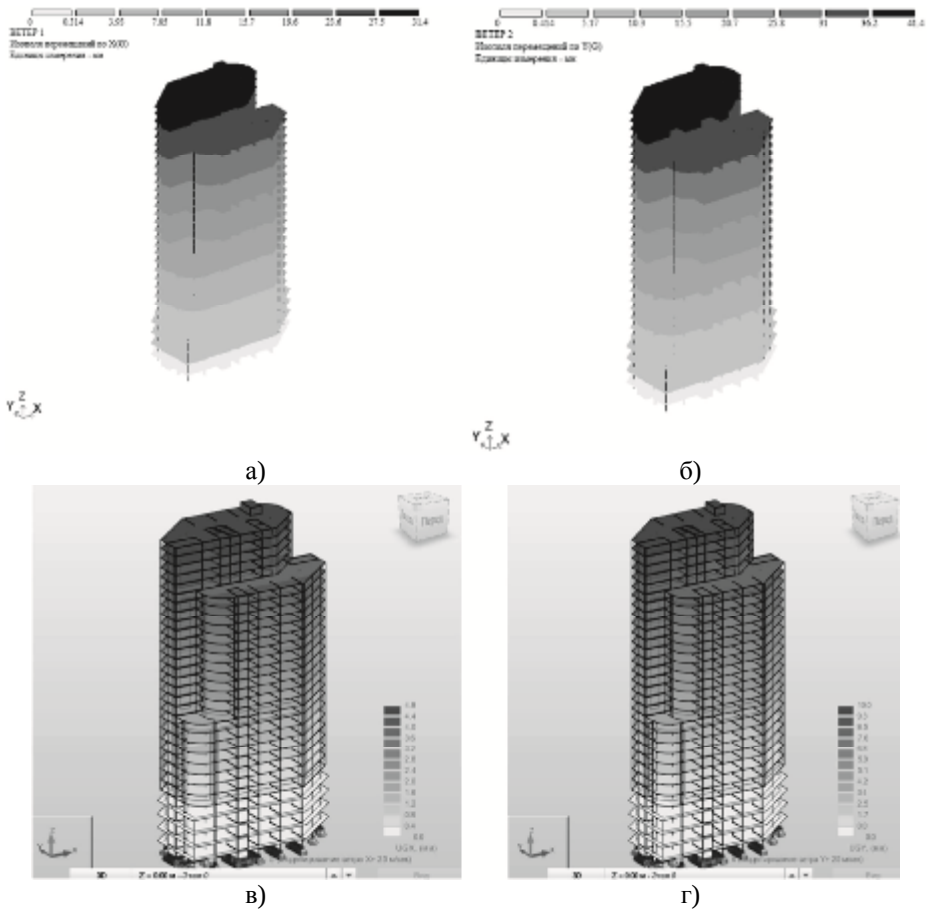


Рис. 3. Изополя горизонтальных перемещений каркаса здания от ветровых нагрузок: Лира по оси X (а), Y (б); Autodesk Robot по оси X (в), Y(г)

Подобный результат связан с тем, что: во-первых, значения нагрузок прилагаемые к модели от ветрового воздействия при расчете в программе Autodesk Robot SAP 2015 получаются намного меньше, во-вторых, программа Autodesk Robot SAP 2015 генерирует нагрузки от ветра не только в строго горизонтальном направлении, как это делается в программе Лира-САПР 2013, но и в зонах разряжения, даже в вертикальном направлении, что вызывает эффект «всплытия» – уменьшения продольной нагрузки за счет парусности в колоннах верхних этажей. Данному эффекту уделено мало внимания и его изучение в будущем является одним из перспективных направлений исследований при оценке деформативности и прочности каркасов зданий и, особенно стыков конструктивных элементов верхних этажей.

Таким образом, результаты расчетов показали, что упрощение ветровых загружений по СП 20.13330.2011 «Нагрузки и воздействия» для многоэтажных зданий сложной формы является некорректным, приводит к увеличению перемещений, следовательно, к повышению материалоемкости каркаса здания. Возникает необходимость совершенствования нормативной документации с учетом применения при проектировании современных программных комплексов, с использованием исследований моделей зданий в аэродинамической трубе, экспериментального определения действительных ветровых воздействий на существующие аналогичные здания.

Вывод

Авторами предлагается следующая последовательность расчета сборного каркаса 22-х этажного здания сложной формы:

1. Выделение расчетных случаев стыков по высоте каркаса, в зависимости от соотношения, полученных из статического расчета усилий N, M, Q, в том числе с учетом ветровых воздействий, по результатам предварительного расчета каркаса в программном

комплексе, учитывающем фактическое действие ветрового потока, без введения податливости в узлы модели;

2. Определение величины податливости стыков, при определении которых значения горизонтальных перемещений в узлах находится с помощью полученных экспериментальным путем диаграмм деформирования бетона при сжатии, в виде трех- и двулинейных зависимостей «σ–ε» [9]. На рис. 4 показана трансформированная трехлинейная диаграмма деформирования стыка, характеризующая работу стыка под нагрузкой.

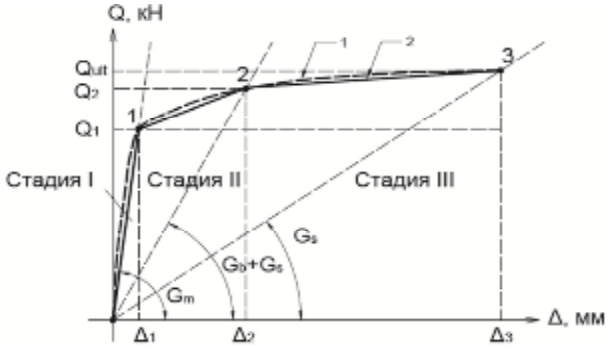


Рис. 4. К определению сдвиговой податливости стыков

Расположение параметрических точек в координатной системе (системе координат «Q-Δ») определяет напряженно-деформированное состояние проектируемого стыка:

- стадия 1 – «Q_1-Δ_1», при $0<Q\leq Q_1$, $Q_1=0{,}5Q_{ult}$ – упругая стадия работы стыка, к окончанию которой появляются трещины отрыва в защитном слое бетона, и разрушается растворный шов, здесь Q_{ult} – разрушающая поперечная сила;

- стадия 2 – «Q_2-Δ_2», при $Q_1<Q\leq Q_2$, $Q_2=0{,}85Q_{ult}$ – неупругая работа стыка, при которой происходит развитие трещин в защитном слое бетона, нарушение сцепления продольной арматуры с бетоном, смятие бетона под стержнями продольной арматуры, возникновение нагельного эффекта и откол защитного слоя бетона в конце стадии;

- стадия 3 – «Q_3-Δ_3», при $Q_2<Q\leq Q_3$, $Q_3=Q_{ult}$ – стадия разрушения.

На рассматриваемом рисунке в точках 1, 2 и 3 проведены секущие, тангенс угла наклона которых равен условному модулю деформаций стыка при сдвиге для данной стадии, а Δ_1, Δ_2 и Δ_3 – горизонтальное перемещение, соответственно при образовании трещин в растворном шве, в бетоне стыка, и при разрушении.

Аналитические выражения, описывающие рабочие трёхлинейные диаграммы деформирования, имеют следующий вид [10]:

$$Q=\begin{cases}\dfrac{Q_1}{\Delta_1}\Delta, & 0<\Delta\leq\Delta_1\\ \left[\left(1-\dfrac{Q_1}{Q_2}\right)\dfrac{\Delta-\Delta_1}{\Delta_2-\Delta_1}+\dfrac{Q_1}{Q_2}\right]Q_2, & \Delta_1<\Delta\leq\Delta_2\\ \left[\left(1-\dfrac{Q_2}{Q_3}\right)\dfrac{\Delta-\Delta_2}{\Delta_3-\Delta_2}+\dfrac{Q_2}{Q_3}\right]Q_3, & \Delta_2<\Delta\leq\Delta_3\end{cases}. \quad (2)$$

Сдвиговую податливость стыков можно определить из условия:

$$\frac{1}{C_{g1}}=\frac{\Delta_1}{Q_1}. \quad (3)$$

Выделить участие каждого из элементов штепсельного стыка на первых двух стадиях затруднительно, но конечным результатом их совместного сопротивления внешнему воздействию (Q_1, Q_2) являются деформации Δ_1 и Δ_2. Координаты параметрической точки 3, соответствуют предельной деформации Δ_3 при действии разрушающей поперечной силы Q_3 и определяют прочность стыка.

При расчете каркаса используем значение Δ_1, а величину Δ_2 можно учесть при расчете на исчерпание несущей способности, что актуально при оценке деформативности стыков существующих зданий.

3. Ввести полученные значения допустимых перемещений (податливости) в узлы модели каркаса и выполнить ее повторный расчет для подтверждения достаточной жесткости здания при выбранной схеме и принятых сечениях элементов.

4. Сравнить полученные величины перемещений с предельно допустимыми, определенными по (1), в соответствии с действующими нормами проектирования.

5. При необходимости снижения деформативности стыков, в проектной стадии выполнить изменение физических и геометрических характеристик элементов каркаса, а при анализе существующих зданий требуется разработать усиление стыков.

Предлагаемая последовательность расчета сборного каркаса позволит точнее оценить его деформативность, для предотвращения возможных аварийных ситуаций в процессе его эксплуатации.

Список библиографических ссылок

1. Кодыш Э.Н., Трекин Н.Н., Никитин И.К. Проектирование многоэтажных зданий с железобетонным каркасом. – М.: Издательство АСВ, 2009. – 352 с.
2. Отчет о научно-исследовательской работе. Мордич А.И. Эффективные конструктивные системы многоэтажных жилых домов и общественных зданий (12…25 этажей) для условий строительства в Москве и городах Московской области, наиболее полно удовлетворяющие современным маркетинговым требованиям. – Минск: «Институт БелНИИС», 2002. – 117 с.
3. Соколов Б.С., Поздеев В.М., Трошков Е.О. Технико-экономическое обоснование целесообразности использования нового решения узла сопряжения колонн с надколонной плитой в сборных железобетонных безбалочных перекрытиях // Вестник ВолгГАСУ, 2013, № 31 (50). – С. 58-61.
4. Реттер Э.И. Архитектурно-строительная аэродинамика. – М.: Стройиздат, 1984. – 240 с.
5. Дубинский С.И. Численное моделирование ветровых воздействий на высотные здания и комплексы. – М.: МГСУ, 2010. – 198 с.
6. Пузырев П.И., Оленьков В.Д. Моделирование ветровой нагрузки на уникальные здания на примере церкви Покрова Пресвятой Богородицы. – Челябинск: ЮУрГУ, 2014. – 87 с.
7. Куприянов В.Н., Альтапов С.Р. Моделирование ветровых воздействий изменением формы здания // Известия КГАСУ, 2016, № 2 (33). – С. 100-104.
8. Лизунова Н.С. Соколов Б.С. Анализ результатов экспериментальных исследований сдвиговой податливости штепсельных стыков железобетонных колонн // Вестник ВолгГАСУ, 2013, № 31 (50). – С. 52-57.
9. Абдрахимова Н.С. Соколов Б.С. Экспериментально-теоретическая методика оценки сдвиговой податливости штепсельных стыков железобетонных колонн // Известия КГАСУ, 2014, № 4 (32). – С. 169-176.

Fabrichnaya K.A. – candidate of technical sciences, senior lecturer
E-mail: fabrichnayaka@gmail.com
Abdrakhimova N.S. – assistant
E-mail: Lis258.86@mail.ru
Altapov S.R. – student
E-mail: earlaltapov@mail.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya str., 1

Features of the building frame modeling taking into account compliance with the interface nodes wind impacts

Resume

The article deals with the question of determining the horizontal deformation of precast concrete skeletons of multi-storey buildings, taking into account the compliance of joints. At the

same time, considerable attention is paid to the definition of the load from wind exposure for complex shapes of buildings, with more than two storey floors. Comparison of displacement values obtained as a result of the calculation frame model 30-storey building in a variety of software systems, which showed the need for programs that simulate wind flow around structures. The authors proposed sequence determination movement building frame sequential simulation using software systems with and without taking into account the compliance of joints, the value of which is determined using the stress-strain diagram of concrete in compression of the experimental-theoretical method. The proposed sequence of calculation of precast frame will allow a more accurate assessment of its deformability, to prevent possible accidents during its exploitation.

Keywords: compliance interface nodes, wind impact, aerodynamic coefficients, the stress-strain state of the structures of the building bearing system, geometric nonlinearity.

Reference list

1. Kodysh E.N., Trekin N.N., Nikitin I.K. Design of multi-storey buildings with concrete frame. – M.: Publishers ASV, 2009. – 352 p.
2. The report on research work. Mordich A.I. Effective design systems of apartment houses and public buildings (12 ... 25 floors) for the construction of the conditions in the cities of Moscow and the Moscow region, the most fully meet the requirements of modern marketing. – Minsk: «Institute BelNIIS», 2002. – 117 p.
3. Sokolov B.S., Pozdeev V.M., Troshkov E.O. Feasibility study of the feasibility of using a new decision node interface columns with over column plate in precast concrete beamless ceilings // Vestnik VolgGASU, 2013, № 31 (50). – P. 58-61.
4. Retter E.I. Architectural and construction aerodynamics. – M.: Stroyizdat, 1984. – 240 p.
5. Dubinsky S.I. Numerical modeling of wind effects on tall buildings and complexes. – M.: MGSU, 2010. – 198 p.
6. Puzyrev P.I., Olen'kov V.D. Simulation of wind load on the unique building on the example of the Church of the Intercession of the Holy Virgin. – Chelyabinsk: SUSU, 2014. – 87 p.
7. Kupriyanov V.N., Altapov S.R. Simulation of wind effects a change in the form of building // Vestnik KGASU, 2016, № 2 (33). – P. 100-104.
8. Lizunova N.S. Sokolov B.S. Analysis of the results of experimental studies of the shear compliance socket joints of reinforced concrete columns // Vestnik VolgGASU, 2013, № 31 (50). – P. 52-57.
9. Abdrakhimova N.S., Sokolov B.S. Experimentally-theoretical method of estimating the shear compliance socket joints of reinforced concrete columns // Izvestiya KGASU, 2014, № 4 (32). – P. 169-176.

УДК 624.159.4
Мирсаяпов И.Т. – доктор технических наук, профессор
E-mail: mirsayapov1@mail.ru
Нуриева Д.М. – кандидат технических наук, доцент
E-mail: danm_n@mail.ru
Королева И.В. – кандидат технических наук, доцент
E-mail: 79178711218@yandex.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

Исследование влияния строительства жилого комплекса в овраге на изменение технического состояния зданий существующей застройки

Аннотация

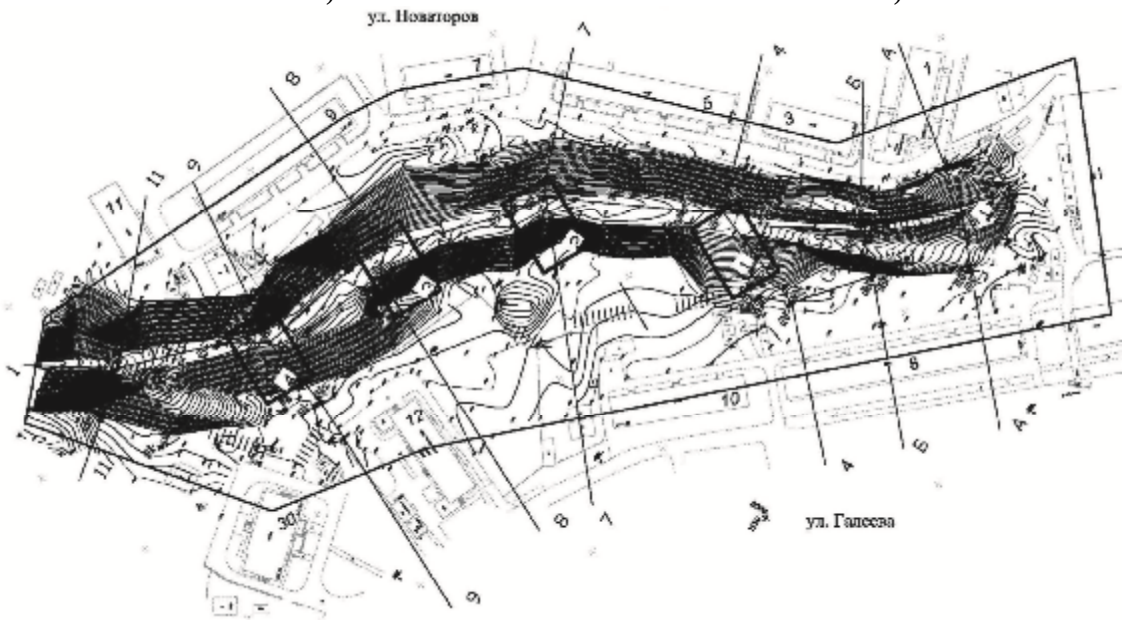
В работе приведены результаты численных исследований влияния устройства подземной части комплекса многоэтажных жилых зданий на территории оврага «Галеевский» г. Казани на техническое состояние прилегающих зданий существующей застройки. Исследования проводились с применением расчетного комплекса Лира и позволили разработать рекомендации по обеспечению безопасной эксплуатации зданий первой линии, расположенных по периметру оврага, в процессе устройства фундаментов новых зданий жилого комплекса.

Ключевые слова: численное исследование, грунт, овраг, напряженно-деформированное состояние грунта, лидерная скважина, сваи, фундамент.

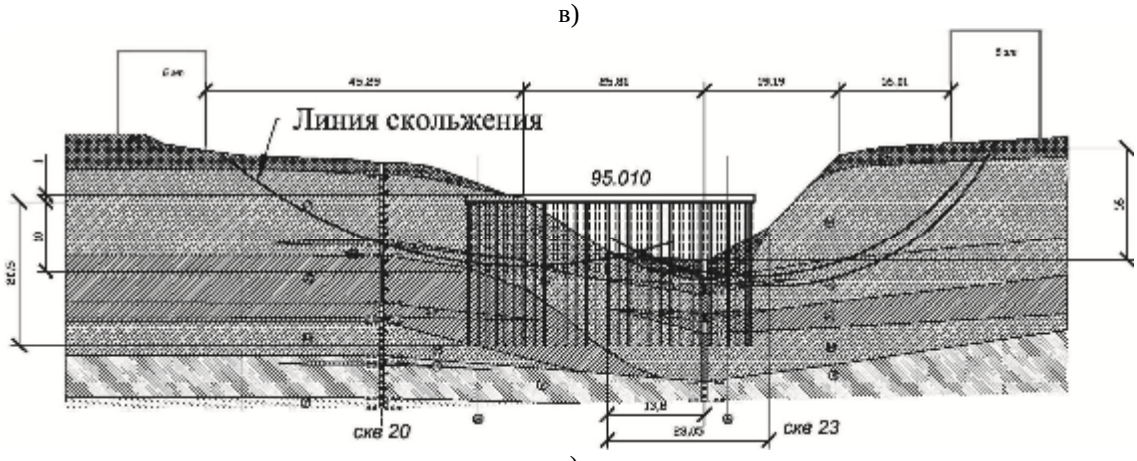
Площадка строительства исследуемого жилого комплекса территориально расположена между улицами Новаторов и Бари Галеева в Советском районе г. Казани и локализуется в средней части оврага «Галеевский» (рис. 1). Овраг, согласно данным инженерно-геологических изысканий [1], рассекает склон III надпойменной террасы левобережья рек Волги и Казанки с юго-востока на северо-запад к поверхности надпойменной террасы. Вдоль северной бровки склона проходит улица Новаторов, с запада в 60-70 м овраг пересекает ветка железнодорожных путей, с юга – улица Галеева. В результате деятельности человека естественные формы оврага «Галеевский» были изменены. Ранее протяжённость его составляла около 900 м, сейчас его длина около 600-650 м. Поперечный профиль оврага V-образный. Расстояние между бровками склонов в районе площадки изысканий в центральной и восточной ее части 35-45 м, в западной части 60-70 м. Ширина днища оврага от 5 до 10 м. В период ливневых дождей в тальвеге оврага образуются временные водотоки. Склоны оврага поросли травянистой, местами кустарниковой растительностью и отдельно стоящими деревьями (береза, клен высотой 15-20 м, в диаметре до 20-40 см). Правый склон оврага сильно замусорен бытовыми отходами, стволами срубленных деревьев, по бровке склона располагаются полуразрушенные хозяйственные постройки и гаражи. Крутизна склонов оврага в районе площадки изысканий составляет 35^{o}-46^{o}, глубина вреза оврага 15-20 м. В срединной части длительное время овраг подвергался интенсивному эрозионному расчленению, в результате чего в рельефе по левому склону образовалось два крупных отвершка I порядка и многочисленные мелкие отвершки. Отвершек № 1 расположен по левому склону оврага к западу от площадки, простирается с юга на север, протяженность его около 70 м, ширина между бровками 25-35 м, крутизна склонов 25^{o}-27^{o}, глубина вреза 7-8 м. Верховье отвершка засыпано, частично укреплено подпорной стеной. Отвершек № 2, расположенный по левому склону оврага, простирается с юга на север, протяженность его 50-60 м, расстояние между бровками 15-25 м, крутизна склонов до 35^{o}-45^{o}, глубина вреза 7-12 м. Верховье отвершка также засыпано. Также по левому склону оврага в центральной части площадки располагаются слабо выраженные в рельефе более мелкие отвершки I порядка. В настоящее время верховье оврага (к востоку от площадки изысканий) засыпано и застроено, укреплено бетонной стеной.

а)

б)



в)



г)

Рис. 1. а, б) внешний вид оврага до отсыпки; в) схема площадки строительства;
г) характерный инженерно-геологический разрез площадки
с привязкой фундамента нового здания

По обе стороны от оврага расположены пятиэтажные кирпичные жилые дома постройки 50-60-х годов. Результаты их обследования, проведенные в 2014 г. [2],

показали что, они испытывают деформации, связанные с неравномерной осадкой оснований и оползневыми процессами склонов оврага. При осмотре домов обнаружены вертикальные трещины с шириной раскрытия от нитевидных до 3 мм. Трещины в основном наблюдаются между и вдоль оконных проемов, длина их 0,5-1,0 м, местами на всю высоту дома.

В 2014 году было принято решение выполнить работы по засыпке оврага «Галеевский» для строительства жилого комплекса, включающего в себя 4 отдельно стоящих здания из монолитного железобетона высотой 20 этажей с плитно-свайными фундаментами. Сваи, прорезающие толщу насыпного грунта, согласно проекту [3] составные забивные с общей длиной от 20 до 25 м, сечением 350×350 мм (рис. 1г). Учитывая вероятность потери устойчивости склонов оврага при увеличении вертикальной нагрузки, связанной с отсыпкой грунта мощностью до 11 метров, предварительно были выполнены работы по расчету безопасного режима отсыпки котлована [4-6]. Пробная забивка свай, произведенная после засыпки оврага, выявила отрицательное влияние вибрационных воздействий на устойчивость его склонов, что проявлялось в увеличении ширины раскрытия трещин в зданиях, расположенных максимально близко к берегам оврага. Ширина раскрытия трещин местами достигла 10 мм. В связи с этим возникла необходимость в разработке системы защитных мероприятий оснований существующих зданий от влияния строящихся зданий жилого комплекса.

Аналитические исследования влияния строительства многоэтажного жилого комплекса на техническое состояние существующих зданий первой линии по периметру оврага проводились в июне-июле 2016 г. Для характерных расчетных створов, расположенных в зоне проектируемых зданий, в программе Лира 9.6 были созданы конечно-элементные модели, отражающие особенности площадки строительства. Для моделирования работы грунта использовались треугольные и трапецеидальные конечные элементы № 282, 284 [7, 8], расчетные параметры которых задавались на основании данных инженерно-геологических изысканий [1]. Учет влияния зданий строящегося жилого комплекса на существующую застройку осуществлялся с помощью встроенного в ПК Лира модуля «Монтаж», позволяющего учесть все этапы возведения конструкций, включая предысторию нагружения. Нагружение моделей и последующий анализ результатов расчета проводились с учетом ранее проведенных исследований устойчивости откосов Галеевского оврага [4-6]. При этом было рассмотрено несколько стадий. На первых стадиях задавались нагрузки от собственного веса грунта и существующих зданий, расположенных вблизи склонов оврага. Передача нагрузок осуществлялась посредством балочных элементов (кэ № 10). Далее задавалась нагрузка от веса отсыпанного в овраг грунта. Учитывая, что подсыпка, обладая большой мощностью, может вовлекаться в работу и создавать определенный распорный эффект для коренных берегов оврага, было решено учитывать его работу с помощью грунтовых конечных элементов. На последующих стадиях моделировался процесс погружения свай строящихся зданий жилого комплекса. При моделировании свай использовались 3-х и 4-х узловые элементы балки-стенки (кэ 24, 27). Процесс забивки задавался в виде импульсной (ударной) нагрузки циклического действия. Режим нагружения принимался исходя из технических характеристик свайного гидромолота РОПАТ МГ5ш при следующих параметрах: форма импульса прямоугольная; вес ударяющего груза 5,4 т, коэффициент динамичности 1,5; усредненная сила импульса 8,1 т; частота ударов 60 уд/мин; период повторения воздействия 1 сек; максимальная энергия удара 55 кДж.

Для выбора наиболее безопасного режима погружения свай строящихся зданий для существующей прилегающей застройки были исследованы следующие факторы:

- влияние забивки 1-го (ближнего к склону) ряда свай на существующую застройку;
- влияние технологии устройства лидерной скважины;
- влияния экранирующего эффекта ранее забитых свай и буронабивных свай;
- влияние схемы погружения свай внутри зоны, ограниченной созданным экраном из ранее устроенных свай.

При **исследовании влияния забивки свай 1-го ближнего к склону ряда** на существующую застройку технологический процесс устройства свай моделировался в соответствии с проектной документацией [3]. То есть предполагалось, что забивка свай

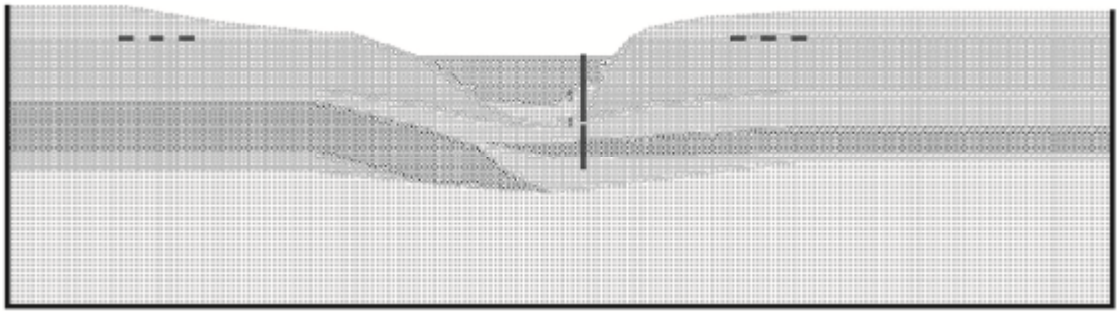
осуществляется с предварительным устройством лидерной скважины без защиты стенок скважины от осыпания. Расчетная модель показана на рис. 2а, где красным цветом отображено расположение фундаментов существующих зданий и рассматриваемой сваи строящегося здания. Анализ результатов расчета показал следующую картину для одного из наиболее неблагоприятных участков оврага:

- на стадии 1, характеризующей изначальное состояние оврага, наблюдаются сдвиговые деформации берегов оврага;

- после учета нагрузки от веса существующих 5-этажных зданий по берегам оврага (стадия 2, рис. 2б) наблюдается проявление деформации сдвига в основании фундаментов этих зданий;

- после засыпки оврага прослеживается положительный эффект для существующих зданий. За счет распорного эффекта грунта засыпки оврага обширные деформации сдвига под существующими зданиями значительно снизились. Тем не менее, наблюдаются деформации в самой подсыпке, присутствуют локальные деформации растяжения и сдвига в грунте по правому берегу оврага и под существующим зданием.

- после забивки 1-го ряда свай (стадия 4, рис. 2в) наблюдается активизация деформации растяжения и сдвига на правом берегу откоса, включая зону под существующим зданием.



а)

б)

в)

Рис. 2. Напряженное состояние массива грунта: а) расчетная модель;
б) изначальное состояние грунтового массива с учетом существующих зданий,
расположенных по берегам оврага (стадия 2);
в) состояние грунтового массива после забивки свай 1-го ряда (стадия 4)

При исследовании **влияния технологии устройства лидерной скважины**, предшествующей забивке сваи, технологический процесс устройства моделировался исходя из условия, что забивка свай осуществляется гидромолотом с предварительным устройством лидерной скважины диаметром 350 мм и глубиной 12 м. Расчеты проводились для сваи, расположенной в центральной зоне строительной площадки. При этом предполагалось, что первые ряды свай со стороны левого и правого берега оврага, создающие экранирующий эффект, уже погружены. При моделировании рассматривалось 2 варианта устройства лидерной скважины: вариант 1 – без проведения мероприятий по обеспечению устойчивости стенок скважины; вариант 2 – устройство лидерной скважины под защитой глинистого раствора. Во втором варианте в расчетной схеме глинистый раствор моделировался грунтовыми элементами (кэ № 281-284) с характеристиками: E = 7000 кН/м^2, r = 2 т/м, с = 29 кПа, j = 7^0, что соответствует согласно СП 22.13330.2011 «Основания зданий и сооружений» глинистому грунту с показателем текучести 0,75 и коэффициентом пористости равным 1,0. Анализ результатов расчета показал, что до устройства лидерной скважины, учитывая экранирующий эффект крайних свай, наблюдаются относительно небольшие зоны сдвига в грунте подсыпки. После устройства лидерной скважины без защиты деформации сдвига увеличиваются, смещаются и локализуются в зоне созданной скважины. Приращение горизонтальных перемещений на данном шаге локально составляет 23 мм (рис. 3), что может свидетельствовать о местной потере устойчивости стенок скважины и необходимости защиты ее стенок от осыпания. Вместе с тем, при устройстве лидерной скважины под защитой глинистого раствора приращение горизонтальных перемещений не наблюдается. То есть при данном методе устойчивость стенок лидерной скважины обеспечена.

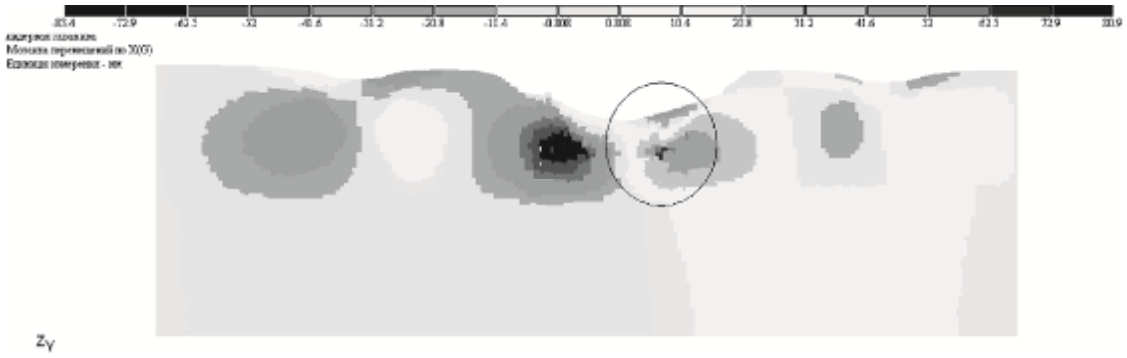
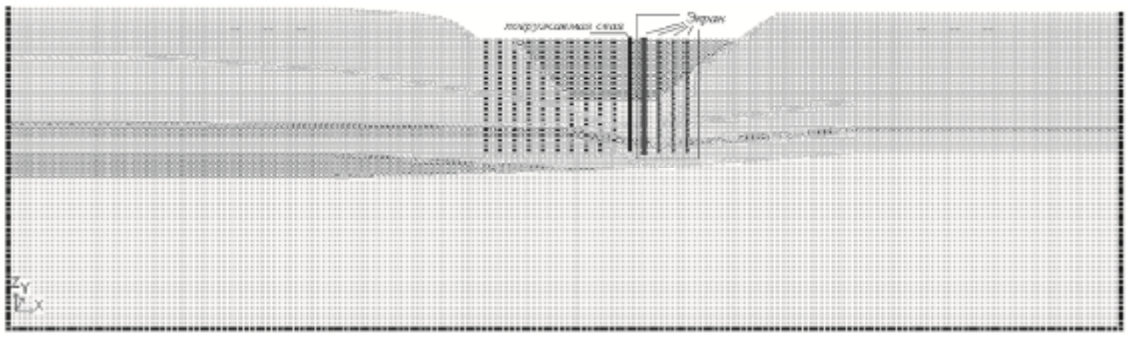


Рис. 3. Горизонтальные деформации в грунтовом массиве при устройстве лидерной скважины без проведения мероприятий обеспечивающих устойчивость стенок скважины

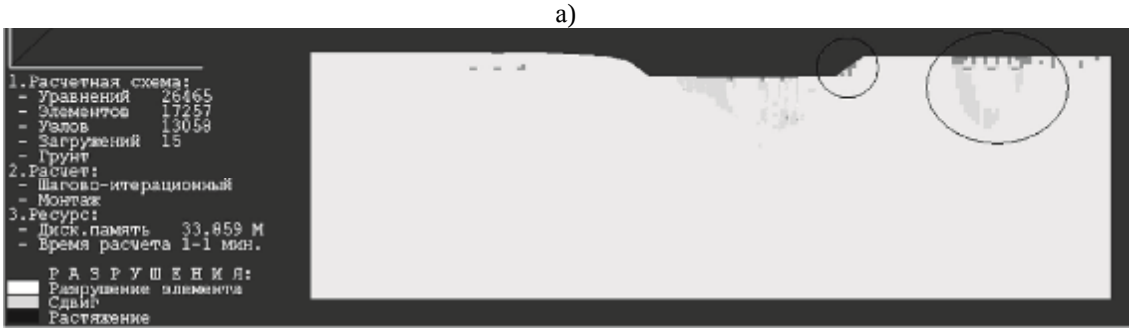
При исследовании **влияния экранирующего эффекта ранее погруженных свай** выделялось несколько вариантов:

- вариант 1 – технологический процесс устройства свайного поля соответствует проектной документацией: забивка свай осуществляется гидромолотом РОПАТ с предварительным устройством лидерной скважины без защиты стенок скважины. Устройство экрана из свай 1-го, 2-го, 3-го, 4-го ряда производится со стороны правого (наиболее опасного) склона, при этом их забивка осуществляется за короткий промежуток времени (без отдыха). Эффективность работы экрана оценивалась при погружении сваи 5-го ряда;

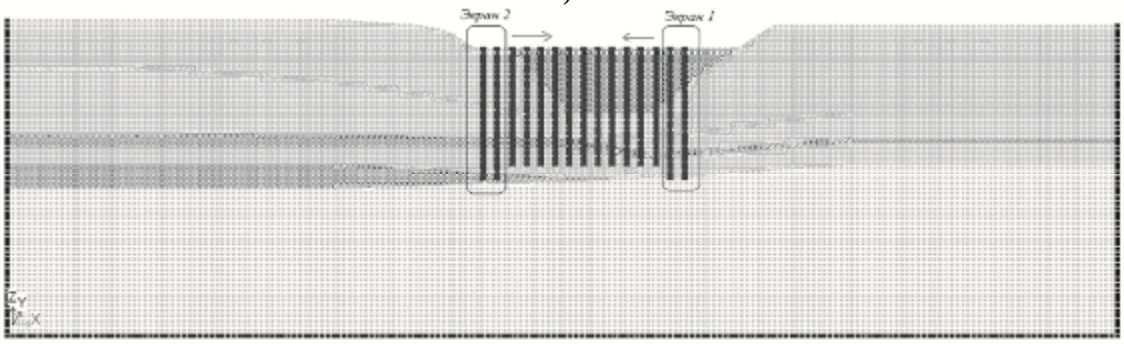
- вариант 2 – технология та же, что и в варианте 1. Отличие заключается в том, что забивка 5-го ряда свай производится через определенный промежуток времени с момента устройства экрана из крайних рядов свай в связи с перерывом в строительстве. Тем самым учитывается процесс релаксации напряжений в грунте (отдых). Кроме того устройство лидерной скважины осуществляется под защитой глинистого раствора. При этом учитывается возникновение тиксотропной рубашки, позволяющей исключить сопротивление грунта по боковой поверхности сваи во время забивки, и, тем самым, облегчить погружение сваи.



а)



б)



в)

Рис. 4. а) расчетная модель при учете экранирующего эффекта из ранее забитых свай;
б) состояние грунта при полном погружении 5-го ряда свай (вариант 1);
в) расчетная модель при создании экрана из буронабивных свай

Анализ результатов расчета показал, что после забивки 1-го ряда свай увеличиваются деформации на верхних участках правого берега оврага и появляются зоны сдвига под крайним (ближним к оврагу) фундаментом прилегающего существующего здания. Забивка 2-го, 3-го и 4-го ряда свай приводит к накоплению деформаций, и на этапе забивки сваи 5-го ряда уже проявляются обширные зоны сдвига в основании существующего здания (рис. 4б). Причем активное развитие этого негативного процесса наблюдается при ударном воздействии свай в уровне коренных пород. Вертикальные перемещения до 10 см отмечены в центральной части строительной площадки. Под существующими зданиями они не превышают 1 мм. Все это позволило сделать вывод, что при забивке без отдыха экранирующий эффект крайних рядов свай не проявляется и последующая забивка негативно сказывается на прилегающей застройке. При этом повреждения происходят преимущественно за счет сдвиговых деформаций в основании их фундаментов без проявления вертикальных. Анализ результатов расчета для варианта 2, показал, что при действии динамической нагрузки в момент устройства 5-го рада свай наблюдается распространение сдвиговых деформаций, включая межсвайное пространство экрана, но они локализуются только в подсыпке и не распространяются на соседние участки. То есть можно считать, что при забивке свай с использованием тиксотропной рубашки из глинистого раствора в режиме, включающем процесс релаксации напряжений в грунте во время отдыха, крайние ряды свай могут служить экраном, обеспечивающим безопасность для окружающей застройки. Однако,

учитывая, что погружение самих свай, создающих экран, путем забивки, оказывает негативное влияния на существующие здания, был рассмотрен дополнительный вариант устройства экрана, не из забивных, а из буронабивных свай, устраиваемых под защитой обсадной трубы. Для лучшего обеспечения экранирующего эффекта длина буронабивных свай была принята на 2,5 м больше относительно основных забивных свай. Экран создавался сначала со стороны правого, затем со стороны левого берега оврага (рис. 4в). При этом при погружении свай внутри зоны, ограниченной экраном, были рассмотрены схемы их забивки как от периферии к центру площадки, так и от центра к периферии (к границам экрана). Анализ результатов расчета показал, что при устройстве экрана из буронабивных свай отсутствуют те негативные процессы под основаниями фундаментов существующих зданий по правому берегу оврага, которые проявлялись при устройстве экрана из забивных свай. При погружении свай забивкой внутри зоны ограниченной экраном из буронабивных свай деформации сдвига локализуются в центральной части площадки строительства (подсыпке), под существующими зданиями проявляются незначительные локальные зоны растяжения, вертикальных деформаций не выявлено.

На основании проведенных исследований были сделаны следующие выводы:

1. Забивка свай в зонах, расположенных максимально близко к зданиям существующей застройки является опасной, поскольку вызывает развитие сдвиговых деформаций в основании их фундаментов.

2. Самым оптимальным, для обеспечения безопасности существующих зданий, расположенных на прилегающих к площадке строительства участках, является возведение фундаментов с применением буронабивных свай, устраиваемых под защитой обсадных труб. С экономической точки зрения достаточным уровнем надежности является забивка свай в лидерные скважины с применением глинистого раствора с предварительным устройством защитного экрана из буронабивных свай, выполненных под защитой обсадных труб. При этом наиболее рациональной является забивка свай внутри зоны, ограниченной экранами, по направлению: от защитных экранов к центру свайного поля.

Список библиографических ссылок

1. Технический отчет об инженерно-геологических изысканиях площадки строительства объекта «Жилой комплекс по ул. Галеева в Советском районе г. Казани», ОАО «КазТИСИЗ». – Казань, 2014.
2. Технический отчет № 1440/1-9-14 по результатам обследования технического состояния строительных конструкций здания, расположенного по адресу: РТ, г. Казань, ул. Новаторов, дд. 1, 3, 5, 7, 9, 11 и по ул. Галеева, дд. 8, 10, 16, ООО «Эксперт Строй Инжиниринг» (ООО «ЭСИН»). – Казань, 2014.
3. Проект «Сборно-монолитный железобетонный каркас. Объект: Жилой комплекс по ул. Галеева Советского района г. Казани (4 этап строительства). Жилые дома № 1, 2, 3, 4 со встроенными нежилыми помещениями. Конструкции железобетонные ниже отм. 0,000». ООО «Проектно-конструкторская фирма «КАРКАС». – Казань, 2016.
4. Мирсаяпов И.Т., Нуриева Д.М., Королева И.В. Исследование устойчивости склонов Галеевского оврага в г. Казани // Известия КГАСУ, 2015, № 2 (32). – С. 176-182.
5. Мирсаяпов И.Т., Нуриева Д.М., Королева И.В. Оценка устойчивости склонов Галеевского оврага в г. Казани // Вестник гражданских инженеров, 2016, № 2 (55). – С. 87-93.
6. Отчет по НИР. Тема № 52/12-14. Мирсаяпов И.Т. и др. Исследование устойчивости склона оврага «Галеевский» для площадки строительства объекта «Жилой комплекс по ул. Галеева в Советском районе г. Казани».
7. Городецкий А.С., Евзеров И.Д. Компьютерные модели конструкций. – М.: Издательство АСВ, 2009. – 360 с.
8. Стрелец-Стрелецкий Е.Б., Боговис В.Е., Гензерский Ю.В., Гераймович Ю.Д., Марченко Д.В., Титок В.П. Лира 9.4. Руководство пользователя. Основы. – Киев: Издательство «ФАКТ», 2008. – 164 с.

Mirsayapov I.T. – doctor of technical sciences, professor
E-mail: mirsayapov@kgasu.ru
Nurieva D.M. – candidate of technical sciences, associate professor
E-mail: danm_n@mail.ru
Koroleva I.V. – candidate of technical sciences, associate professor
E-mail: 79178711218@yandex.ru
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Investigation of influence of a housing complex construction in the ravine to the change the technical condition of existing building

Resume

The article presents the results of numerical studies of the impact of the construction of the underground part of a residential complex on the territory of the Galeev ravine in the Soviet district of Kazan on the condition of the buildings of the existing building. In the design of the complex was envisaged filling the ravine ground up to 11 meters and construction of raft-pile foundations under the building complex. The foundation is designed from precast composite piles with a total length up to 25 m after filling the ravine conducted trial piling. This piling revealed a negative effect of vibration effects on the stability of the slopes of the ravine. There was a need to develop protective measures against the impact of new construction. These measures defended by the bases of existing buildings, located off the coast of the ravine. In conducting research for numerical calculation of characteristic cross-sections, located in the area of buildings designed in a LIRA model were created. These models reflect the features of the construction site and loading conditions. The following factors were examined to select the most secure mode of immersion of piles: influence of driving 1st (low to the slope) of the line of piles; the influence of technology of leader well; the influence of the shielding effect of the previously downtrodden piles and bored piles; the influence of immersion scheme piles inside the zone bounded by the screen created from a previously arranged piles. Based on the analysis of the calculation results, conclusions and recommendations were made.

Keywords: numerical study, the soil, the ravine, the stress-strain state of the soil, the leader bore, pile foundations.

Reference list

1. Technical Report on engineering-geological survey of the construction site of the object «Residential complex on the st. Galeeva in the Soviet area of Kazan», OJSC «KazTISIZ». – Kazan, 2014.
2. Technical Report № 1440/1-9-14 Results of the technical state of the structures of the building survey, located at RT, Kazan, st. Novatorov, dd. 1, 3, 5, 7, 9, and 11 st. Galeeva, dd. 8, 10, 16, OOO «Expert Story Engineering» (JSC «Esin»). – Kazan, 2014.
3. The project «Prefabricated reinforced concrete-frame. Object: Residential Complex on the st. Galeeva Soviet district of Kazan (4th stage of construction). Houses № 1, 2, 3, 4 with integrated non-residential premises. Ferro-concrete constructions below the elevation. 0,000». LLC «Project and design firm «KARKAS». – Kazan, 2016.
4. Mirsayapov I.T., Nurieva D.M., Koroleva I.V. Investigation of the stability of slopes of the ravine Galeev in Kazan // Izvestiya KGASU, 2015, № 2 (32). – P. 176-182.
5. Mirsayapov I.T., Nurieva D.M., Koroleva I.V. Assessment of the stability of the slopes of the ravine Galeev in Kazan // Vestnik grazhdaniskikh inzhenerov, 2016, № 2 (55). – P. 87-93.
6. The research report. Theme № 52/12-14. Mirsayapov I.T. and others. Investigation of slope stability of «Galeev» ravine to the construction site of the project: «The residential complex on the st. Galeeva in the Soviet district of Kazan».
7. Gorodetskiy A.S., Evzerov I.D. Computer models of structures. – M.: Publishing ASV, 2009. – 360 p.
8. Strelets-Streletskiy E.B., Bogovis V.E., Genzerskiy Yu.V., Geraymovich Yu.D., Marchenko D.V., Titok V.P. Lira 9.4. User guide. Fundamentals. – Kiev: Publishing «FAKT», 2008. – 164 p.

УДК 624.152.6
Мирсаяпов И.Т. – доктор технических наук, профессор
E-mail: mirsayapov1@mail.ru
Хасанов Р.Р. – кандидат технических наук, доцент
E-mail: rubis.hasanov@yandex.ru
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

Геотехнический мониторинг здания, при реконструкции памятника истории и архитектуры

Аннотация

В статье приводятся результаты проведенного мониторинга строительных конструкций здания Шамовской больницы в г. Казани. На основании данных строительного мониторинга авторами проведен анализ развития горизонтальных и вертикальных деформаций основания здания в связи с устройством глубокого котлована в непосредственной близости от несущих стен здания. Общие деформации осадки здания рассматриваются как сумма отдельных составляющих, являющихся следствием влияния отдельных технологических этапов при строительстве подземного пристроя к зданию.

Как показали результаты мониторинга, на момент исследования значения максимальных осадок (абсолютная разность осадок) отдельных участков существующего здания, горизонтальные перемещения ограждающих конструкций котлована не превышают установленных нормативными документами предельных величин.

Ключевые слова: мониторинг, глубокий котлован, ограждающая конструкция котлована, стена в грунте, буронабивные сваи, распорная система, грунтовая берма.

Безопасная эксплуатация зданий окружающей застройки во время проведения работ по реконструкции может быть обеспечена только при надлежащем мониторинге строительных конструкций, в том числе и геодезическими методами. Периодический контроль за перемещениями и деформациями отдельных конструктивных элементов обеспечивает своевременное выявление отклонений отдельных параметров здания от нормативных значений, т.е. предотвращение возникновения аварийных ситуаций.

Такого рода мониторинг ведется и в ходе реконструкции здания Шамовской больницы в г. Казани 1908 года постройки. Архитектурный замысел реконструкции здания предполагает переоборудование здания под пятизвездочный отель с возведением 4-х этажного подземного пристроя к существующему зданию, в котором будут размещены конференц-зал, спа-комплекс, парковка, рестораны и магазины (рис. 1).

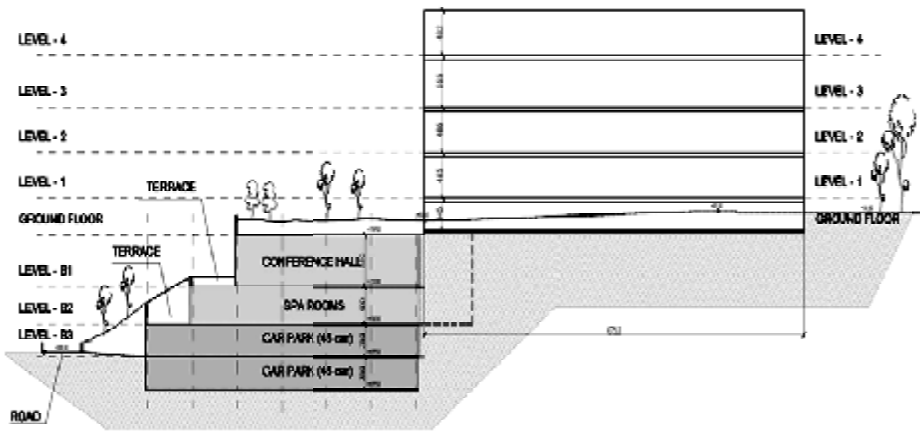


Рис. 1. Схематический разрез по зданию

Авторами статьи для обеспечения сохранности здания Шамовской больницы в процессе реконструкции были предложены технические решения усиления оснований и фундаментов существующего здания, а также разработана конструкция подпорной стены между существующим зданием и вновь возводимым подземным пристроем в глубоком котловане. Основную опасность для существующего здания представляет то, что строительство 4-х этажного подземного пристроя ведется в котловане глубиной 20,75 м, на расстоянии всего лишь в 0,5 м от фундамента торцевой стены здания. Согласно проектному решению [1, 2, 3], глубокий котлован огражден «стеной в грунте» из буронабивных свай.

Работы по возведению пристроя ведутся строго по следующей разработанной в проекте технологической последовательности (рис. 2а):

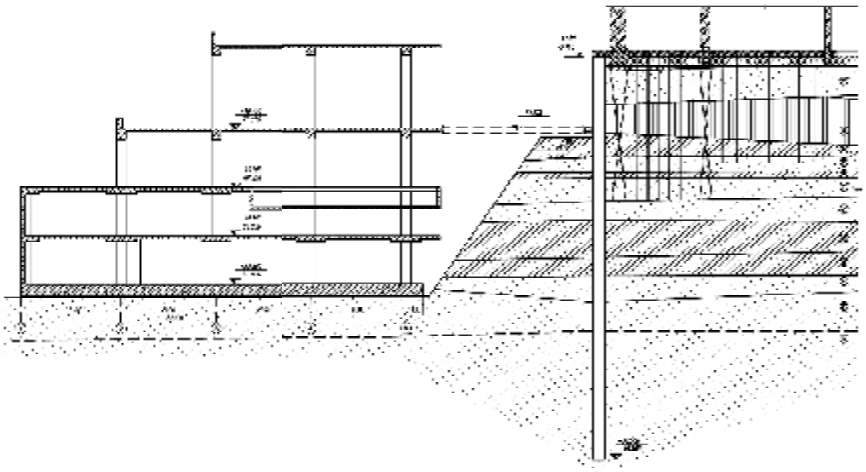
– I этап: устройство ограждения котлована из буронабивных свай;

– II этап: разработка грунта в котловане с оставлением пригрузочных грунтовых берм вдоль «стены в грунте» для обеспечения ее устойчивости;

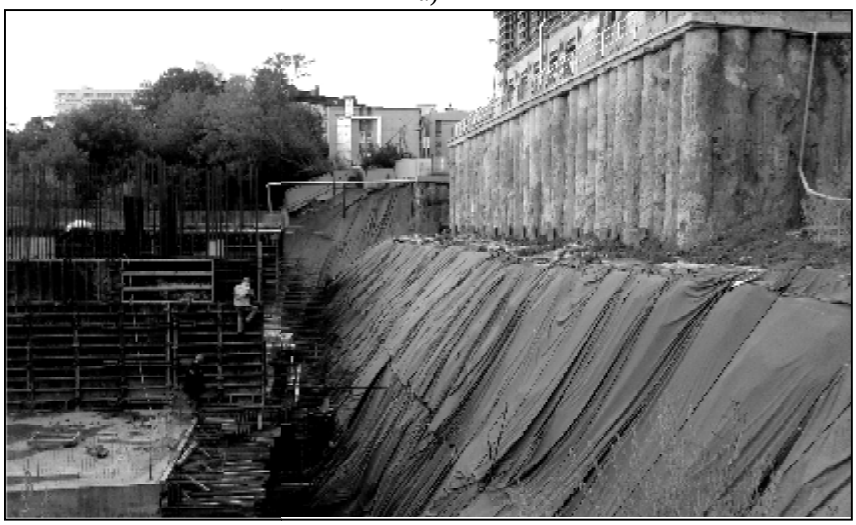
– III этап: частичное возведение монолитного железобетонного каркаса вплотную к пригрузочной грунтовой берме;

– IV этап: поярусная разработка грунта бермы с установкой распорных систем на уровне плит перекрытий вновь возводимого каркаса;

– V этап: поярусный демонтаж конструкций распорных систем с параллельным бетонированием плит перекрытий по схеме «снизу-вверх».



а)



б)

Рис. 2. Частичное возведение монолитного каркаса пристроя,
вплотную к пригрузочной грунтовой берме:
а – проектное решение (начало IV этапа); б – ход строительства

На данный момент завершены работы по III этапу и начались работы по IV этапу разработанной технологической последовательности.

Надо отметить, что даже небольшие значения перемещения ограждающей конструкции котлована в процессе экскавации грунта могут привести к дополнительным осадкам фундаментов существующего здания. Нормами (СП 22.13330.2011) установлены следующие значения предельных деформаций осадки для зданий II-ой категории технического состояния, к которой относится реконструируемое здание: 3 см для максимальной осадки и 0,001 для относительной разности осадок.

В угловых зонах здания, примыкающих к глубокому котловану (рис. 3), для контроля вертикальных деформаций осадки в сентябре 2015 г. были установлены деформационные марки в кирпичной кладке стен. Развитие осадок по данным геодезических съемок во времени представлено на графике (рис. 4).

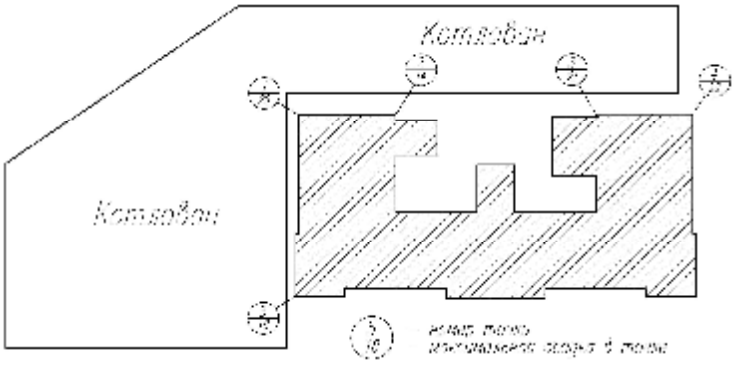


Рис. 3. Места установки деформационных марок в здании: в числителе номера точек наблюдений, в знаменателе абсолютные осадки на момент исследований

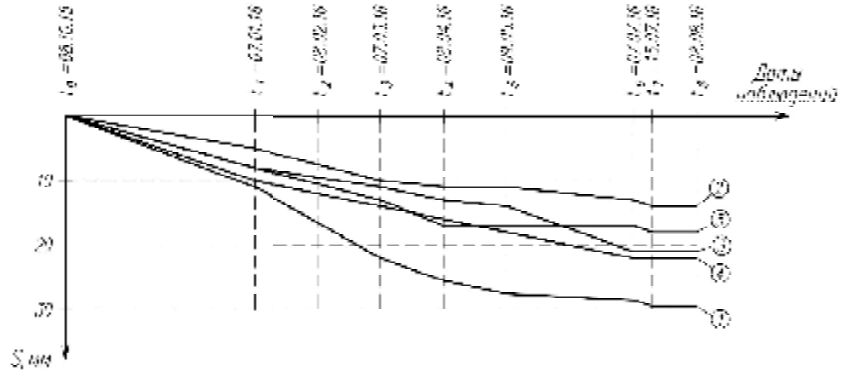


Рис. 4. Развитие дополнительных фундаментов здания осадок во времени

Как отмечалось, на момент проведения исследований на объекте строительства завершены работы по этапам I, II, III и ведутся работы по устройству верхнего яруса распорной системы на отм. -10.750 (этап IV). Проанализировав фактические сроки проведения работ и сопоставив с графиком на рис. 4 установлено следующее: период выполнения измерений $t_0 \ldots t_2$ соответствует I этапу работ – устройство буронабивных свай ограждения котлована. Осадки здания на этом этапе в зависимости от местоположения точек наблюдения составили от 7,5 мм до 16,5 мм, что составляет около 54-56 % от общего значения вертикальных деформаций на момент исследований. При проведении строительного мониторинга датчиками зафиксированы неоднократные превышения показателей виброскорости на несущих конструкциях, наибольшее значения которых достигали 3,34 мм/с при допустимом значении не более 2 мм/с. Даже при слабых и умеренных вибрационных нагрузках происходит дополнительное уплотнение несвязных грунтов – явление виброкомпрессии. Непосредственно под подошвой ленточных фундаментов существующего здания [5] залегают мелкие пески мощностью до 2,5 м. Динамическое воздействие на грунт основания привело к проявлению виброползучести

грунта. Как показали измерения, в средней части здания деформации осадки меньше, чем на торцевых участках здания, что объясняется тем, что в средней части здания глубина заложения фундаментов больше на 1,8 м и эти фундаменты практически прорезают слой песка и опираются на твердые суглинки, в которых явление виброползучести проявляется в меньшей степени. Все вышесказанное позволяет заключить, что причиной возникновения деформаций в указанный период послужили воздействия динамического характера на основание здания в процессе устройстве буронабивных свай, т.е. за указанное время развивалась так называемая «технологическая осадка».

Период измерений t_2-t_4 соответствует этапу работ II – разработка грунта в котловане с оставлением пригрузочной грунтовой бермы (рис. 5).

Рис. 5. Разработка грунта в котловане

Осадки здания на этом этапе в разных точках наблюдения составили от 3,5 мм до 9,0 мм, что составляет около 25-31 % от общего значения вертикальных деформаций. Вертикальные деформации здания на этом этапе связаны с горизонтальными перемещениями ограждающей конструкции котлована, т. е. их происхождение обусловлено уменьшением пассивного давления грунта со стороны котлована при разработке грунта. Величина фактических горизонтальных перемещений стенки на данном этапе сопоставима с расчетными значениями, приведенными в [4], которые составляют 6,2 мм и в достаточной мере согласовываются теоретическими положениями [6, 7, 8, 9].

Дальнейшие осадки здания в период наблюдений $t_4 \ldots t_7$ величиной от 3,0 до 4,0 мм, что составляет около 13-21 %, вызваны горизонтальными перемещениями ограждающей конструкции котлована в силу медленно протекающего вязкопластического деформирования грунтовой пригрузочной бермы.

Рис. 6. Установка распорных конструкций из металлических труб

В период времени $t_7…t_8$ осадки здания практически стабилизировались, дополнительные вертикальные деформации контрольных точек не зафиксированы. Затухание вертикальных деформаций здания, и, соответственно, горизонтальных перемещений ограждающей конструкции котлована на этом этапе обусловлено стабилизацией напряженно-деформированного состояния пригрузочных грунтовых берм и завершением процесса консолидации, а также, вероятно, установкой верхнего ряда распорных конструкций на отм. -10.750 м с передачей горизонтальных усилий от активного давления грунта на монолитное железобетонное перекрытие возводимого монолитного железобетонного каркаса подземного пристроя (рис. 6).

Кроме деформационных марок для мониторинга развития существующих трещин в кирпичных стенах здания были установлены также и трещиномеры. Установленные выше закономерности развития осадок здания в зависимости от этапов производства работ по возведению подземного пристроя также согласуются и с динамикой раскрытия трещин. На рис. 7 приведен график раскрытия магистральной трещины в кирпичной кладке стены на участке в осях Е/4 за период ведения наблюдений. Интенсивное раскрытие ширины наблюдаемой трещины происходит за период измерений $t_0…t_4$, соответствующий этапам работ I и II – устройству буронабивных свай и разработке грунта в котловане, особенно на конечной стадии разработки грунта (период измерений $t_3…t_4$). На последующих этапах производства работ процесс раскрытия трещин развивается неинтенсивно, а в период измерений $t_6…t_8$ установилась условная стабилизация. Динамика развития трещин в достаточной мере согласовывается с графиками развития осадок (рис. 4).

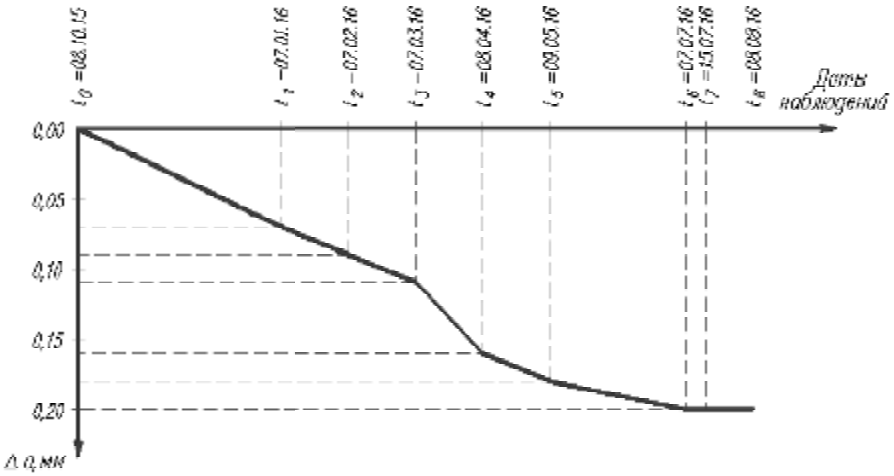


Рис. 7. График раскрытия магистральной трещины в кирпичной стене

Заключение

После комплексного анализа результатов проведенного на момент исследований мониторинга за строительными конструкциями здания и сопоставления их с расчётными величинами сделаны следующие выводы:

1. На момент проведения исследований максимальные осадки (абсолютная разность осадок) существующего здания Шамовской больницы в зонах, примыкающих к глубокому котловану, не превышают предельно допустимых величин, установленных СП 22.13330.2011 «Основания зданий и сооружений». Горизонтальные перемещения ограждающей конструкции котлована на момент исследований не превышают расчетных значений, приведенных в [4].

2. Технологическая осадка существующего здания, возникающая в процессе устройства ограждения котлована, сопоставима с величиной дополнительной осадки, возникающей из-за горизонтальных перемещений стены в процессе выемки грунта из котлована.

Список библиографических ссылок

1. Мирсаяпов И.Т., Хасанов Р.Р., Сафин Д.Р. Проектирование ограждающей конструкции глубокого котлована при реконструкции здания Шамовской больницы г. Казани // Вестник гражданских инженеров, 2016, № 1 (54). – С. 89-96.
2. Мирсаяпов И.Т., Хасанов Р.Р., Сафин Д.Р. Исследование ограждающей конструкции котлована подземного пристроя при реконструкции Шамовской больницы г. Казани // Известия КГАСУ, 2015, № 4 (34). – С. 191-199.
3. Проект реконструкции объекта: «Здание Шамовской больницы г. Казани 1908 г., архитектор К.С. Олешкевич». Раздел АС. ООО «НПФ «Рекон+». – Казань, 2015.
4. Мирсаяпов И.Т., Хасанов Р.Р., Сафин Д.Р. Ограждающая конструкция котлована и конструкции, обеспечивающие устойчивость ограждения здания Шамовской больницы (1908 г., арх. К.С. Олешкевич) РТ, г. Казань, ул. Калинина, д. 5/24. Пояснительная записка к проекту. – Казань, 2015. – 68 с.
5. Технический отчет по результатам инженерно-геологических изысканий, выполненных на объекте: «Реконструкция и строительство зданий и сооружений на территории Шамовской больницы по ул. Калинина, 5/24 в г. Казани РТ», Предприятие «МарийскТИСИз». – Йошкар-Ола, 2015.
6. Мирсаяпов И.Т., Хасанов Р.Р., Сафин Д.Р. Проектирование ограждения глубокого котлована жилого комплекса в условиях стесненной городской застройки // Известия КГАСУ, 2015, № 1 (32). – С. 183-191.
7. Мирсаяпов И.Т., Хасанов Р.Р. Экспериментальные исследования напряженно-деформированного состояния гибких ограждений с распоркой в процессе поэтапной разработки грунта // Известия КГАСУ, 2011, № 2 (16). – С. 129-135.
8. Мирсаяпов И.Т., Сафин Д.Р. Экспериментальные исследования НДС грунтового массива при совместном деформировании с ограждающей конструкцией консольного типа в процессе поэтапной разработки котлована // Известия КГАСУ, 2011, № 3 (17). – С. 79-84.
9. 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.

Mirsayapov I.T. – doctor of technical sciences, professor
E-mail: mirsayapov1@mail.ru
Khasanov R.R. – candidate of technical sciences, associate professor
E-mail: rubis.hasanov@yandex.ru
Safin D.R. – candidate of the 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

Geotechnical monitoring of the building during the reconstruction of the monument of history and architecture

Resume

Building of underground constructions of deep foundations, especially in the vicinity of existing structures is a very complex and demanding task. In order to timely detect the influence of underground construction on the state of the surrounding buildings practiced conducting monitoring of the construction process. The article presents an analysis of the monitoring results conducted within 12 months from the start of the underground 4-storey outhouse to the building of the former Shamovskiy hospital in the city of Kazan.

On the walls of the existing building have been installed deformation stamps, and the crack width gauges installed. Not less than once a month surveying method determines the level of deformation stamps and estimated readings of the crack width gauges.

At the time the research was completed the construction of bored pile barriering designs, developed ground, leaving a soil berms, erected part of a monolithic reinforced concrete frame of the underground 4-storey outhouse.

As shown by the results of monitoring, the development of the deformations of the existing building started long before the start of the excavation of the soil in the pit. A significant impact on the surrounding buildings in this in the first place has the technological process of construction works, namely: device bored piles of large diameter when the device of the barriering designs.

However, despite this, at the time of the study values of maximum sediment individual sections of an existing building does not exceed the limit values set by regulations.

Keywords: monitoring, deep foundation pit, barriering design, CFA piles, bored piles, spacer system, a soil berm.

Reference list

1. Issues of designing of enclosing structure of deep underground pit in the reconstruction of the Shamovskiy hospital in the city of Kazan // Vestnik grazhdanskikh inzhenerov, 2016, № 1 (54). – P. 89-96.
2. Mirsayapov I.T., Khasanov R.R., Safin D.R. Research building envelope underground pit outhouse the reconstruction of the Shamovskiy Hospital in the city of Kazan // Izvestiya KGASU, 2015, № 4 (34). – P. 191-199.
3. The project of reconstruction of the object: «The building of the Shamovskiy Hospital of Kazan 1908, Arch. K.S. Oleshkevich» Section QOL. Ltd «NPF «Recon +». – Kazan, 2015.
4. Mirsayapov I.T., Khasanov R.R., Safin D.R. Walling excavation and construction of the sustainability of the building fences of the Shamovskoy Hospital (1908, Arch. K.S. Oleshkevich) RT, Kazan, ul. Kalinina, d. 5/24. The explanatory note to the project. – Kazan, 2015. – 68 p.
5. Technical report on the geotechnical surveys on the subject: «Reconstruction and construction of buildings and structures on the territory of Shamovskiy Hospital in the Kazan RT», Enterprise «MariyskTISIz». – Kazan, 2015.
6. Mirsayapov I.T., Khasanov R.R., Safin D.R. Design fence of deep foundation pit of the residential complex in a congested urban area // Izvestiya KGASU, 2015, № 1 (32). – P. 183-191.
7. Mirsayapov I.T., Khasanov R.R. Experimental studies of stress-strain state of flexible barriering design with bracing in the process of the phased excavation of the soil // Izvestiya KGASU, 2011, № 2 (16). – P. 129-135.
8. Mirsayapov I.T., Safin D.R. Experimental surveys of deflected state of soil body consistent with rabbet in the process of graded excavation of ditch // Izvestiya KGASU, 2011, № 3 (17). – P. 79-84.
9. Mirsayapov I.T., Koroleva I.V. Prediction of deformation of the foundation with the long-term non-linear deformation of soil // Osnovaniya, Fundamenty i Mekhanika Gruntov, 2011, № 4. – P. 16-23.

УДК 624.138.24
Шакиров И.Ф. – кандидат технических наук, доцент
E-mail: fsrshakirov@mail.ru
Гайфуллина В.А. – студент
E-mail: gaifullina-v@mail.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1

Применение метода напорной цементации при усилении фундаментов в вытрамбованных котлованах

Аннотация

В статье освещены мероприятия и технические решения по усиления фундаментов в вытрамбованных котлованах пятиэтажного жилого дома по улице Татарстан г. Набережные Челны. Инженерно-геологические условия площадки жилого дома характеризуются неоднородностью и невыдержанностью по простиранию слоев грунта, а также негативным влиянием верховодки, образующейся за счет инфильтрации атмосферных осадков и утечек из подземных коммуникаций, на свойства глинистых грунтов. Из-за длительного замачивание грунтов основания, фундаменты получили значительные осадки и часть здания находится в аварийном состоянии. В связи с этим возникла необходимость в разработке мероприятий, исключающих дальнейшие деформации здания. В результате проведенных исследований был принят вариант укрепления грунтов основания фундаментов методом напорной цементации, определена схема укрепления, длина, шаг и количество цементационных скважин, была проведена оценка изменения характеристик грунтового основания после укрепления.

Ключевые слова: основание, фундамент в вытрамбованном котловане, напорная цементация, несущая способность, сжимаемость, осадки, грунтовые условия.

В семидесятые годы прошлого столетия в строительстве начали широко применять метод устройства фундаментов в вытрамбованных котлованах. Сущность этого метода состоит в том, что котлованы под отдельные фундаменты не отрываются, а вытрамбовываются на необходимую глубину с последующим заполнением бетоном. В результате вытрамбовывания под котлованом и вокруг него образуется уплотненная зона, в пределах которой повышается прочностные характеристики грунта, снижается сжимаемость, ликвидируются просадочные свойства грунтов.

Фундаменты в вытрамбованных котлованах достаточно часто применялись при возведении жилых домов в г. Набережные Челны, в том числе были использованы при строительстве пятиэтажного крупнопанельного жилого дома № 18/99 по ул. Татарстан. Вышеуказанный жилой дом был построен в начале 80-х годов прошлого столетия по проекту ЦНИИЭП жилища (г. Москва) [4]. В плане здание жилого дома имеет П-образное очертание, состоит из 38 типовых блок-секций серии 1-468 БНЧ. Конструктивная схема здания – перекрестно-стеновая с поперечными несущими стенами и продольными диафрагмами жесткости. Стеновые панели свободно опираются на верхний обрез отдельно стоящих фундаментов в вытрамбованных котлованах, которые представляют собой сваи пирамидальной формы с уширением в нижней части. Горизонтальное сечение свай шестигранное, с шириной грани в верхней части 50 см, длина свай составляет 2,6 м, глубина заложения в грунт – 2,0 м (от пола подвала), расчетная несущая способность – 120 тонн.

В соответствие с [4], вытрамбовывание котлована для устройства фундаментов производилось трамбовкой весом 5 т, падающей по направляющей штанге с высоты 5-6 м. После создания полости в грунте, в нижней части устраивалась уширение путем втрамбовывания щебня фракции 20-30 мм в два приема по 0,6 м^3. Вытрамбованный котлован заполнялся бетоном марки М200, в верхней части фундамента устанавливались арматурные сетки. Согласно проекту, диаметр уширения под нижним концом сваи составляет 1200 мм.

Уже во время строительства начались деформации здания в зоне блок-секций 6А и 7А (подъезды 38 и 39 в осях 27-29), связанные со значительными просадками фундаментов. Было установлено, что причиной просадки фундаментов явилась прокладка ливневой канализации, проходящей через проезд дома в блок секции 6А. Глубина траншеи, откопанной для прокладки канализации, оказалась ниже подошвы фундаментов в вытрамбованных котлованах на 1,6 м, при этом канализация проходила на расстоянии 1,1 м от ближайшего ряда фундаментов. Поэтому часть фундаментов (свай) попала в откос этой траншеи и потеряла несущую способность из-за разуплотнения окружающего грунта. В связи с этим во время строительства было выполнено усиление просевших фундаментов монолитной плитой (балкой) шириной 1,0 м на дополнительных сваях.

В дальнейшем на этом же участке здания из-за неисправности инженерных сетей, расположенных в подвале, в течении длительного времени шло замачивание грунтов основания. При обследовании вышеуказанных блок-секций жилого дома в 2004 году было установлено, что супеси, залегающие в основании фундаментов, перешли из твердого в пластичное состояние с показателем текучести I_L = 0,75. Просадка свай к этому времени составила от 5 до 11 см [3].

Несущая способность фундамента в вытрамбованном котловане с уширенным основанием определяется как наименьшее из значений несущей способности:

- по жесткому материалу (щебню), втрамбованному в дно котлована;
- по грунту уплотненной зоны;
- по грунту, подстилающему уплотненную зону.

В рассматриваемом случае определяющим является несущая способность грунта подстилающего слоя, которая определяется по формуле СП 50-101-2004 «Проектирование и устройство оснований и фундаментов зданий и сооружений»:

$$F_{f3} = g_c[g_g^I RA_s + d_p u_m(g_{c1} f_w + g_{c2} x_r iE)]. \quad (1)$$

Результаты расчетов по формуле (1) с учетом фактического состояния грунтов показывают, что несущая способность фундамента в вытрамбованном котловане на рассматриваемом участке здания составляет 89 т, что на 26 % ниже проектной. Осадка фундамента в вытрамбованном котловане, рассчитанная для фактического водонасыщенного состояния глинистых грунтов (без учета сжатия втрамбованного в дно котлована жесткого материала) составляет 13,2 см, что превышает допустимое значение осадки для зданий с несущими стенами из крупных панелей.

В связи с аварийным состоянием рассматриваемого участка жилого дома, в 2004 году было принято решение о выселении жильцов и выполнении реконструкции подъездов 38 и 39. Однако работы по реконструкции до 2016 года так и не были начаты. В 2015 году было проведено повторное обследование технического состояния здания, которое указало на продолжение осадки фундаментов и как следствие – деформаций здания. Согласно [3], разность осадок фундаментов на момент обследования здания на участке длиной 12 м составляет до 16 см. В рамках выполненного обследования рассматривались несколько вариантов по устранению аварийного состояния здания. По одному из вариантов было предложено полный демонтаж конструкций аварийной части здания, устройство дополнительных фундаментов и монтаж ранее демонтированных конструкций с заменой поврежденных элементов. Другой вариант предполагал усиление аварийных конструкций без демонтажа и укрепление грунтов основания.

Площадка, где расположен рассматриваемый жилой дом, находится в 51 микрорайоне г. Набережные Челны, на пересечении проспекта Сююмбике и улицы Татарстан. В геоморфологическом отношении участок расположен в пределах IV надпойменной аккумулятивной террасы левобережья реки Кама. Абсолютные отметки поверхности земли в пределах рассматриваемого участка составляют 97,5-98,0 м. Инженерно-геологические условия площадки характеризуются неоднородностью и невыдержанностью по простиранию слоев грунта.

Согласно инженерно-геологическим заключениям [1] и [2], на рассматриваемом участке в геолого-литологическом строении разреза принимают участие аллювиально-делювиальные отложения четвертичного возраста, представленные частым и

пространственно сложным чередованием суглинков, супесей и песков, перекрытые сверху современным техногенным слоем. В активной зоне основания здания залегают:

- техногенные насыпные грунты, состоящие из суглинков с прослойками супеси, с редким включением строительного мусора;
- супеси, от твердой до пластичной консистенции, в верхней части (до глубины 4,0 м) просадочные, мощностью до 3,3 м;
- суглинки от твердой до мягкопластичной консистенции;
- пески мелкие и пылеватые, средней плотности, маловлажные.

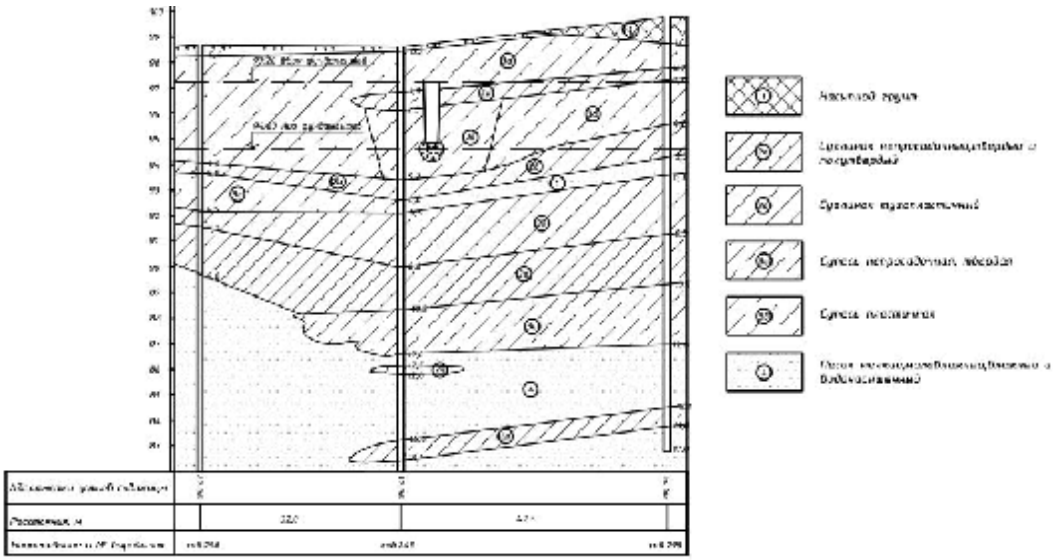


Рис. 1. Инженерно-геологический разрез

Гидрогеологические условия площадки характеризуются постоянным водоносным горизонтом на абсолютных отметках 82,00-84,00 м, т.е. на глубине 14-16 м от поверхности земли. В [1] указывается на неизбежность образования верховодки природно-техногенного происхождения верхней части разреза с последующим гравитационным отходом вниз, что является основным негативным фактором, ухудшающим состояние и свойства грунтов. Также к негативным факторам можно отнести очень быструю размокаемость супесей и суглинков и резкое ухудшение свойств глинистых грунтов активной зоны основания при водонасыщении верховодкой.

После анализа грунтовых условий площадки, состояния строительных конструкций и фундаментов в вытрамбованных котлованах, было принято решение об усилении фундаментов без демонтажа надземных конструкций здания. Для увеличения несущей способности фундаментов в вытрамбованных котлованах и уменьшения сжимаемости грунтов был предложен метод напорной цементации. Метод основан на управляемом инъектировании под давлением твердеющего раствора расчетного объема по определенной технологической схеме. Цементный раствор, нагнетаемый под давлением до 2 МПа, улучшает характеристики вмещающих грунтов, как за счет уплотнения, так и за счет образования в грунте армирующих элементов из затвердевшего цементного раствора. При этом цементный раствор при инъекции под давлением в первую очередь усиливает наиболее слабые зоны массива.

По предложенным техническим решениям, укрепление грунтов основания выполняется по манжетной технологии путем нагнетания цементного раствора через специальные инъекторы, изготовленные из стальных труб диаметром 57 мм. Инъекторы устанавливаются в пробуренные вплотную к фундаменту в вытрамбованном котловане наклонные скважины диаметром 80 мм, пространство между инъектором и стенкой скважины заполняется обойменным раствором. В качестве инъекционного раствора используется цементный раствор с водоцементным отношением 0,5 с добавлением суперпластификатора С-3. В зависимости от места расположения, вокруг каждого усиливаемого фундамента запроектированы четыре или шесть инъекционных скважин,

отличающиеся друг от друга глубиной и углом наклона. Длина инъектируемой части скважин составляет от 5,0 до 7,0 м, угол наклона – от 7^0 до 30^0. Инъекция раствора в грунт производится отдельными зонами высотой не более 1 м восходящим способом, нагнетание проектного количества раствора в каждый инъектор выполняется не менее трех раз с перерывами на 24 часа.

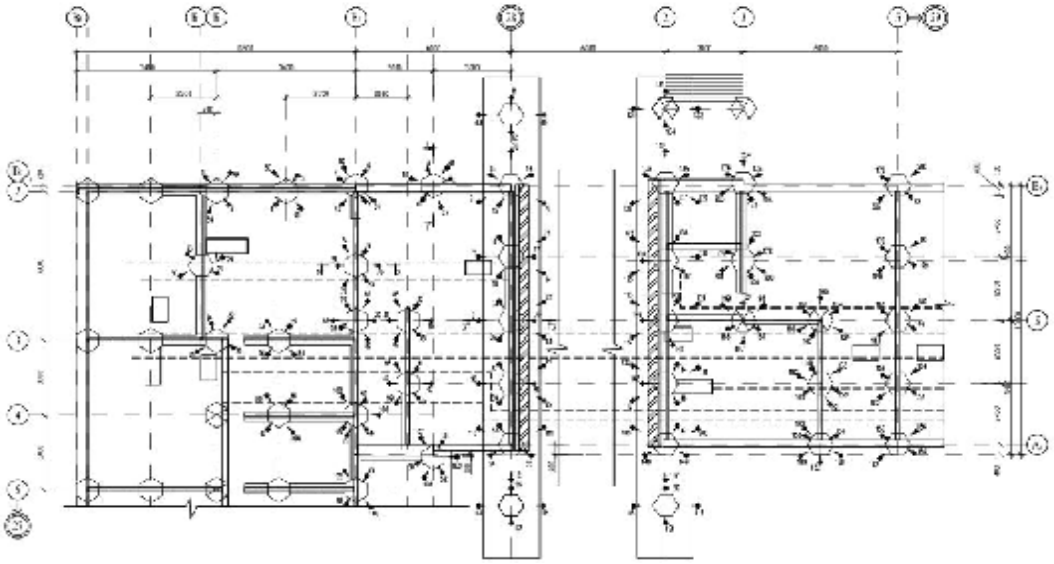


Рис. 2. Схема расположения инъекционных скважин

При разработке технических решений по укреплению грунтов основания фундаментов в вытрамбованных котлованах, а также для оценки изменения характеристик грунтов после укрепления были использованы результаты экспериментальных исследований, проведенных в лаборатории кафедры «Основания, фундаменты, динамика сооружений и инженерная геология» КГАСУ.

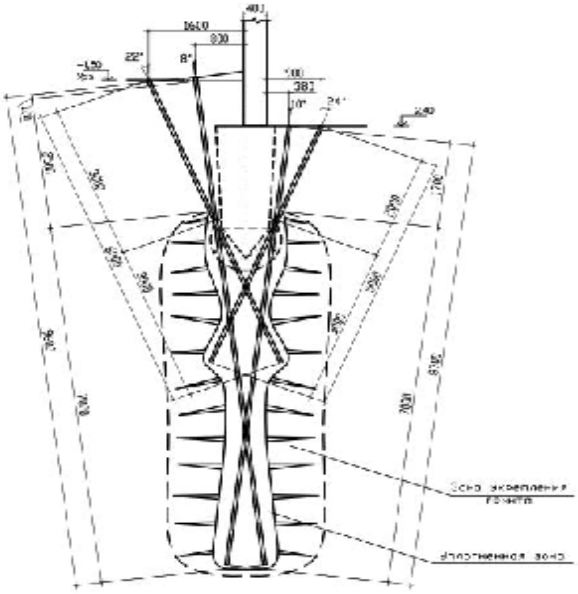


Рис. 3. Схема усиления фундамента в вытрамбованном котловане

Массив грунта после напорной инъекции цементного раствора и образования в нем грунтоцементного элемента можно рассматривать как сложную композитную систему, состоящую из жесткого армирующего элемента, области уплотненного грунта вокруг этого элемента и области неуплотненного грунта. Согласно результатам экспериментальных

исследований, геометрические размеры этих компонентов можно установить исходя из объема инъецируемого раствора и первоначальной пористости грунта, при этом диаметр уплотненной зоны зависит от диаметра грунтоцементного элемента. Из теории композитных систем следует, что обобщающие характеристики системы определяются в зависимости от соответствующих характеристик и соотношения площадей (объемов) отдельных элементов системы. Поэтому модуль деформации укрепленного массива грунта под фундаментом в вытрамбованном котловане можно определить по формуле:

$$E = \frac{E_g \cdot A_g + E_c \cdot A_c + E_o \cdot (A_s - A_g - A_c)}{A_s}, \quad (2)$$

где E_g, E_c, E_o – модули деформации соответственно грунтоцементного элемента, уплотненной зоны грунта и неуплотненного грунта;

A_g, A_c, A_s – площади поперечного сечения соответственно грунтоцементного элемента, уплотненной зоны грунта и уширения фундамента в вытрамбованном котловане.

В расчетах модуль деформации грунтоцементного элемента был принят равным 100 МПа. Характеристики грунта в зоне уплотнения вычисляются исходя от первоначальных характеристик грунта и объема инъектируемого цементного раствора. Раствор при инъекции под давлением сжимает грунт, пористость грунта при этом уменьшается. Непосредственно в укрепляемой зоне грунта под фундаментом остается только часть инъекционного раствора, другая часть раствора распространяется по образовавшимся трещинам и слабым прослоям грунта за пределы укрепляемой зоны. Поэтому и в сжатии грунта в рассматриваемой зоне участвует только часть раствора. Доля затвердевшего цементного раствора в массиве грунта под фундаментом определяется на основании экспериментальных данных, с учетом всех потерь.

Коэффициент пористости уплотненного при нагнетании цементного раствора грунта e_c можно вычислить исходя из доли затвердевшего раствора в массиве укрепляемого грунта k_a:

$$e_c = e_o - k_a\,(1 + e_o). \quad (3)$$

Принимая зависимость модуля деформации от коэффициента пористости в виде экспоненциальной кривой, модуль деформации уплотненного грунта определяется по формуле:

$$E_c = E_o \cdot \exp\left[k_n \cdot k_a (1 + e_o)\right], \quad (4)$$

где k_n – поправочный коэффициент, зависящий от деформируемости конкретного грунта.

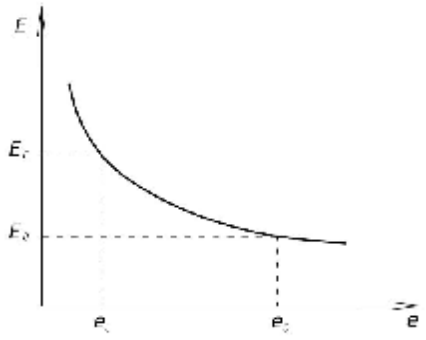


Рис. 4. График зависимости модуля деформации от коэффициента пористости грунта

На основании результатов вычислений с использованием формулы (2) можно сделать вывод, что при реализации предложенных мероприятий по укреплению грунтов модуль деформации пластичных супесей под фундаментами увеличится в два раза (с учетом армирующих элементов). Значительное уменьшение сжимаемости грунтов основания позволяет исключить дальнейшие деформации здания на аварийном участке. Качество выполняемых работ предлагается проверить путем проведения штамповых испытаний укрепленного массива грунта. При выполнении работ по укреплению грунтов необходимо вести наблюдение за деформациями конструкций здания, а после завершения работ по усилению фундаментов проводить мониторинг технического состояния здания.

Заключение

1. Разработаны технические решения по укреплению грунтов основания фундаментов в вытрамбованных котлованах с применением метода напорной цементации.

2. Выполнена оценка характеристик сжимаемости грунта, прогнозируемых после проведения работ по укреплению. Согласно проведенным расчетам, при предложенных технологических параметрах выполнения работ, укрепление грунтов позволяет увеличить модуль деформации массива грунта в два раза.

3. Для оценки эффективности принятых технических решений, после выполнения работ по укреплению грунтов и восстановления надземных конструкций необходимо установить мониторинг за состоянием здания.

Список библиографических ссылок

1. Инженерно-геологические условия площадки реконструкции подъездов № 38 и № 39 дома 51/01 г. Набережные Челны РТ, ОАО КамТИСИЗ. – Набережные Челны, 2006.
2. Инженерно-геологическое заключение по объекту: «Жилой дом по ул. Татарстан, 18/99, г. Набережные Челны, в районе подъездов № 38, № 39», ООО «РЕАЛ». – Набережные Челны, 2015.
3. Техническое заключение по результатам обследования строительных конструкций подъездов № 38 и № 39 жилого дома 51/01, расположенного по адресу: РТ, г. Набережные Челны, ООО «Каммонтаж». – Набережные Челны, 2015.
4. Проект привязки крупнопанельного 5-этажного жилого комплекса из блок-секций серии 1-468 БНЧ для строительства в микрорайоне 51, г. Набережные Челны, ЦНИИЭН жилища. – М., 1980.
5. Шакиров И.Ф., Тюркин С.И. Исследование несущей способности висячих свай в массиве грунта, укрепленного напорной цементацией. // Перспективные направления развития теории и практики в реологии и механике грунтов. XIV Международный симпозиум по реологии грунтов. – Казань: КГАСУ, 2014. – С. 75-80.
6. Шакиров И.Ф., Гарифуллин Д.Р. Исследование несущей способности и деформаций песчаных грунтов, укрепленных напорной цементацией // Известия КГАСУ, 2015, № 4 (34). – С. 200-205.
7. 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.
8. 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.

Shakirov I.F. – candidate of technical sciences, associate professor
E-mail: fsrshakirov@mail.ru
Gaifullina V.A. – student
E-mail: gaifullina-v@mail.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Foundations strengthening by pressure cementation method in the rammed pits

Resume

Due to the ground base property deterioration because of the long soaking, foundations in rammed pits of an apartment building on the Tatarstan street in the city of Naberezhnye Chelny received a significant settlement. Therefore, part of the building is currently in critical condition. Based on the engineering geological conditions of the site and the building condition analysis developed a technical solution for foundations strengthening. For ground base strengthening

proposes a variant of the pressure cementation method, defined technological parameters to perform injection works.

In the process of cement mortar injecting into the ground under the base pressure, the mortar enters into the weakest area of the array and creates a rigid reinforcing element from solidified mortar. Ground array after strengthening can be considered as a complex composite system, consisting of rigid reinforcing elements, compacted ground regions around these elements and uncompacted ground regions. The authors performed the evaluation of the ground compressibility characteristics, predicted after strengthening works, at the same time were used the results of experimental researches. According to calculations, the grounds strengthening can significantly increase the ground array deformation module and avoid further deformation of the building.

Keywords: ground base, foundation in the rammed pit, the pressure cementation, bearing capacity, compressibility, settlement, ground conditions.

Reference list

1. Engineering geological conditions of the reconstruction site in entrances № 38 and № 39 of house № 51/01 Naberezhnye Chelny city, Tatarstan, JSC «KamTISIZ». – Naberezhnye Chelny, 2006.
2. Engineering-geological report about the project: «Apartment building on the street Tatarstan, 18/99, Naberezhnye Chelny, in the site of entrances № 38, № 39», Ltd «REAL». – Naberezhnye Chelny, 2015.
3. Technical report by the survey results of a building structures and entrances № 38, № 39 in apartment building №51/01, located at Tatarstan, Naberezhnye Chelny city, Ltd «Kammontazh». – Naberezhnye Chelny, 2015.
4. The reference design of large 5-storey apartment complex block-sections 1-468 series BNCH for construction in the district 51, Naberezhnye Chelny, TSNIIEN homes. – M., 1980.
5. Shakirov I.F., Tyurkin S.I. Researches of bearing capacity of hanging piles in the array of soil, reinforced by pressure cementation. // Perspective directions of development in theory and practice of rheology and soil mechanics. XIV International Symposium on the rheology of soils. – Kazan: KGASU, 2014. – P. 75-80.
6. Shakirov I.F., Garifullin D.R. The research of bearing capacity and deformation of sandy ground, reinforced by pressure cementation // Izvestiya KGASU, 2015, № 4 (34). – P. 200-205.
7. Mirsayapov I.T., Koroleva I.V. Prediction of deformation of the foundation with the long-term non-linear deformation of soil // Osnovaniya, Fundamenty i Mekhanika Gruntov, 2011, № 4. – P. 16-23.
8. 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.

УДК 691.327.332
Барышева О.Б. – кандидат технических наук, доцент
E-mail: obbars@mail.ru
Садыков Р.А. – доктор технических наук, профессор
E-mail: sadykov_r_a@mail.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1

Оптимизация конфигурации газораспределительной сети

Аннотация

Ввиду постоянного роста численности населения растет и потребность в использовании природных ресурсов, которые ограничены.

В статье предлагается методика оптимизации построения конфигурации газовой сети, которая позволяет сохранять до 2-3 тысяч рублей с каждого метра газопровода.

Учитывая, что прокладываются многокилометровые газовые сети, то экономический эффект становится достаточно существенным.

Поэтому уже на стадии проектирования можно сэкономить финансы на ресурсы, путем оптимизации построения трассировки газовых сетей.

Ключевые слова: газораспределительные сети, конфигурация, оптимизация, метод, алгоритм, энергоресурсосбережение.

На сегодняшний день в России газ является одним из самых дешевых видов топлива. Но, несмотря на его цену, актуально решение проблем энергоресурсосбережения. Имеется множество способов экономии ресурсов, как практических, так и теоретических, но существуют проблемы, решение которых базируется на информационных и компьютерных технологиях.

Известно, что рост газопотребления значительно опережает темп развития газораспределительных сетей. Это приводит к сбоям в режимах газоснабжения, а, следовательно, к аварийности, что абсолютно недопустимо [1, 2].

В данной статье рассматривается оптимизация трассировки газовой сети для выбранных локальных участков. Подбирается наиболее подходящий метод оптимизации, который приводит к наикратчайшим расстояниям при прокладывании трассы газопровода.

Рассматриваются три метода: метод наименьших квадратов (МНК), алгоритм Прима, метод Штейнера.

Рассмотрим вкратце каждый из них.

МНК широко применяется для решения различного типа математических задач. Сущность метода заключается в минимизации суммы квадратов отклонений некоторых функций от искомых переменных. МНК используется [3-6]:

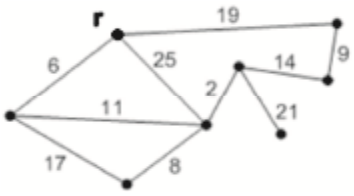
– для решения переопределенных систем уравнений;

– для решения обычных нелинейных систем уравнений;

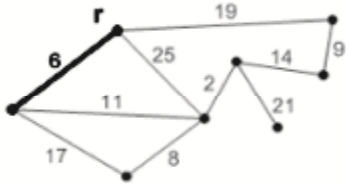
– для аппроксимации точечных значений ряда функций.

Сущность алгоритма Прима состоит в следующем [7, 8]: изначально берётся произвольная вершина и находится ребро, инцидентное данной вершине и обладающее наименьшей длины. Найденное ребро и соединяемые им две вершины образуют дерево. Далее, рассматриваются рёбра графа (математического объекта). Один конец ребер – это вершина, принадлежащая дереву, а другой конец свободен. Из полученных рёбер выбирается ребро наименьшей длины. Процесс пошаговый, так выбираемое на каждом шаге ребро присоединяется к дереву. Отсюда, при выполнении каждого шага заданного алгоритма, высота получаемого дерева увеличивается на единицу, и рост дерева происходит до полного исчерпания всех имеющихся вершин исходного математического объекта. Итогом данного алгоритма является базовое дерево минимальной длины. Этот метод мы применили к трассировке газораспределительной сети.

На рис. 1 показана схема работы алгоритма Прима с корнем r.



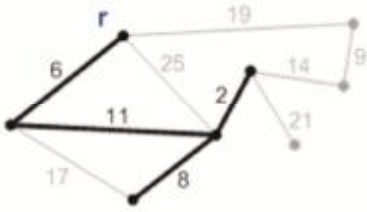
а) Начальная фаза – это минимальный покрывающий лес из корня и пустого множества ребер



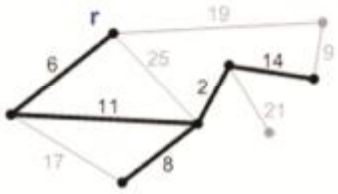
б) Ребро с весом 6 является минимальным ребром, которое соединяет корень с остальными вершинами. Добавляем его к минимальному остову

в) Следующее безопасное ребро с весом 11. Добавляем его

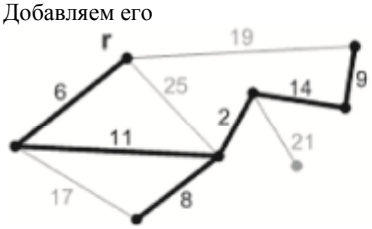
г) Следующее безопасное ребро с весом 2. Добавляем его



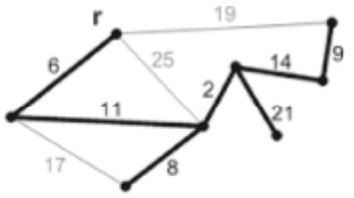
д) Следующее безопасное ребро с весом 8. Добавляем его



е) Следующее безопасное ребро



ж) Следующее безопасное ребро с весом 9. Добавляем его. Ребра весом 17, 19 и 25 небезопасные, их концы лежат в одной компоненте связности



з) Следующее безопасное ребро с весом 21. Добавляем его. Минимальное остовное дерево построено

Рис. 1. Постоение дерева алгоритмом Прима

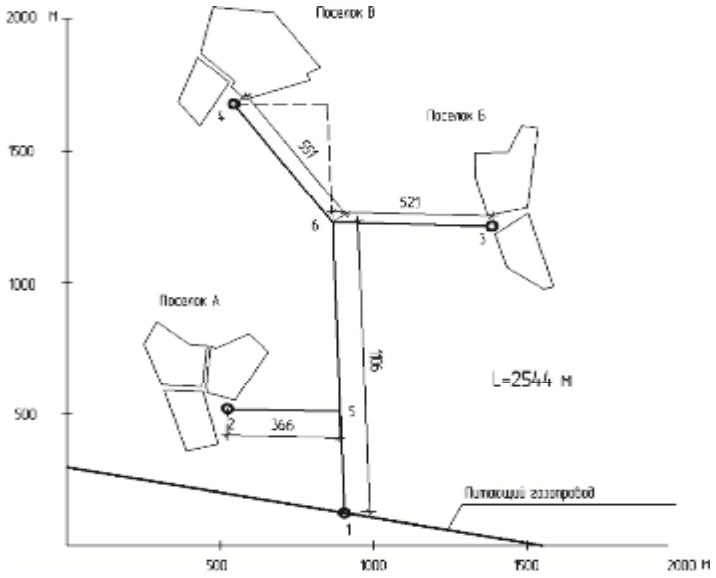


Рис. 2. Построение конфигурации газораспределительной сети МНК

Следующий метод оптимизации – метод Штейнера, который основан на изучении максимальных и минимальных свойств фигур в плоскости, на сфере и в пространстве. Для простоты мы рассматриваем двухмерное пространство 2D [9, 10].

Решение задачи Штейнера подробно рассмотрено в источнике [11].

Сама задача формулируется следующим образом, найти точку, сумма расстояний от которой до заданных точек будет минимальным.

Нами написана программа для построения оптимальной трассировки газораспределительной сети. Она состоит из программных модулей, каждый из которых включает в себя математический или математически ассоциированный алгоритм решения. Указанные модули подключены к основной программе. После сборки программы и компилирования мы получили результаты, которые позволяют существенно минимизировать затраты на природный газ.

Программирование осуществляется на объектно-ориентированном языке программирования С++.

Указанные выше методики определения оптимальной конфигурации газовой сети наиболее актуальны, т.к. начальная точка поиска решения может находиться как в области допустимых, так и недопустимых пределах. Промежуточными итерациями проводится контроль над движением точки поиска. Промежуточная итерация – это итерация, при которой комбинация изменяемых параметров *x* отличается от комбинации исходной итерации приращением только одного изменяемого параметра. Значение невязки $H(x)>0$ говорит о том, что точка поиска находится в недопустимых пределах, а значение невязки $H(x)=0$ – что решение найдено, так как точка поиска находится в допустимой зоне.

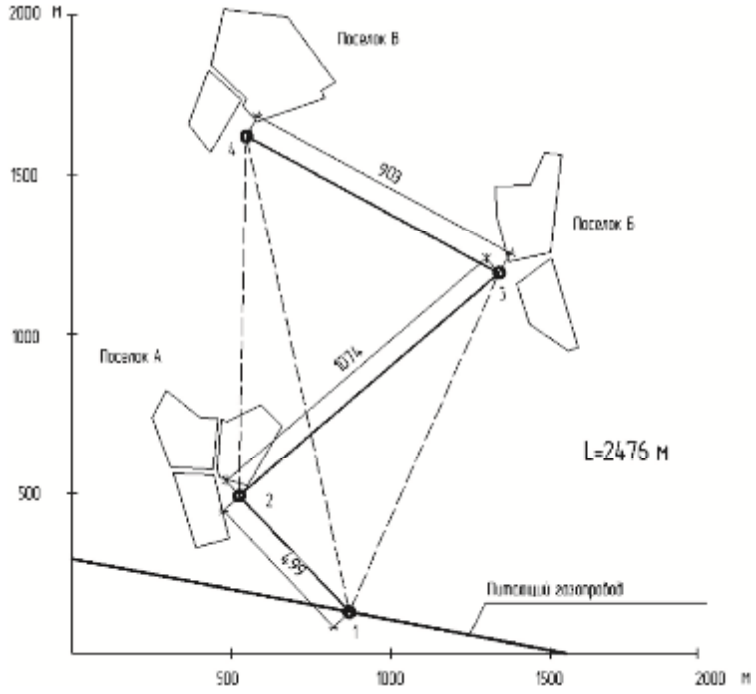


Рис. 3. Построение конфигурации сети алгоритмом Прима

На рис. 2-4 приведены результаты, полученные с использованием описанных выше методик оптимизации конфигурации газораспределительных сетей. Сравнительные расчеты выполнены абстрактном газопроводе. Прокладка стального газопровода проводится из труб с изоляцией весьма усиленного типа, а полиэтиленового – из прямых труб длиной по 12 м.

Сварка стальных труб – электродуговая. Сварка полиэтиленовых труб – встык нагретым инструментом. Кроме того, затраты считались только по строительству линейной части, работы по проведению врезки в существующий газопровод и по подсоединению к потребителю в расчете не учитываются.

Для примера были взяты 3 ближайших коттеджных поселка (поселок А, поселок Б, поселок В).

По МНК общая протяженность трассы получилась – 2544 м (рис. 2).

По алгоритму Прима, получили протяженность – 2476 м, т.е. на 68 м меньше предыдущего метода (рис. 3).

Последняя трассировка разработана методом Штейнера ее протяженность составила – 2388 м, т.е. на 88 м меньше алгоритма Прима или на 156 м меньше МНК (рис. 4).

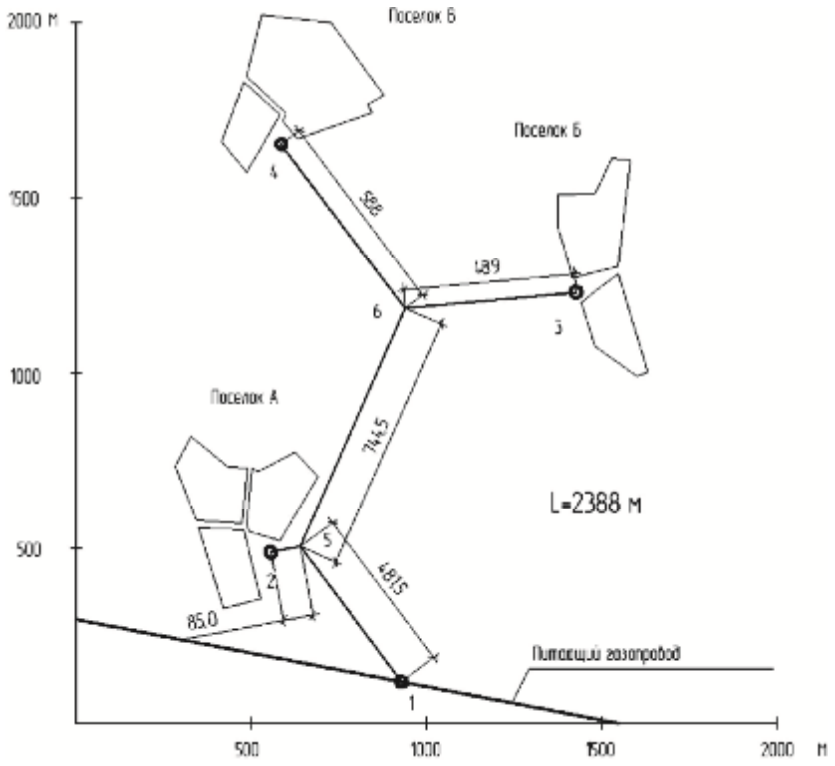


Рис. 4. Построение конфигурации газораспределительной сети методом Штейнера

Стоимость метра прокладки газопровода составила 2010 рублей, если при протяженности трассы 2,5 км, нам удается с помощью этих методов уменьшить протяженность на 100-150, то экономию получаем до 301,500 тысяч рублей.

Для сравнения стоимости работ выбраны диаметры аналогичные диаметры для полиэтиленовых и стальных труб газопровода.

Стоимость работ и затрат к уровню цен по состоянию на II квартал 2016 года [12, 13, 14]:

Средняя протяженность трассы – 2469 м.

Прокладка 1 метра стального газопровода – 2 010 руб.

Прокладка 1 метра ПЭ газопровода – 457 руб.

Разница – 1553 руб.

Стоимость прокладки для стального газопровода – 4962690 руб.

Стоимость прокладки для ПЭ газопровода – 1128333 руб.

Разница – 3834357 руб.

Выводы:

– Получен альтернативный метод оптимизации трассировки газораспределительной сети;

– Выявлены факторы, влияющие на конфигурацию оптимальной газораспределительной сети: используемый материал труб, объемы потребления газа абонентами сети, количество ступеней регулирования по давлению газа, месторасположение потребителей и условия их подключения к источнику газоснабжения;

–Показано то, что при оптимальном выборе трассировки газовых сетей достигается существенный экономический эффект.

Список библиографических ссылок

1. Бадагуев Б.Т. Газовое хозяйство. – М.: Альфа-Пресс, 2013. – 232 с.
2. Бузырев В.В. Экономика строительства. – СПб.: Лидер, 2009. – 410 с.
3. Гольянов А.И. Газовые сети и газохранилища. – Уфа: МНГ, 2004. – 303 с.
4. Домокеев А.Г. Строительные материалы. – М.: Высшая школа, 1989. – 496 с.
5. Ионин А.А. Газоснабжение. – М.: Стройиздат, 1989. – 489 с.
6. Нехаев Г.А. Проектирование и расчет стальных цилиндрических резервуаров и газгольдеров низкого давления. – М.: Изд-во АСВ, 2005. – 216 с.
7. Сватков А.М., Тройненко Н.Ю., Жуков А.Д. Современные строительные материалы. – М.: НТС Стройинформ, 2007. – 704 с.
8. Чернов М.М. Изделия и материалы для индивидуального строительства. – М.: Стройиздат, 1990. – 448 с.
9. Шурайц А.Л. Каргин В.Ю., Вольнов Ю.Н. Газопроводы из полимерных материалов. – Саратов: Волга – XXI век, 2007. – 612 с.
10. Яковлев Р.Н. Новые методы строительства. – М.: Аделант, 2009. – 480 с.
11. Протасов В.Ю. Максимумы и минимумы в геометрии. – М.: МЦНМО, 2005. – 56 с.
12. Магистральные трубопроводы. СП 86.13330.2014. – М.: ПГ-пресс, 2014. – 208 с.
13. Барышева О.Б., Садыков Р.А., Батюшков Н.Ю. Разработка оптимизированного метода построения трассировки газораспределительной сети // Chronos, 2016, № 4. – С. 14-18.
14. Барышева О.Б., Садыков Р.А., Батюшков Н.Ю. Оптимизация трассировки газораспределительной сети низкого давления // Современное строительство и архитектура, 2016, № 3. – С. 25-28.

Barysheva O.B. – candidate of technical sciences, associate professor
E-mail: obbars@mail.ru
Sadykov R.A. – doctor of technical sciences, professor
E-mail: sadykov_r_a@mail.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Optimization of the gas distribution network configuration

Resume

The advancing growth of gas consumption over the pace of development of gas distribution networks and, as a consequence, their work in off-design conditions, leading to frequent violations of modes of gas supply, as well as the high accident rate associated with aging assets of the fuel and energy complex in the gas supply market determine the relevance of a number of research problems, pursuing mostly the optimization goal.

Presents the most frequently applied method of constructing the optimal configuration of the network capabilities the results of their application.

Received an alternative method of optimizing the trace gas distribution network.

The factors affecting the optimal configuration of gas distribution network: the used material of the pipes, the volume of gas consumption by subscribers of the network, the number of steps for adjusting the gas pressure, the location of consumers and their under-preparation to the source of the gas.

It is shown that at the optimal choice of trace gas networks achieved significant economic effects.

Keywords: gas distribution network, configuration, optimization, method, algorithm, efficient use of energy resources.

Reference list

1. Badaguev B.T. Gas economy. – M.: Alpha-Press, 2013. – 232 p.
2. Buzyrev V.V. Construction Economics. – SPb.: Leader, 2009. – 410 p.
3. Golianov A.I. Gas networks and gas storage facilities. – Ufa: MNG, 2004. – 303 p.
4. Domokeev A.G. Construction Materials. – M.: Higher School, 1989. – 496 p.
5. Ionin A.A. Gas supply. – M.: Stroyizdat, 1989. – 489 p.
6. Nekhaev G.A. Design and calculation of steel cylindrical tanks and low-pressure gas tanks. – M.: ASV, 2005 – 216 p.
7. Svatkov A.M., Troynenko N.Yu., Zhukov A.D. Modern building materials. – M.: NTS Stroyinform, 2007. – 704 p.
8. Chernov M.M. Products and materials for individual construction. – M.: Stroyizdat, 1990. – 448 p.
9. Shurayts A.L., Kargin V.Yu., Volnov Yu.N. Gas pipelines made of polymer materials. – Saratov: Volga – XXI vek, 2007. – 612 p.
10. Yakovlev R.N. New methods of construction. – M.: Adelant, 2009. – 480 p.
11. Protasov V.Yu. Highs and lows in geometry. – M.: MCNMO, 2005. – 56 p.
12. Pipelines. SP 86.13330.2014. – M.: PG-press, 2014. – 208 p.
13. Baryshev O.B., Sadykov R.A., Batyushkov N.Yu. Development of an optimized method of construction of the trace gas distribution network // Chronos, 2016, № 4. – P. 14-18.
14. Barysheva O.B., Sadykov R.A., Batyushkov N.Yu. Optimize the trace gas distribution network of low pressure // Sovrevennoe stroitelstvo i arkhitektura, 2016, № 3. – P. 25-28.

УДК 697.92
Бройда В.А. – кандидат технических наук, доцент
E-mail: broida@mail.ru
Закамский С.О. – студент
E-mail: stas.zakamsky@gmail.com
Сафиуллин Ф.Ф. – аспирант
E-mail: fanfagsaf@rambler.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

Экспериментальное исследование устройства с турбинкой для стабилизации расхода вентиляционного воздуха

Аннотация

Выполнено экспериментальное исследование модели новой конструкции устройства с турбинкой, предназначенного для стабилизации расхода вентиляционного воздуха. На стенде проведены замеры потери давления в модели устройства при определенных скоростях воздуха в канале и углах поворота турбинки α. Измерены вращательные моменты от воздействия воздушного потока на турбинку. Результаты представлены в виде зависимости коэффициента потери давления в устройстве ζ от угла поворота и коэффициента k, характеризующего вращательный момент. Полученные данные могут быть использованы для конструирования и расчета подобных устройств, ограничивающих возрастание расхода воздуха в системах вентиляции.

Ключевые слова: экспериментальное исследование, расход воздуха, стабилизирующее устройство, турбинка, потери давления.

Введение

В системах вентиляции с механическим и естественным побуждением в силу различных причин (разрегулировка системы, отключение смежных участков, изменение гравитационного давления) может изменяться располагаемое давление, действующее на отдельных участках или на всю систему. При этом часто на некоторых участка или во всей системе происходит возрастание расхода воздуха относительно расчетной величины. Увеличение расхода воздуха может сопровождаться возникновением шума, увеличением затрат электроэнергии, а в холодный период года – ростом затрат на нагревание излишнего количества воздуха. Последний фактор особенно существенен при работе естественных вытяжных систем, которые очень широко используются в зданиях различного назначения.

Имеется значительное количество отечественных и зарубежных конструкций устройств для стабилизации расхода воздуха [1-6 и др.], некоторые из которых, в основном зарубежные доведены до серийного производства и представлены на ранке [5, 6 и др.].

Принципы действия таких устройств разнообразны, но чаще всего используется давление набегающего потока воздуха на воспринимающий элемент, выполненный, например, в виде пластины, которая под действием возрастающего скоростного давления перемещается в канале, уменьшает проходное сечение и возвращает расход воздуха к расчетному значению.

В данной работе проведено аэродинамическое исследование нового стабилизирующего устройства с турбинкой, представленного в патенте [3].

Целью исследования является получение основных характеристик, достаточных для технической разработки устройства для стабилизации расхода воздуха, предназначенного для установки в каналах заданных размеров, определенного диапазона изменения давлений и расходов воздуха.

Основная часть

В рассматриваемом устройстве стабилизации расхода воздуха [3], элементом воспринимающим давление набегающего воздушного потока является восьмилопастная турбинка, с плавно изменяющимся углом атаки лопастей, конечное значение которого

составляет 40^0. Турбинка поворачиваясь вместе с осью, поворачивает подвижный диск сегментного клапана, уменьшающего сечение канала для прохода воздуха. Сегментный клапан составлен из двух соосных дисков, поворачивающегося и неподвижного. В дисках имеются прорези в виде 3 сегментов с центральным углом 60^0 у каждой. Поворот турбинки возможен в пределах угла одного сегмента клапана, в данной модели это 60^0. При этом состояние клапана меняется от максимально открытого для прохода воздуха до практически полностью закрытого (рис. 1). В исследуемой модели угол поворота определяется по градуировке на подвижном диске сегментного клапана и дублированной градуировке на нити, связывающей сегмент клапана с динамометром.

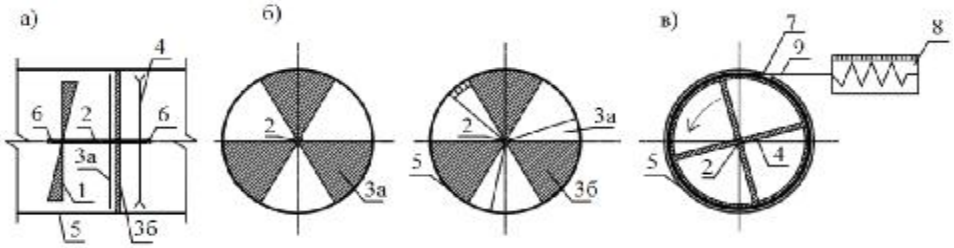


Рис. 1. Схема образца устройства, стабилизирующего расход вентиляционного воздуха:
а – схема устройства; б – сегментный клапан; в – измерение момента вращения;
1 – турбинка; 2 – ось; 3 – сегментный клапан (3а – подвижный диск и 3б – неподвижный диск);
4 – шкив с желобком для нити; 5 – воздуховод; 6 – опоры; 7 – отверстие в воздуховоде,
8 – динамометр, 9 – нить

В действующем стабилизирующем устройстве угол поворота турбинки и сегментного клапана ограничивает упругий элемент.

Для замера вращательного момента на ось насажен шкив, к которому крепится нить, связанная с динамометром. По показаниям динамометра, зная радиус шкива можно вычислить вращательный момент, создаваемый воздушным потоком на турбинке. Сам шкив представляет собой тонкий диск, по краю которого имеется желоб для нити. В диске имеются большие проемы для свободного прохода воздушного потока.

В исследовании находятся зависимости сопротивления устройства и возникающего на турбинке вращательного момента от динамического давления потока в канале и от угла поворота турбинки с сегментным клапаном.

Экспериментальное исследование проводилось на стенде, показанном на рис 2. Методика замеров и обработки результатов традиционная [7].

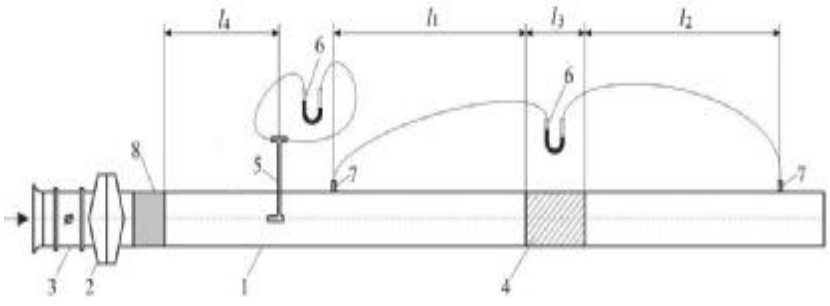


Рис. 2. Схема экспериментального стенда
для исследования аэродинамических характеристик стабилизирующего устройства:
1 – воздуховод d=160 мм, 2 – вентилятор, 3 – дроссель-клапан, 4 – модель устройства,
5 – пневмометрическая трубка, 6 – микроманометр, 7 – штуцер для отбора статического давления,
8 – пластины, предотвращающие вращение воздушного потока за вентилятором,
l_1=223 мм и l_2=1570 мм – участки выравнивания поля скоростей до и после модели устройства,
l_3=324 мм – место установки модели устройства,
l_4=1800 мм – участок выравнивания потока перед пневмометрической трубкой

В ходе экспериментов расход воздуха изменялся дроссель-клапаном 3. При различных углах поворота сегментного клапана α, с помощью двухканальной пневмометрической трубки, присоединенной к микроманометру, определялось динамическое давление $P_{Д_ОС}$ на оси круглого канала с выровненным полем скорости. Затем определялась скорость на оси канала:

$$v_{ОС}=1{,}29\sqrt{P_{Д_ОС}}\,, \quad (1)$$

далее вычислялась средняя по сечению скорость воздуха в канале:

$$v_{СР}=0{,}81\cdot v_{ОС}, \quad (2)$$

и по ее значению рассчитывалось условное среднее динамическое давления:

$$P_{Д_СР}=\rho\cdot(v_{СР})^2/2, \quad (3)$$

где ρ – плотность воздуха, при температуре ~ 20 ^{0}С ρ =1,2 кг/м^3.

Величина расхода воздуха L определялась по формуле:

$$L = v_{СР}\cdot(\pi\cdot d^2/4), \quad (4)$$

где d – диаметр воздуховода, d =0,160 м.

При каждом положении дроссель-клапана и угле поворота сегментного клапана α измерялся перепад статического давления между штуцерами $P_{ШТ}$.

Чтобы более точно рассчитать потерю давления в самом стабилизирующем устройстве $P_{УС}$, из измеренного перепада давления $P_{ШТ}$ вычитались линейные потери давления на участках l_1, l_2 и l_3, которые определялись общепринятым методом расчета удельных потерь давления R по известному диаметру канала d и средней скорости $v_{СР}$.

$$P_{УС}=P_{ШТ}-(l_1+l_2+l_3)\cdot R. \quad (5)$$

Затем рассчитывался коэффициент потери давления в устройстве ζ по формуле:

$$\zeta = P_{УС}/P_{Д_СР}. \quad (6)$$

Соответственно каждому расходу воздуха, устанавливаемому с помощью дроссель-клапана, и углу поворота сегментного клапана α по динамометру определялось усилие U, оказываемое потоком на турбинку. Вращательный момент M можно рассчитать исходя из измеренного усилия U и величины диаметра шкива $d_Ш$, который близок к d ($d_Ш$ =0,156 м).

$$M = U\cdot d_Ш/2. \quad (7)$$

С другой стороны вращательный момент M можно оценить, основываясь на воздействии аэродинамических сил на турбинку по формуле:

$$M = k\cdot P_{Д_СР}\cdot(\pi\cdot(d_T)^2/4)\cdot d_T/2, \quad (8)$$

где d_T – внешний диаметр турбинки, d_T=0,158 м.

Затем, рассчитывается коэффициент k, характеризующий вращательный момент M, вызываемый потоком воздуха, который здесь отнесен к среднему динамическому давлению, к площади фронтального сечения турбинки, к половине диаметра турбинки.

Откуда:

$$k=(U\cdot d_Ш)/(P_{Д_СР}\cdot\pi\cdot(d_T)^3/4). \quad (9)$$

По результатам замеров и выполненных расчетов построен график зависимости $\zeta=f(\alpha)$, показанный на рис. 3.

Зависимость коэффициента потери давления в устройстве ζ от угла поворота сегментного клапана α в исследованном диапазоне изменения угла α достаточно хорошо аппроксимируется экспоненциальной функцией:

$$\zeta =27{,}22\cdot e^{0{,}0176\cdot\alpha}, \quad (10)$$

максимальная относительная погрешность не превышает 9 %.

Рассчитанная по приведенным выше зависимостям величина коэффициента k, приближенно описывается линейной функцией:

$$k =2{,}4-0{,}0186\cdot\alpha. \quad (11)$$

Зависимость коэффициента k от угла α, по-видимому, связана с некоторой несимметричностью проточной части устройства, которая формируется изменяющимся положением сегмента, открытого для прохода воздуха, и неизменным положением стоек, на которые опирается ось турбинки и сегментного клапана.

Полученные зависимости (10) и (11) составляют основу расчета геометрически подобных устройств для стабилизации расхода вентиляционного воздуха рассмотренного типа.

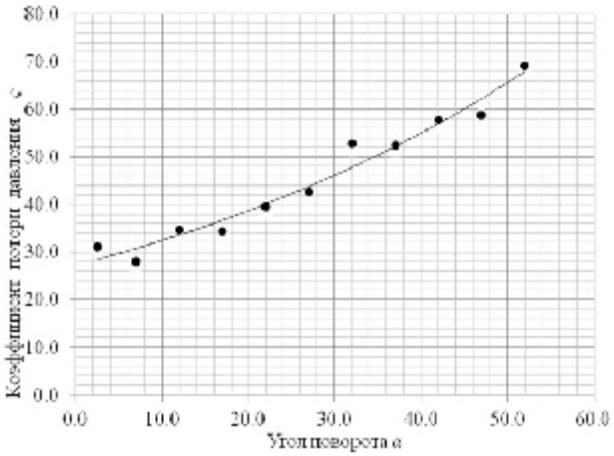


Рис. 3. График зависимости $\zeta = f(\alpha)$:
точками показаны опытные значения; линия соответствует формуле (10)

Экспериментальное исследование показало, что данная конструкция устройства обладает достаточно большим начальным аэродинамическим сопротивлением. Так при полностью открытом положении сегментного клапана α=0 величина ζ=26, при средней скорости воздуха, например, в сечении канала вытяжной естественной системы v=1 м/с, потери давления в устройстве составят 15,6 Па. Поэтому дальнейшее направление работы должно включать в себя возможное усовершенствование проточной части устройства для снижения его начального аэродинамического сопротивления.

Впрочем, имеющиеся на рынке стабилизирующие устройства обычно работают в диапазоне перепада давления на них от 40 до 250 Па и более.

Заключение

На основе экспериментального исследования модели устройства для стабилизации расхода вентиляционного воздуха, предложенного в [3], получены зависимости, необходимые для расчета и конструирования таких устройств. На базе полученных зависимостей и с учетом сферы применения, например, естественные вытяжные системы вентиляции, в дальнейшем необходимо разработать упругий элемент, входящий в конструкцию такого устройства.

Устройства, стабилизирующие расход вентиляционного воздуха обеспечивают значительную экономию тепловой энергии, например, в системах вытяжной естественной вентиляции, поэтому их применение экономически обосновано [8].

Список библиографических ссылок

1. Запорно-регулирующее устройство: пат. 2547602 Рос. Федерация. № 2011118166/12; заявл. 05.05.11; опубл. 10.10.12. Бюл. № 28. – 7 с.
2. Энергосберегающий регулятор расхода воздуха систем естественной вентиляции: пат. 2527725 Рос. Федерация. № 2013115179/12; заявл. 04.04.13; опубл. 10.09.14. Бюл. № 25. – 2 с.
3. Устройство стабилизации расхода воздуха: пат. 2541295 Рос. Федерация. № 2013124553/12; заявл. 28.05.13; опубл. 10.02.15. Бюл. № 4. – 2 с.
4. Устройство стабилизации расхода воздуха пат. 2547602 Рос. Федерация. № 2013151943/12; заявл. 21.11.13; опубл. 10.04.15. Бюл. № 10. – 4 с.
5. RDA регулятор постоянного расхода воздуха // системаир-москва.рф: вентиляционное оборудование Systemair. 2012. URL: http://системаир-москва.рф/catalog/rda_postoyannogo_rashoda (дата обращения: 15.09.2016).
6. Клапаны постоянного расхода воздуха NOIZZLESS модель AIRFIX // abok.ru: Некоммерческое Партнерство «АВОК». 2015. 12 июля. URL: http://www.abok.ru/news.php?id=2730 (дата обращения: 15.09.2016).

7. Талиев В.Н. Аэродинамика вентиляции. – М.: Стройиздат, 1979. – 295 с.
8. Бройда В.А. Экономия тепловой энергии за счет стабилизации расхода естественной вытяжной вентиляции // Известия вузов. Строительство, 2012, № 10. – С. 54-58.

Broyda V.A. – candidate of technical sciences, associate professor
E-mail: broida@mail.ru
Zakamsky S.O. – student
E-mail: stas.zakamsky@gmail.com
Safiullin F.F. – post-graduate student
E-mail: fanfagsaf@rambler.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Experimental study of the device with impeller for ventilation air consumption stabilization

Resume

An experimental study of a new design model of the device with the impeller, which is intended to stabilize the ventilation air flow, is done. The main elements of the device are: impeller, perceiving the impact of air flow, connected to segment valve, which regulates device resistance and an elastic member that restricts the angle of rotation of the impeller with valve. On the stand measured the pressure loss in a model of the device at certain air speeds in the channel and angles α of rotation of the impeller with a segment valve. Rotational moments from the air flow effect on the impeller, are measured. Results are presented as the dependence of the pressure loss factor of coefficient ζ of the device and the steering angle and ratio k, which characterizes the rotational moments. The results are shown as the formulas and graphs. Relative error is within 9 %.

The obtained data can be used for designing and calculating geometrically similar devices. Stabilization of ventilation air consumption, for example, in natural exhaust ventilation systems reduces significantly the cost of heat energy to heat of an excessive amount of air, that provides expediency of investments in such devices.

Keywords: experimental study, air flow, the device for stabilization, impeller, pressure loss.

Reference list

1. Shut-off and regulating device: patent 2547602 of the Russian Federation. № 2011118166/12; It is declared 05.05.11; it is published 10.10.12. The bulletin № 28. – 7 p.
2. Energy-saving flow rate control systems, natural ventilation: patent 2527725 of the Russian Federation. № 2013115179/12; It is declared 04.04.13; it is published 10.09.14. The bulletin № 25. – 2 p.
3. Device for air supply stabilization: patent 2541295 of the Russian Federation. № 2013124553/12; It is declared 28.05.13; it is published 10.02.15. The bulletin № 4. – 2 p.
4. Device for air supply stabilization: patent 2547602 of the Russian Federation. № 2013151943/12; It is declared 21.11.13; it is published 10.04.15. The bulletin № 10. – 4 p.
5. RDA constant air flow regulator // системаир-москва.рф: ventilation equipment Systemair. 2012. URL: http://системаир-москва.рф/catalog/rda_postoyannogo_rashoda (reference date: 15.09.2016).
6. Valves constant airflow NOIZZLESS model AIRFIX // abok.ru: Noncommercial Partnership «AVOK», 2015, 12 july. URL: http://www.abok.ru/news.php?id=2730 (reference date: 15.09.2016).
7. Taliev V.N. Aerodynamics of ventilation. – M.: Stroyizdat, 1979. – 295 p.
8. Broyda V.A. Heat savings based on air flow rate stabilization of natural ventilation // Izvestija vuzov, Stroitelstvo, 2012, № 10. – P. 54-58.

УДК 532.5:621.694
Вачагина Е.К. – доктор технических наук
E-mail: vachaginae@mail.ru
Казанский Научный Центр Российской Академии Наук
Адрес организации: 420111, Россия, г. Казань, ул. Лобачевского, д. 2/3
Золотоносов Я.Д. – доктор технических наук, профессор
E-mail: zolotonosov@mail.ru
Мустакимова С.А. – ведущий программист
E-mail: mustakim@kgasu.ru
Крутова И.А. – аспирант
E-mail: iraida_knyazeva@mail.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

Определение эквивалентного диаметра винтовых каналов типа «конфузор-диффузор»

Аннотация

В настоящей работе предложена методика определения площади живого сечения, смоченного периметра и эквивалентного диаметра для инновационных винтовых теплообменных элементов типа «конфузор-диффузор».

Предложенная авторами статьи методика расчета эквивалентного диаметра основывается на использовании параметрических уравнений винтовых поверхностей, что дает возможность производить инженерные расчеты серии теплообменных аппаратов на основе теплообменных элементов сложной геометрической формы типа «конфузор-диффузор».

Ключевые слова: гидродинамика, теплообмен, каналы типа «конфузор-диффузор», ковариантные и контравариантные компоненты скорости, линии тока, вторичные течения.

Каналы типа «конфузор-диффузор» применяются в промышленности в качестве устройств, интенсифицирующих теплообмен [1-11].

Поверхность такого канала образована движением треугольного профиля вдоль винтовой линии с шагом S, лежащей на поверхности цилиндра радиусом r_0.

Уравнение границ винтового канала типа «конфузор-диффузор» может быть получено на основании представленного выше его определения:

$$\begin{cases} x_1 = \left(r_0 + \dfrac{h \cdot q}{S} \right) \cos t \\ y_1 = \left(r_0 + \dfrac{h \cdot q}{S} \right) \sin t, \\ z_1 = a\,q + t\dfrac{S}{2p} \end{cases} \qquad 0 \le q \le S,\ 0 \le t \le \pi k, \qquad (1)$$

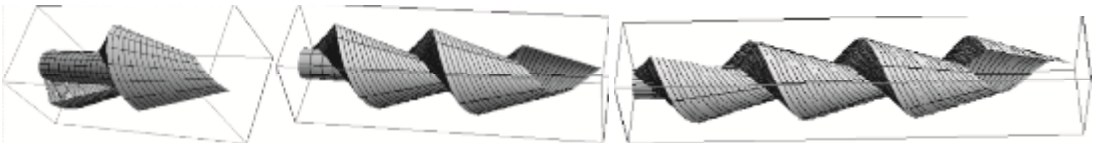
$$\begin{cases} x_2 = \left(r_0 + h - \dfrac{h \cdot q}{S} \right) \cos t \\ y_2 = \left(r_0 + h - \dfrac{h \cdot q}{S} \right) \sin t, \\ z_2 = (1-a)\,q + a\,S + t\dfrac{S}{2p} \end{cases} \qquad 0 \le q \le S,\ 0 \le t \le \pi k, \qquad (2)$$

где h – высота треугольного профиля $\alpha = S_1/S$; S_1 – проекция левой стороны треугольника на ось z.

Уравнение поверхности цилиндра радиусом r_0:

$$\begin{cases} x_0 = r_0 \cos t, \\ y_0 = r_0 \sin t, \\ z_0 = qk \end{cases} \qquad 0 \le q \le S,\ 0 \le t \le \pi k. \qquad (3)$$

Параметрическое уравнение (1) определяет первую геликоидальную поверхность, (2) – вторую геликоидальную поверхность, (3) – цилиндрическую поверхность. На рис. 1 представлена поверхность винтового канала типа «конфузор-диффузор», полученная с помощью параметрических уравнений (1)-(2) и цилиндрическая поверхность (3).



а) б) в)

Рис. 1. Винтовой канал типа «конфузор-диффузор»,
построенный с помощью параметрических уравнений (1)-(3):
а) один виток, б) два витка, в) три витка

Для определения характеристик поперечного сечения удобно перейти к другим параметрам, один из которых определяет расстояние от начала координат по оси канала. Полагая $z = a\,q + t\dfrac{S}{2p} = q^3$, $q^2=q$, получим новое параметрическое уравнение этих же геликоидальных поверхностей вида:

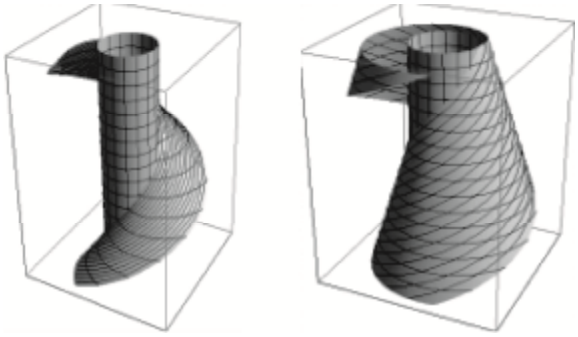
$$\begin{cases} x_1 = \left(r_0 + hq^2\right)\cos\left[2p\left(q^3 / S - q^2 a\right)\right] \\ y_1 = \left(r_0 + hq^2\right)\sin\left[2p\left(q^3 / S - q^2 a\right)\right], \\ z_1 = q^3 \end{cases} \qquad 0 \le q^2 \le 1,\ 0 \le q^3 \le S, \qquad (4)$$

$$\begin{cases} x_2 = \left(r_0 + h - hq^2\right)\cos\left[2p\left(1 - a + q^3 / S - q^2\left(1 - a\right)\right)\right] \\ y_2 = \left(r_0 + h - hq^2\right)\sin\left[2p\left(1 - a + q^3 / S - q^2\left(1 - a\right)\right)\right], \\ z_2 = q^3 \end{cases} \qquad 0 \le q^2 \le 1,\ 0 \le q^3 \le S, \qquad (5)$$

Параметрическое уравнение цилиндрической поверхности может быть выражено через эти же параметры:

$$\begin{cases} x_0 = r_0 \cos\left(2p\,q^3 / S\right) \\ y_0 = r_0 \sin\left(2p\,q^3 / S\right), \\ z_0 = q^2 S \end{cases} \qquad 0 \le q^2 \le 1,\ 0 \le q^3 \le S, \qquad (6)$$

На рис. 2а, б представлены геликоидальные поверхности винтового канала типа «конфузор-диффузор», полученные с помощью параметрических уравнений (4)-(5) вместе с цилиндрической поверхностью (6).



а) б)

Рис. 2. Геликоидальные поверхности вместе с цилиндрической поверхностью (6):
а – согласно уравнению (4); б – согласно уравнению (5)

На рис. 3 представлена поверхность винтового канала типа «конфузор-диффузор», полученная с помощью параметрических уравнений (4)-(5) совместно с цилиндрической поверхностью (6), выраженной через те же параметры, что и геликоидальные поверхности (4) и (5).

а) б)

Рис. 3. Винтовой канал типа «конфузор-диффузор»,
построенный с помощью параметрических уравнений (4)-(6): а) два витка, б) три витка

Найдем уравнение границы поперечного сечения канала, полагая в (4) и (5) $z=0$:

$$\begin{cases} x_1 = \left(r_0 + hq^2\right)\cos\left[-2p\,a\,q^2\right] \\ y_1 = \left(r_0 + hq^2\right)\sin\left[-2p\,a\,q^2\right] \end{cases}, \qquad 0 \le q^2 \le 1, \qquad (7)$$

$$\begin{cases} x_2 = \left(r_0 + h - hq^2\right)\cos\left[2p\left(1-a-q^2(1-a)\right)\right] \\ y_2 = \left(r_0 + h - hq^2\right)\sin\left[2p\left(1-a-q^2(1-a)\right)\right] \end{cases}, \qquad 0 \le q^2 \le 1. \qquad (8)$$

На рис. 4 построены границы поперечных сечений для различных значений $\alpha = S_1/S$; r_0=0,3; h=0,5.

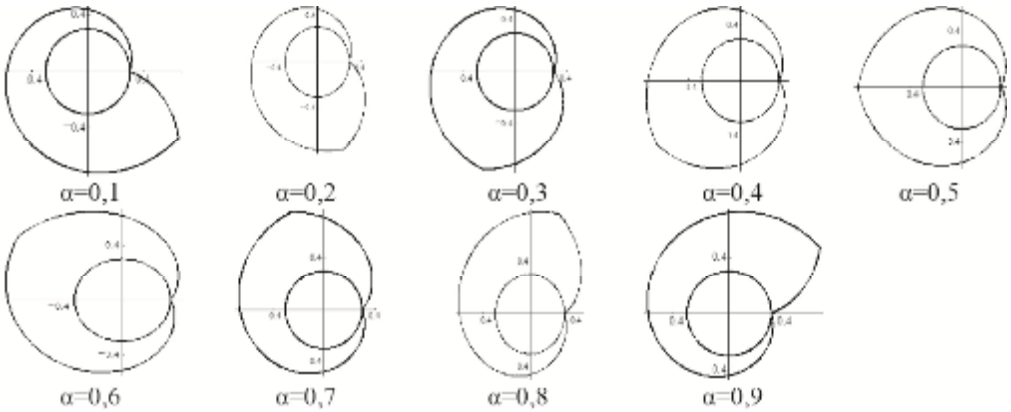


Рис. 4. Поперечные сечения винтового канала типа «конфузор-диффузор»
для r_0=0,3; h=0,5, различных значениях α при z=0

На рис. 5 представлены поперечные сечения винтового канала типа «конфузор-диффузор» для α =0,2; r_0=0,3; h=0,5 и различных значений z.

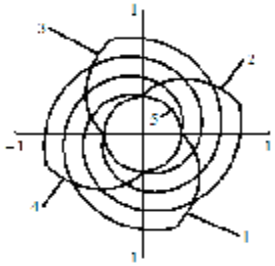


Рис. 5. Поперечные сечения канала для α =0,2; r_0=0,3; h=0,5 и различных значениях продольной координаты z: 1 – z=0; 2 – $z=S/4$; 3 – $z=S/2$; 4 – $z=3S/4$; 5 – граница поперечного сечения цилиндра

Для определения площади поперечного сечения и периметра канала перейдем к полярным координатам для первой геликоидальной поверхности (4):

$$\varphi = -2\pi\alpha q^2,$$

$$\begin{cases} x_1 = \left(r_0 + hq^2\right)\cos\left[-2p\,a\,q^2\right] \\ y_1 = \left(r_0 + hq^2\right)\sin\left[-2p\,a\,q^2\right] \end{cases}, \qquad 0 \le q^2 \le 1, \tag{9}$$

$$r_1(j) = \left(r_0 - \frac{hj}{2p\,a}\right), \qquad -2\pi\alpha \le \varphi_1 \le 0,$$

для второй геликоидальной поверхности (5):

$$\varphi = 2\pi(1 - q^2(1-\alpha)),$$

$$\begin{cases} x_2 = \left(r_0 + h - hq^2\right)\cos\left[2p\left(1 - a - q^2(1-a)\right)\right] \\ y_2 = \left(r_0 + h - hq^2\right)\sin\left[2p\left(1 - a - q^2(1-a)\right)\right] \end{cases}, \qquad 0 \le q^2 \le 1, \tag{10}$$

$$r_2(j) = \left(r_0 + \frac{j\,h}{2p\,(1-a)}\right), \qquad 0 \le \varphi \le 2\pi(1-\alpha).$$

Полученные уравнения (9) и (10) определяют границы поперечного сечения винтового канала типа «конфузор-диффузор», которые получаются при подстановке $z=0$ в уравнения соответствующих геликоидальных поверхностей (4) и (5).

Найдем площадь, ограниченную первой и второй кривыми по стандартной формуле:

$$F = \frac{1}{2}\int_{-2p\alpha}^{0} r_1^{\,2}(j)\,dj + \frac{1}{2}\int_{0}^{2p(1-a)} r_2^{\,2}(j)\,dj,$$

которая, после подстановки в неё (9, 10) может быть приведена к виду:

$$F = p\left(r_0 + h\right)^2\left[\frac{r_0^{\,2}}{\left(r_0 + h\right)^2} + \frac{r_0 h}{\left(r_0 + h\right)^2} + \frac{1}{3}\frac{h^2}{\left(r_0 + h\right)^2}\right].$$

Обозначая:

$$d = \frac{r_0}{r_0 + h},\ \frac{h}{r_0 + h} = 1 - d, \tag{11}$$

получим:

$$\frac{F}{\left(r_0 + h\right)^2} = \frac{p}{3}\left[1 + d + d^2\right]. \tag{12}$$

Как показывает (12), относительная площадь живого сечения $F/(r_0+h)^2$ зависит только от одного параметра δ.

Найдем периметр границы канала по стандартной формуле:

$$P = \int_{-2p\alpha}^{0}\sqrt{\left(\frac{d\,r_1(j)}{dj}\right)^2 + \left(r_1(j)\right)^2}\,dj + \int_{0}^{2p(1-a)}\sqrt{\left(\frac{d\,r_2(j)}{dj}\right)^2 + \left(r_2(j)\right)^2}\,dj. \tag{13}$$

Подставляя в (13) выражения (9)-(10) после некоторых преобразований, получим:

$$P = -\frac{pa\left(r_0 + h\right)^2}{h}\left\{\frac{r_0}{\left(r_0 + h\right)}\sqrt{\frac{h^2}{4p^2a^2\left(r_0 + h\right)^2} + \frac{r_0^{\,2}}{\left(r_0 + h\right)^2}} - \sqrt{\frac{h^2}{4p^2a^2\left(r_0 + h\right)^2} + 1}\right\} -$$

$$-\frac{h}{4pa}\left\{\ln\left[\frac{\left(\frac{r_0}{\left(r_0 + h\right)} + \sqrt{\frac{h^2}{4p^2a^2\left(r_0 + h\right)^2} + \frac{r_0^{\,2}}{\left(r_0 + h\right)^2}}\right)}{\left(1 + \sqrt{\frac{h^2}{4p^2a^2\left(r_0 + h\right)^2} + 1}\right)}\right]\right\} + \frac{p\,(1-a)\left(r_0 + h\right)^2}{h} \times$$

$$\times\left\{\sqrt{\frac{h^2}{4p^2(1-a)^2\left(r_0 + h\right)^2} + 1} - \frac{r_0}{\left(r_0 + h\right)}\sqrt{\frac{h^2}{4p^2(1-a)^2\left(r_0 + h\right)^2} + \frac{r_0^{\,2}}{\left(r_0 + h\right)^2}}\right\} +$$

$$+\frac{h}{4p\left(1-a\right)}\ln\left[\frac{\left(1+\sqrt{\frac{h^2}{4p^2\left(1-a\right)^2\left(r_0+h\right)^2}+1}\right)}{\left(\frac{r_0}{\left(r_0+h\right)}+\sqrt{\frac{h^2}{4p^2\left(1-a\right)^2\left(r_0+h\right)^2}+\frac{r_0^2}{\left(r_0+h\right)^2}}\right)}\right].$$

Используя (11) и обозначая $a^2=\frac{h^2}{4p^2\left(r_0+h\right)^2}=\frac{\left(1-d\right)^2}{4p^2}$, после некоторых преобразований, имеем:

$$\frac{P}{\left(r_0+h\right)}=\frac{p}{\left(1-d\right)}\times\left\{\left(1-a\right)\sqrt{\frac{a^2}{\left(1-a\right)^2}+1}-d\left(1-a\right)\sqrt{\frac{a^2}{\left(1-a\right)^2}+d^2}-ad\sqrt{\frac{a^2}{a^2}+d^2}+a\sqrt{\frac{a^2}{a^2}+1}\right\}+$$

$$+\frac{\left(1-d\right)}{4p\left(1-a\right)a}\left\{a\ln\left[\frac{\left(1+\sqrt{\frac{a^2}{\left(1-a\right)^2}+1}\right)}{\left(d+\sqrt{\frac{a^2}{\left(1-a\right)^2}+d^2}\right)}\right]-\left(1-a\right)\ln\left[\frac{\left(d+\sqrt{\frac{a^2}{a^2}+d^2}\right)}{\left(1+\sqrt{\frac{a^2}{a^2}+1}\right)}\right]\right\}. \qquad (14)$$

Из (14) следует, что в отличие от площади живого сечения относительный смоченный периметр $P/(r_0+h)$ зависит уже от двух параметров α и δ.

Для определения эквивалентного диаметра воспользуемся стандартной формулой. $D_{экв}=4F/P$.

Подставляя F из (12) и P из (14), получим:

$$\frac{D_{экв}}{\left(r_0+h\right)}=\frac{4p\left[1+d+d^2\right]}{3\frac{P}{\left(r_0+h\right)}}, \qquad (15)$$

где $P/(r_0+h)$ определяется из (14).

Ниже приведены, рассчитанные по формулам (12)-(14) величины площади F, периметра P и эквивалентного диаметра D для некоторых конкретных значений δ, α.

а) δ=5/8; α=0,2;

$F/(r_0+h)^2$=2,11076; $P/(r_0+h)$=5,1903; $D_{экв}/(r_0+h)$ =1,62669.

б) δ=1/6; α=2/3;

$F/(r_0+h)^2$=1,25082; $P/(r_0+h)$=4,11829; $D_{экв}/(r_0+h)$ =1,21489.

в) δ=3/8; α=0,2;

$F/(r_0+h)^2$=1,58716; $P/(r_0+h)$=4,590992; $D_{экв}/(r_0+h)$ =1,38284.

г) δ=5/6; α=0,2;

$F/(r_0+h)^2$=2,110752; $P/(r_0+h)$=5,190299; $D_{экв}/(r_0+h)$ =1,62669.

д) δ=5/6; α=2/3;

$F/(r_0+h)^2$=2,64708; $P/(r_0+h)$=5,77045; $D_{экв}/(r_0+h)$ =1,83492.

На рис. 6 представлены зависимости эквивалентного диаметра $D_{экв}/(r_0+h)$ от $\delta=r_0/(r_0+h)$ при различных значениях $\alpha=l_1/S$.

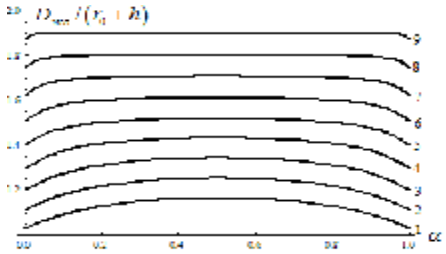


Рис. 6. Зависимость эквивалентного диаметра $D_{экв}/(r_0+h)$ от $\alpha=l_1/S$ при различных значениях $\delta=r_0/(r_0+h)$:
1–δ=0,1; 2–δ=0,2; 3–δ=0,3; 4–δ=0,4; 5–δ=0,5; 6–δ=0,6; 7–δ=0,7; 8–δ=0,8; 9–δ=0,9

На рис. 7 представлены зависимости эквивалентного диаметра $D_{экв}/(r_0+h)$ от $\alpha=l_1/S$ при различных значениях $\delta=r_0/(r_0+h)$.

Представленные на графиках зависимости $D_{экв}/(r_0+h)$ от параметров α и δ показывает симметричность этой зависимости относительно прямой $\alpha=0,5$, слабую его зависимость от переменной α и практически линейную зависимость от δ.

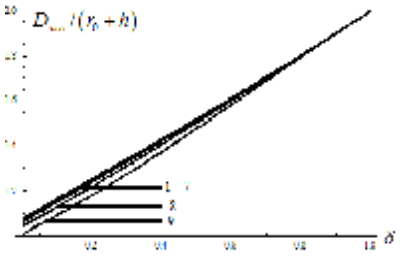


Рис. 7. Зависимость эквивалентного диаметра $D_{экв}/(r_0+h)$ от $\delta=r_0/(r_0+h)$ при различных значениях $\alpha=l_1/S$:
1–α=0,1; 2–α=0,2; 3–α=0,3; 4–α=0,4;5–α=0,5;6–α=0,6; 7–α=0,7; 8–α=0,8; 9–α=0,9

В таблице представлены численные значения рассчитанных эквивалентных диаметров для некоторых значений определяющих параметров α=0,1.

Таблица

Эквивалентный диаметр $D_{экв}/(r_0+h)$

	δ=0	δ=0,1	δ=0,2	δ=0,3	δ=0,4	δ=0,5	δ=0,6	δ=0,7	δ=08	δ=0,9
α=0,1	1,0096	1,0933	1,1813	1,2750	1,3740	1,4773	1,5831	1,6896	1,7952	1,8988
α=0,2	1,0434	1,1302	1,2195	1,3118	1,4068	1,5038	1,6020	1,7010	1,8004	1,9001
α=0,3	1,0632	1,1512	1,2401	1,3302	1,4216	1,5145	1,6089	1,7048	1,8020	1,9005
α=0,4	1,0736	1,1621	1,2505	1,3389	1,4283	1,5191	1,6118	1,7064	1,8027	1,9006
α=0,5	1,0769	1,1655	1,2536	1,3416	1,4302	1,5204	1,6126	1,7068	1,8029	1,9007
α=0,6	1,0736	1,1621	1,2505	1,3389	1,4283	1,5191	1,6118	1,7064	1,8027	1,9006
α=0,7	1,0632	1,1512	1,2401	1,3302	1,4216	1,5145	1,6089	1,7048	1,8020	1,9005
α=0,8	1,0434	1,1302	1,2195	1,3118	1.4068	1.5038	1,6020	1,7010	1,8004	1,9001
α=0,9	1,0096	1,0933	1,1813	1,2749	1,3740	1,4773	1,5831	1,6896	1,7952	1,8988

Пусть имеется две трубы внешняя и внутренняя, между которыми двигается поток жидкости.

Для внешней трубы имеем площадь F_0 и периметр P_0, тогда ее эквивалентный диаметр рассчитывается по формуле $D_{0=}4F_0/P_0$. Для внутренней трубы имеем площадь F_i и периметр P_i, тогда ее эквивалентный диаметр рассчитывается по формуле $D_{i=}4F_i/P_i$. Для межтрубного пространства имеем площадь $F_0=F_0-F_i$ и периметр $P_0=P_0-P_i$. Эквивалентный диаметр рассчитываем по формуле:

$$D_{экв} = 4F / P = D_0 \frac{P_0}{P_0 + P_i} - D_i \frac{P_i}{P_0 + P_i}. \qquad (16)$$

Список библиографических ссылок

1. Теплообменный элемент: пат. на полезную модель 126812 Рос. Федерация. № 2012142635/06; заявл. 05.10.12; опубл 10.04.13. Бюл. № 10.
2. Змеевиковый теплообменный элемент: пат. на полезную модель 126813 Рос. Федерация. № 2012148492/06; заявл. 14.11.12; опубл 10.04.13. бюл. № 10.
3. Теплообменный элемент: пат. на полезную модель 140683 на полезную модель Рос. федерация.№ 2013154131/06; заявл. 05.12.13. опубл. 20.05.14. бюл. № 14.
4. Теплообменный элемент: пат. на полезную модель Рос. Федерация 146241. № 2014116289; заявл. 22.94.14. опубл. 10.15.14. бюл. № 28.
5. Теплообменный элемент: пат. на полезную модель 164319 Рос. Федерация № 2015134595; заявл. от 17.08.15. опубл 28.07.16. бюл. № 24.
6. Митрофанова О.В. Гидродинамика и теплообмен закрученных потоков в каналах ядерно-энергетических установок. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2010. – 288 с.

7. Назмеев Ю.Г. Гидродинамика и теплообмен закрученных потоков реологически сложных сред. – М.: Энергоатомиздат, 1966. – 368 с.
8. Гортышов Ю.Ф. Теплогидродинамическая эффективность перспективных способов интенсификации теплоотдачи в каналах теплообменного оборудования. Интенсификация теплообмена. – Казань: Центр инновационных технологий, 2009. – 531 с.
9. Мигай В.К., Быстров П.Г. Интенсификация теплообмена в волнистых трубах. Теплоэнергетика. – М., 1976, № 11. – С. 74-76.
10. Вачагина Е.К., Золотоносов А.Я., Золотоносов Я.Д. Гидродинамическая структура потока при течении вязких жидкостей во вращающихся конфузор-диффузорных каналах // Известия РАН. Механика жидкости и газа, 2016, № 4. – С. 21-25.
11. Souza Mendes P., Sparrow E.M. Periodically converging-diverging tubes and their turbulent heat transfer, pressure drop, fluid flow, and enhancement characteristics. Journal of heat transfer, vol. 106. – P. 55-63.

Vachagina E.K. – doctor of technical sciences
E-mail: vachaginae@mail.ru
Kazan Scientific Center of Russian Academy of Sciences
The organization address: 420111, Russia, Kazan, Lobachevsky st., 2/3
Zolotonosov Ya.D. – doctor of technical sciences, professor
E-mail: zolotonosov@mail.ru
Mustakimova S.A. – leading programmer
E-mail: mustakim@kgasu.ru
Krutova I.A. – post-graduate student
E-mail: iraida_knyazeva@mail.ru
Kazan State University of Architecture and Civil Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

The definition of the equivalent diameter of the screw channels of «confuser-diffuser» type

Resume

Heat transfer equipment is widely applied in systems of industrial heat power engineering and industrial technologies in various industries.

Currently, the creation of intensified heat transfer equipment is a very actual problem. One of the ways of solving this problem is the use of heat-exchange elements, ensuring the twist of the flow of fluid, and in particular, the screw pipe type «confuser-diffuser». As you know, these channels showed a high effectiveness as modulators of convective heat transfer in experimental studies.

Correct calculation of heat exchangers is a fundamental task for the engineer.

The results of experiments to determine the hydraulic resistance and the amount transferred through the heat exchange surface of heat, as is known, the generalized criterion equations, which as a typical size used is equivalent diameter.

The article is devoted to the method of calculating the equivalent diameter of the screw pipe of type «confuser-diffuser».

In this paper we have obtained expressions for the description of the boundaries of the cross section of the channel. The formulas to calculate the wetted perimeter, cross-sectional area and equivalent diameter is interesting from a practical point of view. The results of this work can be used in the design and calculation of a new intensified heat transfer equipment.

Keywords: hydrodynamics, heat transfer, channels of the type «confuser-diffuser», covariant and contravariant components of velocity, streamlines, secondary flows.

Reference list

1. The heat exchange element: patent 126812 of the Russian Federation. № 2012142635/06; It is declared 05.10.12; it is published 10.04.13. The bulletin № 10.

2. Coil heat exchange element: patent 126813 of the Russian Federation. № 2012148492/06; It is declared 14.11.12; it is published 10.04.13. The bulletin № 10.
3. The heat exchange element: patent 140683 of the Russian Federation. № 2013154131/06; It is declared 05.12.13; it is published 20.05.14. The bulletin № 14.
4. The heat exchange element: patent 146241 of the Russian Federation. № 2014116289; It is declared 22.94.14; it is published 10.15.14. The bulletin № 28.
5. The heat exchange element: patent 164319 of the Russian Federation. № 2015134595; It is declared 17.08.15; it is published 28.07.16. The bulletin № 24.
6. Mitrofanova O.V. Fluid flow and heat transfer of swirling flows in channels of nuclear power plants. – M.: FIZMATLIT, 2010. – 288 p.
7. Nazmeev J.G. Hydrodynamics and heat transfer of swirling flows reologicheskie complex environments. – M.: Energoatomizdat, 1966. – 368 p
8. Gortyshov Y.F. Heathydrodynamic efficiency of the perspective ways of intensification of heat transfer in channels of heat transfer equipment. Intensification of heat transfer. – Kazan: Center for innovative technology, 2009. – 531 p.
9. Migay V.K., Bystrov P.G. Intensification of heat transfer in a wavy pipe // Heat power engineering. 1976, № 11. – P. 74-76.
10. Vachagina E.K., Zolotonosov A.Ja., Zolotonosov Ya.D. Hydrodynamic flow structure in the flow of viscous fluids in a rotating confuser-diffuser channels // Izvestiya RAN. Mekhanika zhidkostey i gazov, 2016, № 4. – P. 21-25.
11. Souza Mendes P., Sparrow E.M. Periodically converging-diverging tubes and their turbulent heat transfer, pressure drop, fluid flow, and enhancement characteristics // Journal of heat transfer, № 106. – P. 55-63.

УДК 697.1(107), 697.03:5(107)
Замалеев З.Х. – кандидат технических наук, доцент
Валиуллин М.А. – кандидат технических наук, доцент
E-mail: posohin@kgasu.ru
Димиева А.И. – студент
E-mail: a.dimieva@bk.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

Исследование теплотехнических и гидравлических характеристик внутрипольных конвекторов с естественной конвекцией

Аннотация

В общественных и административных зданиях с большой площадью остекления используются внутрипольные конвекторы, как с естественной, так и с вынужденной конвекцией.

При использовании вновь разработанных конвекторов указанного типа важно знать теплотехнические и гидравлические характеристики приборов. В работе экспериментально определяются вышеуказанные характеристики внутрипольных конвекторов марки КОВ с естественной конвекцией. Полученные данные необходимы проектировщикам систем отопления.

Ключевые слова: внутрипольный конвектор, естественная конвекция, тепловая мощность, потери давления.

В настоящее время при проектировании систем отопления административных и общественных зданий с большой площадью остекления широкое применение в качестве отопительных приборов находят внутрипольные конвекторы, как с естественной, так и вынужденной конвекцией. Конвекторы данного типа имеют широкий размерный ряд, стандартное подключение допускает использование любой запорной и регулировочной арматуры. Использование конвекторов возможно в однотрубных и двухтрубных отопительных системах; допускается боковое, нижнее и сквозное подключение к системам отопления.

Таким образом, возникает необходимость создания базы данных теплотехнических и гидравлических характеристик этих приборов, которые могут быть получены в результате эксперимента. Решение данной задачи и является цель данной работы.

Для оценки теплотехнических и гидравлических характеристик были проведены исследования теплоотдачи и потери давления целого ряда внутрипольных конвекторов с естественной конвекцией «КОВ 1000»-«КОВ 2500». Характеристики опытных образцов конвекторов приведены в табл. 1.

Исследования проводились на установке, описание которой и методика проведения эксперимента были представлены в [1, 2].

Эксперименты по определению теплоотдачи конвекторов проводились при следующих расходах теплоносителя $G_{пр}$ = 120, 200 и 280 кг/час.

Величина температурного напора изменялась в следующих пределах $\Delta t_{ср}$ = 40, 50 и 60 °С.

Тепловой поток внутрипольного конвектора при любых расходах и температурных напорах определялся по формуле:

$$Q_{пр} = Q_{ном} \cdot (\Delta t_{ср}/70)^{1+n} (G_{пр}/360)^{P}, \quad (1)$$

где $Q_{пр}$ – тепловой поток конвектора, Вт; $Q_{ном}$ – номинальный тепловой поток конвектора, Вт; $\Delta t_{ср} = (t_{вх} + t_{вых})/2 - t_{в}$ – температурный напор; $t_{вх}$ – температура теплоносителя на входе в конвектор; $t_{вых}$ – температура теплоносителя на выходе из конвектора; $t_{в}$ – расчетная температура внутреннего воздуха помещения; $G_{пр}$ – расход теплоносителя в конвекторе, кг/час; 70 °С и 360 кг/ч – номинальные значения $\Delta t_{ср}$ и $G_{пр}$.

Таблица 1

Марка	**Длина корпуса** м/п	**Общая длина трубы** (d15mm – медь) **теплообменника** м/п (с учетом калачей)	**Общая площадь трубы** м^2	**Кол-во пластин на теплообменнике** (0,1 м/п трубы = 22 пластины)	**Размер пластин, мм** (толщина 0,03 mm)	**Общая площадь нагрева** м^2
«КОВ 1000» (1 м*0,3 м)	1	3,2	0,15072	154	195×50	1,65222
«КОВ 1100» (1,1 м*0,3 м)	1,1	3,6	0,16956	176	195×50	1,88556
«КОВ 1200» (1,2 м*0,3 м)	1,2	4	0,1884	198	195×50	2,1189
«КОВ 1300» (1,3 м*0,3 м)	1,3	4,4	0,20724	220	195×50	2,35224
«КОВ 1400» (1,4 м*0,3 м)	1,4	4,8	0,22608	242	195×50	2,52558
«КОВ 1500» (1,5 м*0,3 м)	1,5	5,2	0,24492	264	195×50	2,81892
«КОВ 1600» (1,6 м*0,3 м)	1,6	5,6	0,26376	286	195×50	3,05226
«КОВ 1700» (1,7 м*0,3 м)	1,7	6	0,2826	308	195×50	3,2856
«КОВ 1800» (1,8 м*0,3 м)	1,8	6,4	0,30144	330	195×50	3,51894
«КОВ 1900» (1,9 м*0,3 м)	1,9	6,8	0,32028	352	195×50	3,75228
«КОВ 2000» (2 м*0,3 м)	2,0	7,2	0,33912	374	195×50	3,98562
«КОВ 2100» (2,1 м*0,3 м)	2,1	7,6	0,35796	396	195×50	4,21896
«КОВ 2200» (2,2 м*0,3 м)	2,2	8	0,3768	418	195×50	4,4523
«КОВ 2300» (2,3 м*0,3 м)	2,3	8,4	0,39564	440	195×50	4,68564
«КОВ 2400» (2,4 м*0,3 м)	2,4	8,8	0,41448	462	195×50	4,91898
«КОВ 2500» (2,5 м*0,3 м)	2,5	9,2	0,43332	484	195×50	5,15232

Для установления значений показателей степени «n» и «P» использовалась стандартная методика обработки опытных данных в логарифмических координатах. По результатам испытаний получены следующие значения этих показателей n = 0,6, P = 0,3.

Тепловая мощность конвекторов при различных расходах теплоносителя определялась по формуле:

$$Q_{пр} = c_p G_{пр} (t_{вх} - t_{вых}), \quad (2)$$

где c_p – удельная теплоемкость теплоносителя; $G_{пр}$ – расход теплоносителя в приборе.

Полученные значения тепловых потоков данного ряда конвекторов приведены в табл. 2.

Гидравлические испытания по определению потерь давления проводились по методике [3, 4]. Полученные результаты представлены на рис. 1, 2.

Таблица 2

Марка	$Q_{пр}$, Вт									$Q_{ном}$, Вт
	$G_{пр}$ = 120 кг/ч			$G_{пр}$ = 200 кг/ч			$G_{пр}$ = 280 кг/ч			
	$\Delta t_{ср}$= 40°С	$\Delta t_{ср}$= 50°С	$\Delta t_{ср}$= 60°С	$\Delta t_{ср}$= 40°С	$\Delta t_{ср}$= 50°С	$\Delta t_{ср}$= 60°С	$\Delta t_{ср}$= 40°С	$\Delta t_{ср}$= 50°С	$\Delta t_{ср}$= 60°С	
«КОВ 1000» (1 м*0,3 м)	86	267	336	189	271	362	191	2763	365	472
«КОВ 1100» (1,1 м*0,3 м)	207	297	397	210	301	403	212	304	407	525
«КОВ 1200» (1,2 м*0,3 м)	232	332	443	235	337	450	238	340	455	587
«КОВ 1300» (1,3 м*0,3 м)	245	351	4770	240	356	476	251	360	481	621
«КОВ 1400» (1,4 м*0,3 м)	265	380	508	270	385	515	272	389	521	672
«КОВ 1500» (1,5 м*0,3 м)	282	404	540	287	410	548	300	415	555	715
«КОВ 1600» (1,6 м*0,3 м)	303	434	580	308	440	590	310	445	595	768
«КОВ 1700» (1,7 м*0,3 м)	322	460	616	327	468	625	330	473	635	816
«КОВ 1800» (1,8 м*0,3 м)	340	488	650	345	493	660	348	498	666	860
«КОВ 1900» (1,9 м*0,3 м)	357	512	684	363	519	695	366	525	701	905
«КОВ 2000» (2 м*0,3 м)	375	537	718	381	545	729	384	550	736	950
«КОВ 2100» (2,1 м*0,3 м)	394	564	754	400	572	7658	404	578	772	997
«КОВ 2200» (2,2 м*0,3 м)	413	591	791	419	600	810	423	606	810	1046
«КОВ 2300» (2,3 м*0,3 м)	430	616	824	437	625	836	440	631	845	1090
«КОВ 2400» (2,4 м*0,3 м)	448	642	858	455	651	870	460	657	880	1135
«КОВ 2500» (2,5 м*0,3 м)	466	667	892	473	677	905	478	684	915	1180

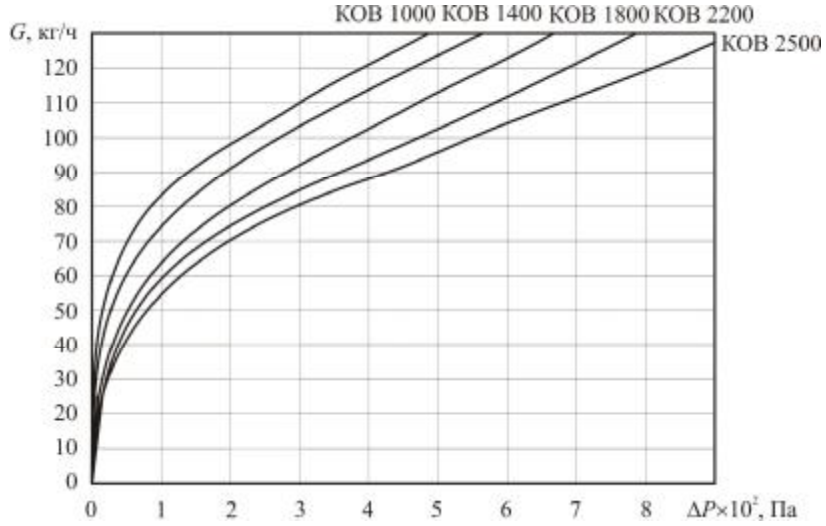


Рис. 1.

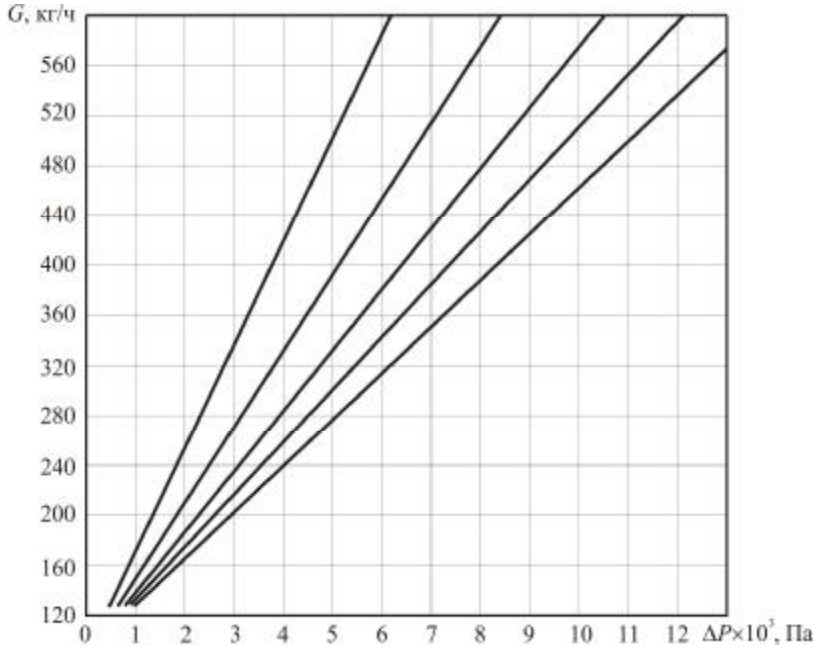


Рис. 2.

Полученные значения теплотехнических и гидравлических характеристик могут быть использованы при проектировании различных систем отопления.

Список библиографических ссылок

1. Замалеев З.Х., Валиуллин М.А. Исследование теплоотдачи конвекторов «АККОРД-М» с кожухом // Известия КазГАСА, 2004, № 1 (2). – С. 85-88.
2. Методика определения номинального теплового потока отопительных приборов при теплоносителе воде. НИИ сантехники. – М., 1984. – 26 с.
3. Гилязов Д.Г., Валиуллин М.А. Исследование гидравлических характеристик приборных узлов из медных труб // Известия КГАСУ, 2011, № 1 (15). – С. 127-131.
4. Ганс Росс. Гидравлика систем водяного отопления. 5-е изд. – СПб., 2009. – 365 с.
5. Замалеев З.Х., Посохин В.Н., Чефанов В.М. Основы гидравлики и теплотехники. – СПб.: Издательство «Лань», 2014. – 352 с.
6. Староверов И.Г., Шиллер Ю.И. Справочник проектировщика. Внутренние санитарно-технические устройства. Отопление. – М.: Стройиздат, 1990. – 344 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.

Zamaleev Z.Kh. – candidate of technical sciences, associate professor
Valiullin M.A. – candidate of technical sciences, associate professor
E-mail: posohin@kgasu.ru
Dimieva A.I. – student
E-mail: a.dimieva@bk.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Research on thermal and hydraulic characteristics of floor convectors with free convection

Resume

In recent years a new type of convectors with both natural and forced convectors enters into the market of domestic heating appliances. The constructive solution of that heating device allows using it in designing of heating systems for buildings with the increased glass area and enhanced humidity levels.

One of the basic characteristics of any thermal heating device is its heat emission, which magnitude mainly depends on its design features. In addition, the magnitude of the heat flow also depends from temperature loads and flow rate of heat transfer agent through the device. The numerical values of these quantities are necessary in carrying out of thermal calculation of heating appliances in the designing of heating system. In the modern reference literature such data for the floor convectors are absent.

One of the major problems in designing of heating systems is a hydraulic calculation, which predetermines the correctness of operation of the system. Such calculation is not possible to produce without the numerical values of the hydraulic characteristics of the floor convectors.

In this situation it became necessary to test a series of floor convectors with natural convection.

Keywords floor convector, natural convection, thermal power, pressure losses.

Reference list

1. Zamaleev Z.Kh., Valiullin M.A. Investigation of heat convectors «ACCORD-M» with cover // Izvestiya KGASU 2004, № 1 (2). – P. 85-88.
2. Method of determining the rated thermal flow heaters if the coolant water. SRI plumbing. – M., 1984. – 26 p.
3. Gilyazov D.G., Valiullin M.A. The study of hydraulic characteristics of the instrument components in copper tubing // Izvestiya KGASU 2011, № 1 (15). – P. 127-131.
4. Hans Ross. Hydraulic hot water heating systems. 5th ed. – SPb., 2009. – 365 p.
5. Zamaleev Z.Kh., Posokhin V.N., Chefanov V.M. Fundamentals of hydraulics and heating equipment. – SPb.: «Lan» Publishing House, 2014. – 352 p.
6. Staroverov I.G., Schiller Y.I. Designer's Handbook. Domestic sanitary devices. Heating. – M.: Stroyizdat, 1990. – 344 p.
7. Pokotilov V.V. Control valves of automated heating and cooling systems. – Vienna: Firm «Herz Armaturen», 2010. – 176 p.
8. Gilyazov D.G., Valiullin M.A. The study of hydraulic resistance of instrument components with copper pipes and three-way-through thermostatic valves // Izvestiya KGASU, 2012, № 1 (19). – P. 89-93.

УДК 66.047.12
Кодылев А.В. – инженер
E-mail: alexey.kodylev@bosh-buderus.ru
ООО «Будерус Отопительная Техника»
Адрес организации: 421001, Россия, г. Казань, ул. Чистопольская, д. 1
Лозинов А.Н. – аспирант
E-mail: a.lozinov@mail.ru
Садыков Р.А. – доктор технических наук, профессор
E-mail: sadykov_r_a@mail ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1

Кинетика конвективной сушки сыпучих и дисперсных строительных материалов в сушильной установке с рекуперацией теплоносителя

Аннотация

В производстве большинства строительных материалов используется конвективный способ сушки в потоке горячего воздуха, который используется как сушильный агент, предварительно нагретый в паровом, электрическом калорифере или рекуперационном теплообменнике. В ряде производств, в качестве сушильного агента, используются продукты сгорания топлива, разбавленные воздухом до необходимой температуры.

В работе проведены экспериментальные исследования кинетики сушки строительного песка и древесных (сосновых) опилок, выполнены необходимые расчеты процесса, оценена целесообразность использования рекуперативной конвективной сушки строительных материалов, построены соответствующие графические зависимости кинетики их сушки, показывающие энергоэффективность предлагаемого способа сушки.

Ключевые слова: рекуперация, теплота, энергосбережение, сушка, материал, конвекция.

Актуальность

В виду длительности процессов естественной сушки в промышленности применяется в основном искусственная сушка материалов в специальных сушильных установках [1-3].

Конкретный способ сушки определяется требованиями к качеству готового продукта, его термо- и ксеролабильностью, относительной влажностью теплоносителя и окружающей среды [4].

Основным параметром, определяющим окончания процесса конвективной сушки, является задаваемая технологами конечная влажность продукта. Однако, точных промышленных влагомеров, работающих в потоке конвективного теплоносителя, в настоящее время мало. Поэтому для оптимального управления процессом сушки, в качестве регулируемых, используются косвенные параметры: относительная влажность и температура сушильного агента, выходящего из сушилки; влажность и температура высушенного продукта, а регулирующим воздействием является количество подводимого тепла (температура, влажность и расход теплоносителя) [5].

Анализ существующего рынка сушильных камер показал, что среди предлагаемых камер 90-95 % классического типа – это конвективные сушильные установки [6]. Их основные преимущества: малые капитальные затраты, достаточная простота сушильного процесса, удобство технического обслуживания.

Основными элементами таких сушилок являются: циркуляционное оборудование (газодувки, вентиляторы), система нагрева (калориферы), система управления (регуляторы) [7].

При росте цен на энергоносители возникает вопрос не только об эффективности процесса высушивания материала, но и учете эксплуатационных затрат. Весь процесс удаления влаги должен мониториться с помощью информационных технологий, что позволит поддерживать оптимальный режим сушки (сведет к минимуму температурные

колебания, как по материалу, так и по теплоносителю, и в итоге приведёт к энергоресурсосбережению) [8, 9].

В этой связи была поставлена задача по усовершенствованию экспериментальной конвективной сушильной установки с подключением ее основных контролируемых параметров к персональному компьютеру и выбору рационального режима процесса сушки исследуемых строительных материалов (строительный песок, опилки для производства орбалита, ряда пористых теплоизоляционных материалов на основе базальта и др.) [10, 11].

Результаты экспериментальных исследований процесса сушки по удалению влаги из рассматриваемых материалов частично представлены в нижеследующих таблицах и графиках.

Таблица 1

Строительный песок (при расходе воздуха 14,4 м^3/час (50Гц))

Время	t1	t2	t3	t4	P1	P2	ф1	ф2
1	75,3	40	47,6	36,1	29,2	5	2,5	15,4
2	75,6	50,6	49,4	37,1	29,1	5	2,5	12,1
3	75,5	62,8	50,9	35,5	28,9	5,1	2,5	9,5
4	75,5	68	51,9	34,4	29	4,9	2,2	7,7
5	75,5	70,4	53,1	33,5	28,8	5	2	6,3
6	75,6	71,8	53,8	33,2	28,8	5	1,8	5,4
7	75,8	72,8	54,6	33	28,8	5	1,7	4,7
8	76,1	73,6	55,2	33	29	5,1	1,7	4
9	76,1	74	55,9	33,2	28,9	5,2	1,6	3,6
10	76,3	74,6	56,4	33,1	28,8	5,3	1,6	3,2
11	76,4	74,9	56,6	33,4	28,9	5,4	1,5	3
12	76,7	75,4	57,3	33,4	29,1	5,5	1,5	2,8
13	76,8	75,8	58	33,6	29	5,6	1,4	2,6
14	77	76,1	58,2	33,4	29	5,6	1,4	2,4
15	77,3	76,2	58,3	33,4	29	5,6	1,4	2,4

Примечание: t1 – температура теплоносителя на входе в сушильную камеру, °С; t2 − температура высушиваемого материала, °С; t3 − температура в камере сушки, °С; t4 − температура теплоносителя на выходе из сушильной камеры °С; P1 − давление на входе в камеру сушки, Па; P2 − давление на выходе из камеры сушки, Па; ф1 − относительная влажность теплоносителя на входе в камеру сушки, %; ф2 − относительная влажность теплоносителя на выходе из камеры сушки, %.

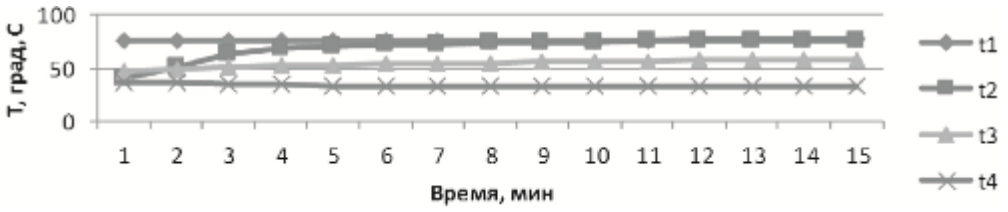


Рис. 1. Кинетика изменения температур

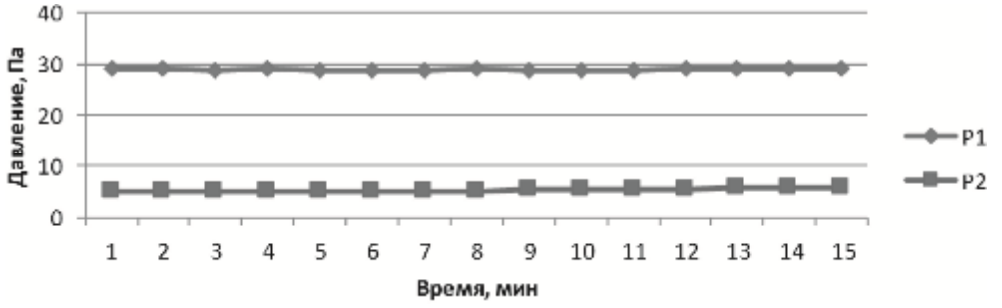


Рис. 2. Кинетика изменения давлений

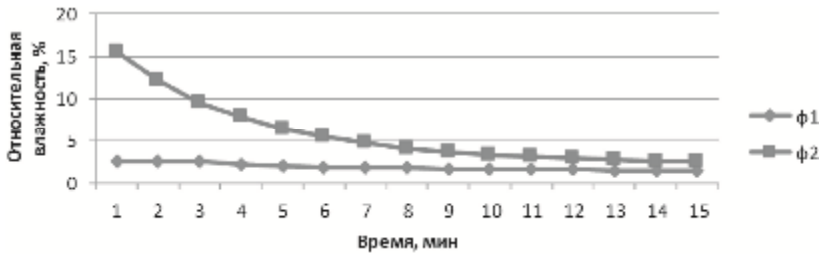


Рис. 3. Кинетика изменения влажности теплоносителя

Таблица 2

Строительный песок (при расходе воздуха 7,2 м^3/час (25Гц))

Время	t1	t2	t3	t4	P1	P2	ф1	ф2
1	98,4	48,5	50,8	50,2	7,4	1,4	1,3	5
2	100,4	82,2	51,1	44,2	10,3	1,4	1,2	8,6
3	100,4	88,1	50,9	44,2	10,3	1,4	1,1	8,3
4	100,6	90,7	52,2	44,3	10,4	1,2	1	7,4
5	100,7	92,2	53,5	44,9	10,4	1,3	1	6,3
6	101,1	93,6	54,9	45,6	10,5	1,2	1	5,4
7	101,1	94,5	55,9	45,8	10,5	1,2	0,9	4,8
8	101,3	96,1	55,8	46,2	10,6	1,2	0,9	4,2
9	101,5	97,3	56,6	46,6	10,6	1,2	0,9	3,8
10	101,4	98,3	56,4	47,1	10,7	1,2	0,9	3,4
11	101,5	99,2	56,6	46,8	10,7	1	0,8	3,1
12	102	100,1	57,6	47,4	10,8	1,1	0,9	2,8
13	102,5	100,7	58,5	47,7	10,8	1,1	0,8	2,6
14	102,9	101,4	58,9	47,8	10,8	1,1	0,8	2,5
15	103	101,9	59,3	48,2	10,8	1,1	0,8	2,4

Примечание: t1 – температура теплоносителя на входе в сушильную камеру, °С; t2 − температура высушиваемого материала, °С; t3 − температура в камере сушки, °С; t4 − температура теплоносителя на выходе из сушильной камеры °С; P1 − давление на входе в камеру сушки, Па; P2 − давление на выходе из камеры сушки, Па; ф1 − относительная влажность теплоносителя на входе в камеру сушки, %; ф2 − относительная влажность теплоносителя на выходе из камеры сушки, %

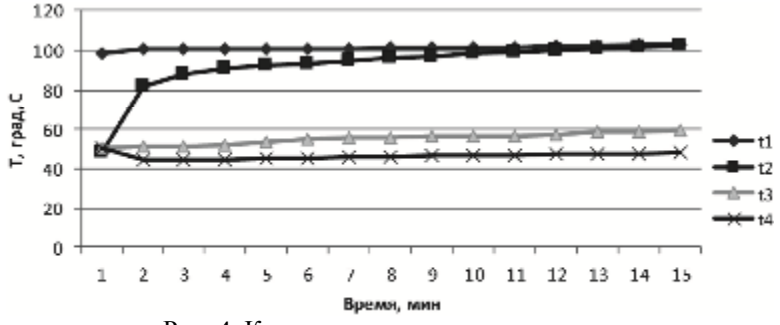


Рис. 4. Кинетика изменения температур

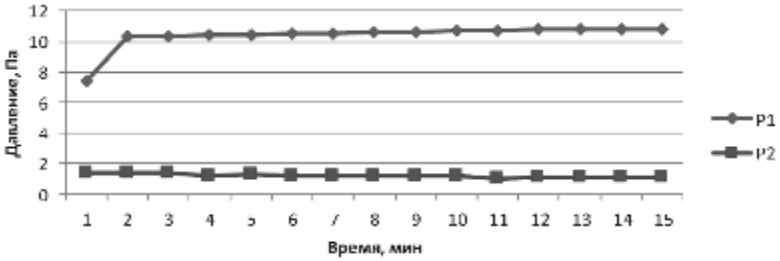


Рис. 5. Кинетика изменения давлений

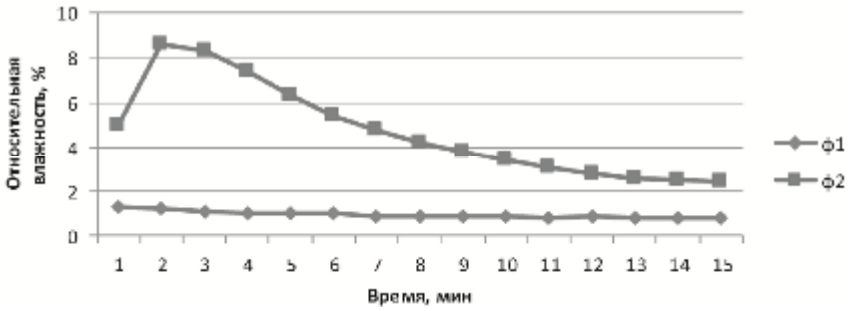


Рис. 6. Кинетика изменения влажности теплоносителя

Время сушки 15 минут. Расход воздуха 14,4 м^3/час. Масса влажного песка составляла 275 граммов, масса сухого − 240 граммов. Итого материал потерял 12,7 % по массе. Сушка протекала в плотнопродуваемом слое. Из графиков влажности теплоносителей видно, что к 11 минуте достигалась допустимая остаточная влажность песка, а температура высушиваемого материала приближалась к температуре теплоносителя.

Время сушки 15 минут. Расход воздуха 7,2 м^3/час. Масса влажного материала составляла 275 граммов, масса сухого – 253 граммов. Итого материал потерял 8 % по массе. Сушка протекала в плотнопродуваемом слое. При расходе теплоносителя равным 7,2 м^3/час не происходит псевдоожижения и как следствие приводит к уплотнению слоя и увеличению относительного перепада давлений. Из графиков относительной влажности теплоносителей видно, что даже при сушке в 15 минут расход воздуха 7,2 м^3/час недостаточен для удаления влаги из строительного песка.

Таблица 3

Сосновые опилки (при расходе воздуха 14,4м^3/час (50Гц))

Время	t1	t2	t3	t4	P1	P2	ф1	ф2
1	78,5	69,4	69,5	61	6,8	2,7	1	4,8
2	79,7	56,7	75,5	64,5	6,8	2,2	1	3,5
3	80,6	66,6	78,9	67,3	6,8	2,3	1	2,5
4	80,7	70,5	80,4	68,7	6,8	2,4	1	1,8
5	81,1	75,4	81,2	69,8	6,8	2,4	1	1,4
6	81,6	75,5	82,1	70,8	6,8	2,4	1	1,2
7	81,6	76,7	82,4	71,3	6,8	2,5	1	1
8	81,3	77,9	82,1	71,3	6,8	2,5	1	1
9	81,8	80,8	82,5	71,6	6,8	2,5	1	0,9

Примечание: t1 – температура теплоносителя на входе в сушильную камеру, °С; t2 − температура высушиваемого материала, °С; t3 − температура в камере сушки, °С; t4 − температура теплоносителя на выходе из сушильной камеры °С; P1 − давление на входе в камеру сушки, Па; P2 − давление на выходе из камеры сушки, Па; ф1 − относительная влажность теплоносителя на входе в камеру сушки, %; ф2 − относительная влажность теплоносителя на выходе из камеры сушки, %.

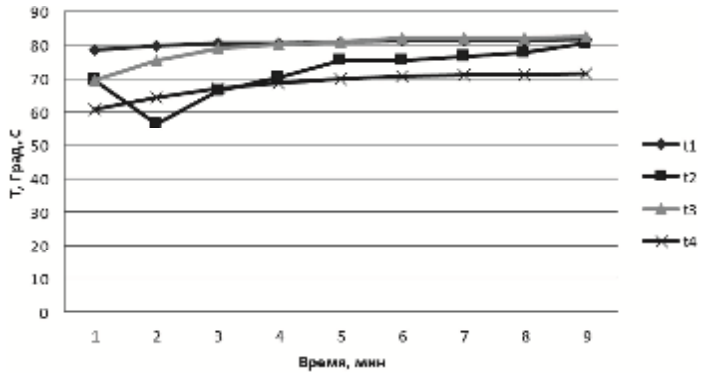


Рис. 7. Кинетика изменения температур

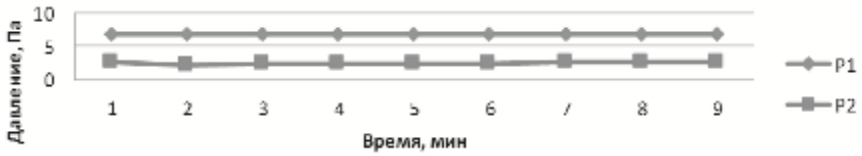


Рис. 8. Кинетика изменения давлений

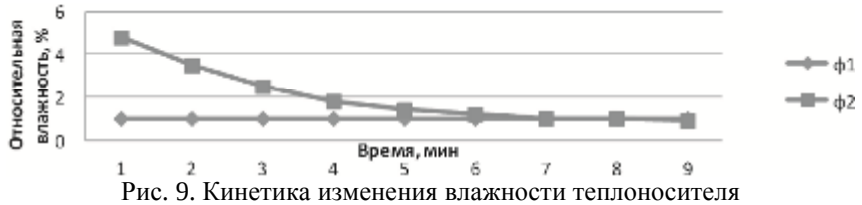


Рис. 9. Кинетика изменения влажности теплоносителя

Таблица 4

Сосновые опилки (при расходе воздуха 7,2м^3/час (25Гц))

Время	t1	t2	t3	t4	P1	P2	ф1	ф2
1	73,5	63,3	63,3	54,9	6,3	3,1	1	4,8
2	76,8	47,2	62,5	54,2	6,7	2,1	1	5,9
3	77,1	55,5	67,8	58,7	6,8	2,4	1	4,7
4	78,4	72	73,5	63	6,8	2,6	1	3,3
5	79,4	77,1	77,2	65	6,8	2,6	1	2,4
6	79,6	81,7	78,3	66,8	6,8	2,7	1	1,7
7	79,8	83,8	80,4	67,9	6,8	2,8	1	1,4
8	80,5	85	81,6	68,8	6,8	2,8	1	1,2

Примечание: t1 – температура теплоносителя на входе в сушильную камеру, °С; t2 – температура высушиваемого материала, °С; t3 – температура в камере сушки, °С; t4 – температура теплоносителя на выходе из сушильной камеры °С; P1 – давление на входе в камеру сушки, Па; P2 – давление на выходе из камеры сушки, Па; ф1 – относительная влажность теплоносителя на входе в камеру сушки, %; ф2 – относительная влажность теплоносителя на выходе из камеры сушки, %.

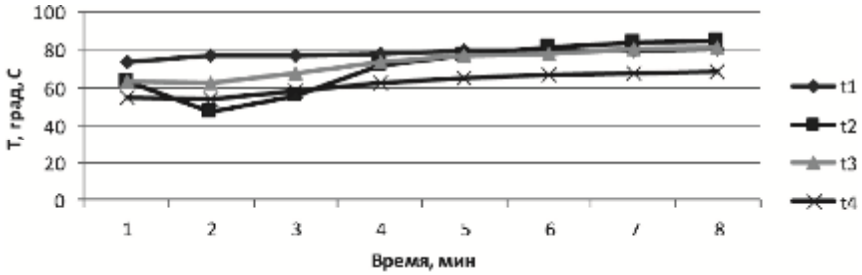


Рис. 10. Кинетика изменения температур

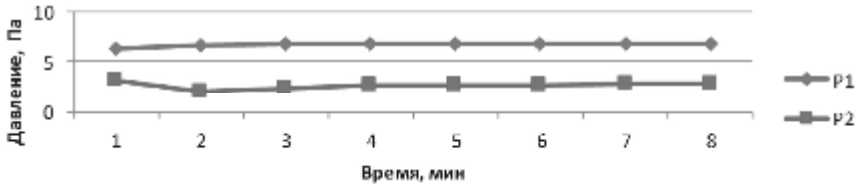


Рис. 11. Кинетика изменения давлений

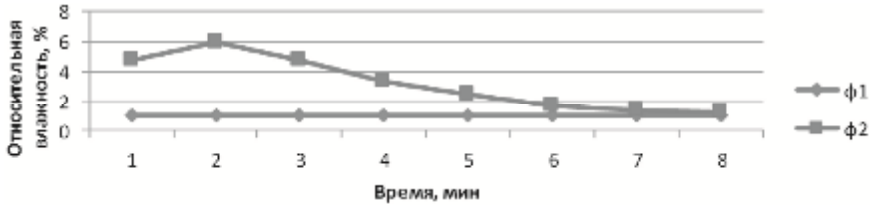


Рис. 12. Кинетика изменения влажности теплоносителя

Время сушки 9 минут. Расход воздуха 14,4 м^3/час. Масса влажного материала 73 граммов, масса сухого – 15 граммов. Потеря по массе составила 79 %.

Время сушки 8 минут. Расход воздуха 7,2 м^3/час. Масса влажного материала 65 граммов, масса сухого – 17 граммов. Потеря по массе составила 74 %.

Заключение

По представленным экспериментальным исследованиям следует, что в процессе сушки строительного песка увеличение скорости сушки достигается за счет увеличения расхода теплоносителя в определенные периоды сушки, тем самым конечное влагосодержание продукта достигается за минимальное время сушки. При сушке древесных опилок эффект от увеличения расхода теплоносителя в рекуперационной установке незначителен, поэтому рациональнее сушить их при более умеренных расходах теплоносителя и получать конечный сухой продукт с минимальными энергоресурсозатратами.

Список библиографических ссылок

1. Садыков Р.А. Процессы переноса при кратковременном контакте фаз (на примере сушки). – Казань: Изд-во КГЭУ, 2004. – 176 с.
2. Голубев Л.Г., Сажин Б.С., Валашек Е.Р. Сушка в химико-фармацевтической промышленности. – М.: Медицина, 1978. – 272 с.
3. Сажин Б.С. Основы техники сушки. – М.: Химия, 1984. – 320 с.
4. Садыков Р.А., Антропов Д.Н. Энергосберегающая технология сушки биоактивных продуктов. – Казань: КГЭУ, 2005. – 172 с.
5. Садыков Р.А., Антропов Д.Н. Оптимальное управление и автоматизация технологии сушки биоактивных продуктов // Известия РАН, серия «Энергетика», 2005, № 6. – С. 85-92.
6. Садыков Р.А., Антропов Д.Н. Теплофизические свойства и кинетика сушки незаменимых аминокислот с учетом состава удаляемой влаги // Материалы XI Российской конференции по теплофизическим свойствам веществ. – СПб., 2012. – С. 97-98.
7. Садыков Р.А. Тепломассоперенос в процессах вакуумной сушки и аппаратурное оформление технологии сушки лабильных биопрепаратов. Дисс… докт. техн. наук. – Казань, 1990. – 517 с.
8. Чернобыльский И.И., Тананайко Ю.М. Сушильные установки химической промышленности. – Изд-во: Техника, 1969. – 280 с.
9. Муштаев В.И., Ульянов В.М. Сушка дисперсных материалов. – М.: Химия, 1988. – 352 с.
10. Сушильные аппараты и установки. Каталог НИИХИММАШ, 3-е изд. – М., 1975.

Kodylev A.V. – engineer
E-mail: alexey.kodylev@bosh-buderus.ru
LTD «Buderus Otopitel'naya Tekhnika»
The organization address: 421001, Russia, Kazan, Chistopolskaya st., 64
Lozinov A.N. – post-graduate student
E-mail: a.lozinov@mail.ru
Sadykov R.A. – doctor of technical sciences, professor
E-mail: sadykov_r_a@mail.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Installation for convective drying loose and dispersed construction materials

Resume

The drying process is one of the most common operations in the production of building materials. Drying may be used as the final stages of production when the finished products are

its stage conditioning properties, and at the stage of raw material preparation, including the purpose of preheating the raw material or modifying its properties.

In the production of most building materials convective drying method used in a hot air stream which is used as a drying agent, preheated in a steam, or an electric heater for the recuperative heat exchanger. In some productions of combustion products used as a drying agent, diluted with air to the required temperature.

For each material or device is necessary to select their own, is not always fixed, the drying regime characterized by optimal coolant for the material parameters (temperature, relative humidity, velocity). These settings must correspond to the optimal conditions under which the material dries out in the shortest possible time while maintaining all the required properties, requirements to the target drying.

In the experimental studies of the kinetics of drying mortar sand and wood (pine) chips, made the necessary calculations of the process, to assess the feasibility of using regenerative convective drying of building materials, built corresponding graphic dependences of drying kinetics, showing the energy efficiency of the process of drying.

Keywords: recovery, heat, energy saving, drying, material, convection.

Reference list

1. Sadykov R.A. Transport processes by brief contact phase (for example, drying). – Kazan: Publishing house KGEU, 2004. – 176 p.
2. Golubev, L.G., Sazhin B.S., Valasek E.R. Drying in the chemical-pharmaceutical industry. – M.: Medetsina, 1978. – 272 p.
3. Sazhin B.S. Basic techniques of drying. – M.: Khimiya, 1984. – 320 p.
4. Sadykov R.A., Antropov D.N. Energy-saving drying technology bioactive products. – Kazan KSPEU, 2005. – 172 p.
5. Sadykov R.A., Antropov D.N. Optimal control and automation technology of drying of bioactive products // Proceedings of RAS, a series of «Energy», 2005, № 6. – P. 85-92.
6. Sadykov R.A., Antropov D.N. Thermal properties and drying kinetics of the essential amino acids with the composition removes moisture // Materials XI Russian conference on thermophysical properties of substances. – SPb., 2012. – P. 97-98.
7. Sadykov R.A. Heat and mass transfer in the process of vacuum drying and drying equipment design technology labile biological preparations. Diss... dokt. tehn. nauk. – Kazan, 1990. – 517 p.
8. Chernobylsky I.I., Tananayko Y.M. Dryers chemical industry: Publishing Tekhnica 1969. – 280 p.
9. Mushtaev V.I., Ulyanov V.M. The drying of dispersed materials. – M.: Khimiya, 1988. – 352 p.
10. Drying equipment and systems. General NIIHIMMASH, 3nd ed. – M., 1975.

УДК 628.315
Андреева С.А. – кандидат технических наук, доцент
E-mail: saandreeva@mail.ru
Хузиахметова К.Р. – студент
E-mail: Karina261996@mail.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

Каталитические методы очистки сточных вод производства стирола и оксида пропилена на действующем предприятии

Аннотация

Статья посвящена исследованию оптимальных условий каталитического распада соединений пероксидов в сточных водах производства стирола и оксида пропилена, обеспечивающих повышение доступности стоков для биодеградации. Показана возможность деструкции пероксидов в нейтральной и кислой среде сточных вод в присутствии катализатора. Исследовано термическое разложение пероксидных соединений с использованием ионов железа Fe(II). Предложенные методы деструкции пероксидов позволяют достигнуть высокой степени очистки стоков от данных компонентов, и использовать в дальнейшей доочистке стоков биологические способы обезвреживания.

Ключевые слова: сточные воды, соединения пероксидов, окисление, катализатор, степень очистки, химический состав, исследования, термическое разложение, металлы переменной валентности, каталитическая активность.

Введение

Сточные воды, сбрасываемые предприятиями в водоемы или на факельное сжигание, создают много экологических проблем. Решение проблемы экологической защиты такими способами и методами становится экономически нецелесообразным, если не сказать жестче – недопустимыми. Ужесточение экологических норм вынуждает предприятие уделять достойное внимание решению проблемы качественной очистки образующихся сточных вод при сбросе их в естественные природные водоемы. Проблемными моментами здесь являются то, что состав стоков многокомпонентный и непостоянный, а также экономические затраты на технологические установки и применяемые реагенты весьма значительны [1, 2]. Кроме этого разнообразие систем очищаемой воды по химическим компонентам в составе и способу их образования вызывает необходимость проведения исследований с учетом условий производства конкретного предприятия.

Основная часть

На производстве стирола и оксида пропилена образуются сточные воды многокомпонентного смеси. Сложность очистки таких стоков связана с высоким содержанием органических составляющих и пероксидных соединений, которые препятствуют очистке стоков на станциях биологической очистки [1 ,2, 3]. В связи с этим был изучен состав сточных вод возникающих на стадии окисления этилбензола. Исследования показали, что перекисные соединения присутствуют в стоках в двух видах – это гидропероксид этилбензола и пероксид водорода.

Пероксиды являются высокоактивными химическими веществами, вследствие чего пагубно воздействуют на активный ил в системе биологической очистки сточных вод. Для исключения уничтожающего воздействия на колонии бактерий и простейших организмов в составе активного ила пероксидсодержащие стоки необходимо обезвреживать в условиях локальной очистки.

Способы, которые достаточно часто используются для очистки сточных вод от перекисных соединений, описаны в литературе [4, 5]. Авторы [6] указывают на то, что в реакциях разложения пероксидов применяются катализаторы. Чаще всего агентом в каталитических комплексах используются металлы, валентность которых переменна. И именно ионы железа проявляют себя наиболее активно в процессах, которые они катализируют.

Необходимо сказать, что исследуемым материалом являлись стоки, образующиеся на базе действующего предприятия. Для эксперимента применялись образцы существующих стоков производства стирола и оксида пропилена с высоким содержанием органических примесей и компонентов пероксидов органического и неорганического происхождения с содержанием в пределах 0,055-0,21 моль/л. В качестве каталитического агента использовался сульфат железа ($FeSO_4$).

Целью работы являлось изучение и подбор условий каталитического окисления пероксидных соединений в сточных водах.

В начале испытаний, на первом этапе экспериментального исследования, изучалось влияние водородного показателя pH среды очищаемой воды на методы каталитического окисления пероксидных компонентов стоков в условиях нормальных температур и барометрического давления с использованием железа в составе каталитического комплекса. Анализ и обработка полученных данных эксперимента первого этапа работы (рис. 1) показали, что пероксидные соединения разлагаются наиболее интенсивно в условиях среды, где водородный показатель сточных вод pH =3 и pH =7. Анализируя результаты хода эксперимента, обнаружено, что скорость разложения соединений пероксидовв среде с повышенным уровнем показателя pH (pH=12) оказалась очень низкой. Неэффективность разложения таких соединений в щелочной среде обоснована переходом иона железа в трехвалентное состояние, в частности в годроксид железа $Fe(OH)_3$. Подтверждением того является выпадение осадка красновато-коричневого цвета, что представляет собой качественную реакцию на ион Fe^{3+}.

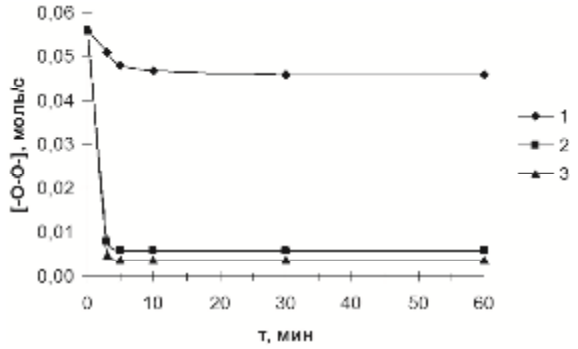


Рис. 1. Кинетические кривые разложения пероксидов в среде сточных вод.
T=20^{0}C, [Fe^{2+}] = $1\cdot10^{-2}$ моль/л: 1 – pH=12; 2 – pH=7; 3 – pH= 3

Таким образом, определив, что результат быстрого разложения перекисных соединений каталитического окисления таких компонентов стоков наиболее высок в кислой и нейтральной среде, последующие исследования проводились на образцах сточных вод с pH=7 и pH=3. На основе этих образцов изучалось влияние содержания ионов железа (Fe^{2+}) в каталитическом комплексе на степень деструкции пероксидов.

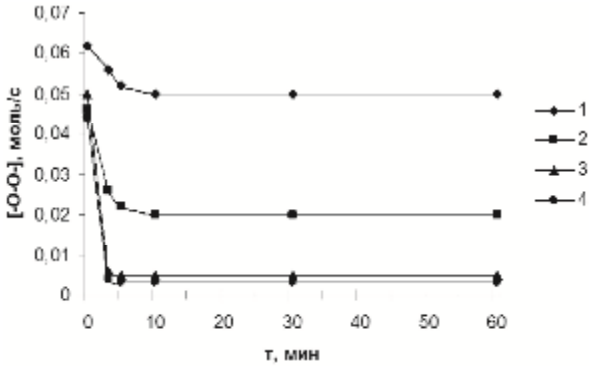


Рис. 2. Кинетические кривые разложения пероксидов в среде сточных вод.
T=20^{0}C, pH= 7, [Fe^{2+}], моль/л: 1 – $1\cdot10^{-3}$; 2 – $5\cdot10^{-3}$; 3 – $1\cdot10^{-2}$; 4 – $5\cdot10^{-2}$

Второй этап эксперимента проводился с образцом сточной воды с pH=7, то есть в нейтральной среде. В ходе эксперимента изучалось и анализировалось изменение содержания каталитического компонента в процессе окисления пероксидных составляющих стока. Основные результаты проведенных экспериментов отображены на рис. 2, из которого видно, что наиболее высокие значения уровня интенсивности разложения пероксидов в условиях каталитического окисления обнаруживаются при мольном соотношении компонентов пероксила и катализатора 1:1.

На третьем этапе исследований изучалось влияние содержания ионов железа (II) на уровень каталитического окисления пероксидных составляющих сточных вод в условиях низкого значения показателя pH (рис. 3). Эксперимент показал, что в сточной воде с низким водородным показателем pH (среда кислая), даже при незначительном содержании компонента катализатора (Fe^{2+}), уровень разложения пероксидов может находиться в пределах 98 %, при условии длительности их окисления катализатором не менее 30 минут, что говорит о том, что каталитическая активность железа значительно выше в кислой среде.

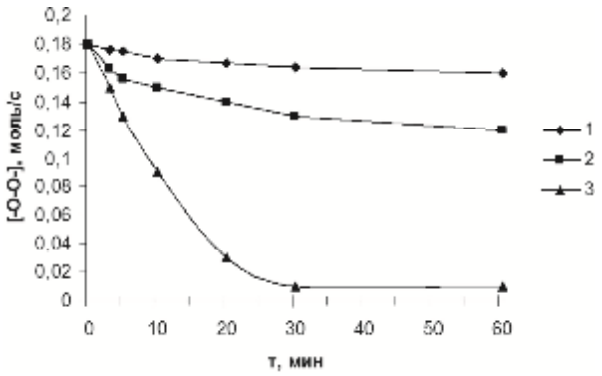


Рис. 3. Кинетические кривые разложения пероксидов в среде сточных вод.
T=20^{0}C, pH= 3, [Fe^{2+}], моль/л: 1 – $1\cdot10^{-3}$; 2 – $5\cdot10^{-3}$; 3 – $1\cdot10^{-2}$

Четвертым этапом эксперимента являлись изучение воздействия повышения уровня температуры на интенсивность окисления перекисных компонентов стоков. Такой эксперимент проводился с образцом стока имеющим кислую реакцию среды (pH=3). Результаты работы отображены в таблице. В ходе проведения экспериментов были изучены и опробованы различные сочетания температуры и концентрации катализатора. Из полученных результатов видно, что катализатор проявляет себя наиболее активно при высоких температурах, так же при высоких концентрациях иона железа и при совместном сочетании высоких температур и высоких концентраций каталитического агента.

Таблица

Влияние температуры и концентрации ионов железа в катализаторе на степень разложения пероксидов в среде сточных вод, [-OO-]=0,21 моль/л, pH=3

Концентрация Fe^{2+}, моль/л	Степень разложения, %		
	10 мин	30 мин	60 мин
T= 25 ^{0}C			
$1\cdot10^{-2}$	9	12	20
$2\cdot10^{-1}$	95	97	97
T= 30 ^{0}C			
$6\cdot10^{-3}$	12	19	
$5\cdot10^{-2}$	90	92	92
T= 50 ^{0}C			
$6\cdot10^{-3}$	29	97	99
$1\cdot10^{-2}$	75	97	99
T= 70 ^{0}C			
$1\cdot10^{-3}$	9	14	18
$6\cdot10^{-3}$	99	100	100

Эксперименты подтвердили, что для эффективной очистки стоков соотношение концентрации катализатора и пероксидов должно быть 1:1. Кроме этого, эксперимент указал на то, что температурное воздействие способствует деструкции пероксидов. Так, например, при температуре 70^0С для 99 % степени разложения достаточно 10-ти минутного температурного воздействия.

Заключение

Был получен ответ на конкретно поставленную задачу добиться устойчивого и полного разложения пероксидов в среде многокомпонентных сточных вод производства стирола о оксида пропилена. При этом изучили влияние содержания каталитического агента и температурного режима.

Оптимальные условия каталитического разложения пероксидов сточных вод образующихся в производстве стирола и оксида пропилена возможны при:

– снижении уровня pH до значений 3-7;

– достижении мольного соотношения концентраций пероксидов и катализатора 1:1;

– термической деструкции пероксидов в условиях каталитического окисления в течение 30 минут.

Это позволит произвести качественную биологическую доочистку сточных вод производства стирола и оксида пропилена от органических соединений методами биодеградации.

Список библиографических ссылок

1. Андреева С.А Хузиахметова К.Р. Комплексный подход к очистке высококонцентрированных сточных вод // Известия КГАСУ, 2015, № 4. – С. 223-230.
2. Бродский В.А., Кондратьева Е.С., Якушин Р.В., Курбатов А.Ю., Артёмкина Ю.М. Анализ перспективных физико-химических методов обработки и обезвреживания воды, содержащей высокотоксичные химические вещества и микроорганизмы // Химическая промышленность сегодня, 2013, № 2. – С. 52-56.
3. Андреева С.А., Наумов С.В Повышение экологической безопасности в решении вопросов очистки стоков. В сборнике: Актуальные проблемы безопасности жизнедеятельности и экологии Сборник научных трудов I Международной научно-практической конференции, 2015. – С. 125-126.
4. Пат. РФ № 2264988 (2005). Способ очистки концентрированных сточных вод. 27.11.2005.
5. Современные технологии очистки природных и сточных вод. – Курск: ЮЗГУ, 2011.
6. Андреева С.А., Гайфуллин А.А., Преображенская Т.Н., Харлампиди Х.Э. Разложение пероксидов в сточных водах. Депонированная рукопись № 1989-В2002 15.11.2002.
7. Гайфуллин А.А., Тунцева С.Н., Гайфуллин Р.А., Преображенская Т.Н., Харлампиди Х.Э. Сравнительная оценка методов разложения пероксидов в сточных водах // Вестник казанского технологического университета, 201, Т. 15, № 18. – С. 40-43.
8. Гайфуллин А.А., Тунцева С.Н., Гайфуллин Р.А. Преображенская Т.Н., Харлампиди Х.Э. Сравнительная оценка методов разложения пероксидов в сточных водах // Вестник казанского технологического университета, 2012, Т. 15, № 18. – С. 36-39.

Andreeva S.A. – candidate of technical sciences, associate professor
E-mail: saandreeva@mail.ru
Khuziakhmetova K.R. – student
E-mail: Karina261996@mail.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Catalytic methods of wastewater treatment from the production of styrene and propylene oxide at the operating enterprise

Resume

Tighter environmental regulations forced the company to pay proper attention to solving the problem of high-quality treatment of wastewater at the discharge of their in natural bodies of water. The problem here is that the composition of waste is multicomponent and unstable, as well as the economic costs of processing plants and the reagents are significant. In addition, a variety of purification systems of treated water for chemical components in the composition and method of their origin causes the need for research based on specific conditions of production enterprises. The article investigates the optimal conditions for the catalytic decomposition of peroxide compounds waste water production of styrene and propylene oxide, providing increased availability for biodegradation of waste. The possibility of degradation of peroxides in neutral and acidic media wastewater in presence of a catalyst. The thermal decomposition of peroxide compounds using ferric ions Fe (II). The proposed methods allow the destruction of peroxides to achieve a high degree of purification of waste water from these components, and produce high-quality biological refining of manufacturing water production of styrene and propylene oxide by means of organic compounds biodegradation.

Keywords: waste water, peroxy compounds, oxidation, catalyst purification rate, concentration, chemical composition studies, thermal decomposition, the variable valence metal, the catalytic activity.

Reference list

1. Andreeva S.A., Huziahmetova K.R. A comprehensive approach to cleaning highly concentrated wastewater // Izveatiya KGASU, 2015, № 4. – P. 223-230.
2. Brodsky V.A., Kondratiev E.S., Jakushin R.V., Kurbatov A.Y., Artemkina J.M. Analysis of promising physical and chemical methods of treatment and disposal of water containing toxic chemicals and micro-organisms // Himicheskaya promshlennost segodnya, 2013, № 2. – P. 52-56.
3. Andreeva S.A., Naumov S.V. Increase of ecological safety in dealing with wastewater treatment issues. In: Recent life and environmental security problems Collection of scientific works of the I International scientific-practical conference, 2015. – P. 125-126.
4. Pat. RF № 2264988 (2005). A method for purifying the concentrated wastewater, 27.11.2005.
5. Modern technologies of natural and waste waters. – Kursk: SWSU, 2011.
6. Andreev S.A., Gayfullin A.A., Preobrazhenskaya T.N., Kharlampidi J.E. Decomposition of the peroxides in the effluent. Deposited manuscript, № 1989, 2002, 15.11.2002.
7. Gayfullin A.A., Tuntseva S.N., Gaifullin R.A., Preobrazhenskaya T.N., Kharlampidi J.E. Comparative evaluation of methods of decomposition of peroxide in the wastewater // Vestnik Kazanskogo Technologicheskogo Universiteta, 2012, T. 15, № 18. – P. 40-43.
8. Gayfullin A.A., Tuntseva S.N., Gaifullin R.A., Preobrazhenskaya T.N., Kharlampidi J.E. Comparative evaluation of methods of decomposition of peroxide in the wastewater // Vestnik Kazanskogo Technologicheskogo Universiteta, 2012, T. 15, № 18. – P. 36-39.

УДК 628.16
Бусарев А.В. – кандидат технических наук, доцент
E-mail: reder1@myrambler.ru
Шешегова И.Г. – старший преподаватель
E-mail: ig-7@mail.ru
Сундукова Е.Н. – кандидат химических наук, доцент
E-mail: e.sundukova@mail.ru
Гарифьянова Г.Р. – студент
E-mail: kuzya34787@gmail.com
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1

Некоторые аспекты применения малогабаритных установок для доочистки водопроводной воды

Аннотация

Статья посвящена вопросам доочистки водопроводной воды с помощью малогабаритных установок. В статье рассмотрены причины ухудшения качества водопроводной воды, рассмотрены особенности применения малогабаритных установок различных конструкций, основанных на различных методах очистки воды. На кафедре «Водоснабжения и водоотведения» Казанского государственного архитектурно-строительного университета разработана опытно-промышленная установка для доочистки водопроводной воды с помощью электрохимической активации. В состав этой установки входят сетчатый фильтр, электрохимический активатор водопроводной воды типа «Изумруд», емкость для очищенной воды, соединительные трубопроводы и запорно-регулирующая арматура. В статье приведены исследования эффективности работы установки на объектах г. Казани и г. Альметьевска.

Ключевые слова: малогабаритные установки, фильтры, доочистка водопроводной воды, электрохимическая активация, установка доочистки водопроводной воды.

В последние годы во многих населенных пунктах водопроводная вода не соответствует санитарно-гигиеническим нормативам, предъявляемым к ней СанПиН 2.1.4.1074-01. По данным государственного доклада «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в РФ в 2014 году» доброкачественной питьевой водой обеспечено только 63,9 % населения РФ (93,254 млн. чел.). Основными причинами этого являются: ухудшение качества воды в источниках водоснабжения, появление новых антропогенных загрязнений, вторичное загрязнение в системах транспортировки водопроводной воды, использование технологий подготовки воды, несоответствующих характеру и количеству имеющихся в наличии загрязняющих веществ [1, 2].

Все это выдвигает на первый план задачу улучшения качества водопроводной воды. Для решения этой задачи широко применяются малогабаритные установки (фильтры) для доочистки воды. Прежде всего к таким установкам следует отнести фильтры, устанавливаемые в местах использования питьевой воды или на вводе в жилые или общественные здания [3]. На сегодняшний день разработаны и запущены в серийное производство малогабаритные установки различных конструкций [3-5]. Наиболее простыми по устройству являются малогабаритные фильтры, осуществляющие очистку водопроводной воды только от крупных нерастворимых частиц с помощью механической фильтрации [3].

Широко применяются фильтры, использующие для глубокой очистки водопроводной воды метод сорбции. В качестве сорбентов используются природные или искусственные пористые материалы. Наилучшим сорбентом, применяющимся в малогабаритных фильтрах, являются древесные активированные угли.

При доочистке водопроводной воды методом сорбции из нее удаляются соли тяжелых металлов, растворимые органические соединения, микроорганизмы, свободный хлор и т.п. К недостаткам адсорбционных фильтров относятся: ограниченный ресурс

используемого сорбента, возможность его микробиологического обрастания, сложность регенерации фильтрующего слоя [3].

Для глубокой очистки воды питьевого качества также применяются малогабаритные ионообменные фильтры. Эти аппараты позволяют снизить жесткость воды, а также содержание в ней ионов тяжелых металлов, что улучшает ее органолептические свойства воды и устраняет образование накипи в санитарно-бытовых приборах. Следует учитывать, что в процессе работы малогабаритных ионообменных фильтров повышается солесодержание в обрабатываемой воде. Кроме того, после исчерпания обменной емкости ионитов необходима их сложная регенерация с использованием кислотных реагентов. При этом образуются сильно загрязненные промывные стоки, которые очень трудно утилизировать [3].

Доочистка водопроводной воды также ведется с помощью мембранных разделителей (обратный осмос). При таком методе очистки вода под избыточным давлением подается в мембранный разделитель, где мембраны из полимерных материалов пропускают воду, задерживая загрязнения [5].

Использование обратного осмоса для глубокой очистки питьевой воды, дает практически полностью деминерализованную, физиологически неполноценную жидкость. Кроме того, такой метод очистки связан со значительными материальными затратами, необходимостью сложной регенерации мембранных разделителей, а также утилизацией сильно загрязненных регенерационных стоков [3].

Наиболее перспективным направлением глубокой очистки водопроводной воды с помощью малогабаритных установок является применение аппаратов электрохимической активации. Серийно установки электрохимической активации типа «Изумруд» выпускаются АООТ НПО «Экран» ВНИИМТ [6].

Установки типа «Изумруд», принцип действия которых основывается на электрохимической активации, позволяют получить воду с заранее заданными физико-химическими свойствами. В этих аппаратах протекают процессы окисления и восстановления многократно ускоренные электрохимической реакцией, а также синтезом высокоактивных реагентов, таких как атомарный кислород, озон, перекись водорода, диоксид хлора. Кроме этого, синтезируются некоторые свободные радикалы из молекул воды и растворенных в ней солей [7].

Установка электрохимической активации типа «Изумруд» состоит из электролитической камеры, которая разделена проницаемой перегородкой на анодную и катодную камеры. В них размещаются соответствующие электроды, к которым подводится постоянный электрический ток. Благодаря перегородке происходит миграция анионов в катодную камеру, а катионов в анодную. Таким образом, вода в анодной камере обогащается анионами, а в катодной камере – катионами [6]. Возникающие в установках типа «Изумруд», окислительно-восстановительные реакции способствуют гибели бактерий, вирусов, грибов, спор, различных паразитов; интенсивному разрушению токсичных органических загрязнений (поверхностно-активных веществ, фенолов, пестицидов, гербицидов); удалению из воды ионов тяжелых металлов [7].

Электрохимическая очистка воды в установках «Изумруд» обеспечивает [6]:

- полное обеззараживание воды;
- эффективное удаление или полную деструкцию токсических элементов и соединений;
- удаление избыточных концентраций солей и компонентов твердого осадка;
- направленное изменение окислительно-восстановительного потенциала и повышение биологической ценности воды при сохранении нейтральных кислотно-щелочных характеристик;
- сохранение необходимого для организма количества биологически полезных микро- и ультрамикроэлементов.

Вода, очищенная в установках «Изумруд», изменяет свое энергетическое состояние, лучше усваивается клетками организма и оказывает благотворное воздействие на процессы обмена веществ: ускоряет выведение шлаков и способствует наиболее полному усваиванию питательных веществ [6].

Установки электрохимической активации выпускаются в различных модификациях («Изумруд-Сапфир», «-Агат», «-Рубин», «-Топаз», «-Кварц», «-Аквамарин»). Эти модификации отличаются друг от друга последовательностью технологических операций при электрохимической обработке водопроводной воды. Применяются данные аппараты в зависимости от ее качественных характеристик [7].

Производительность электрохимических активаторов составляет 250, 500 и 1000 л/ч, ресурс этих аппаратов насчитывает 2000 м^3, а их срок службы достигает 8 лет. При эксплуатации установок типа «Изумруд» не требуется замена каких-либо деталей. Это позволяет использовать электрохимические активаторы для получения качественной питьевой воды в жилых домах и квартирах, кафе и столовых, детских садах и школах, административных зданиях и на промышленных предприятиях в течение многих лет, используя в качестве исходной, воду из водопроводных сетей населенных пунктов [7].

На кафедре «Водоснабжения и водоотведения» (ВиВ) Казанского государственного архитектурно-строительного университета (КГАСУ) разработана опытно-промышленная установка (ОПУ-1) для доочистки водопроводной воды с помощью электрохимической активации. Технологическая схема установки ОПУ-1 представлена на рис.

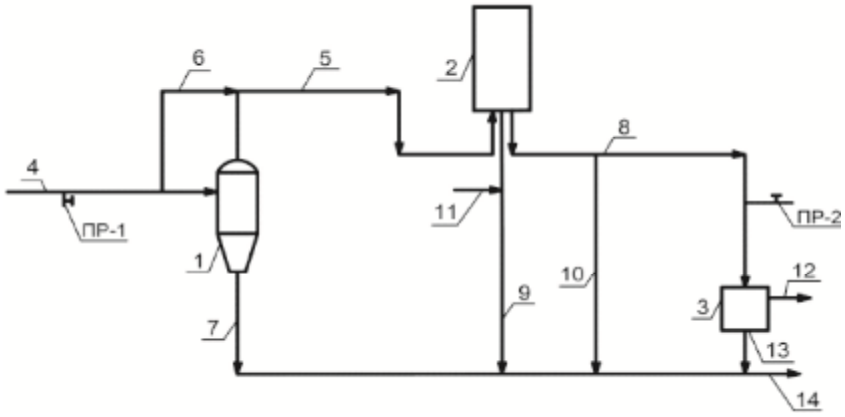


Рис. Технологическая схема опытно-промышленной установки:
1 – сетчатый фильтр; 2 – электрохимический активатор; 3 – емкость для очищенной воды;
4 – подача водопроводной воды на очистку; 5 – подача воды в активатор;
6 – подача промывной воды; 7 – дренаж сетчатого фильтра; 8 – отвод очищенной воды;
9 – дренаж активатора; 10 – отвод первой порции воды из активатора; 11 – ввод раствора реагента;
12 – подача воды потребителю; 13 – дренаж емкости очищенной воды;
14 – отвод воды в канализацию

Сетчатый фильтр 1 марки ФПО-1000 производительностью 1 м^3/ч (разработка КГАСУ) предназначен для улавливания крупных взвешенных веществ, ржавчины, окалины. Производительность электрохимического активатора марки «Топаз-500-01» 2, входящего в состав ОПУ-1, составляет 500 л/ч (0,14 л/с). Емкость для очищенной воды 3 объемом 0,5 м^3 изготовлена из нержавеющей стали.

Работает ОПУ-1 следующим образом. По трубопроводу 4 в ОПУ-1 подается водопроводная вода на очистку в сетчатый фильтр 1. Очищенная вода по трубопроводу 5 подается в электрохимический активатор 2. Периодически фильтр 1 промывается водопроводной водой, которая подается по трубопроводу 6. Загрязненная промывная вода сбрасывается по трубопроводу 7 в канализацию. Очищенная вода отводится из электрохимического активатора 2 по трубопроводу 8 в емкость 3, откуда по трубопроводу 12 подается потребителю. При необходимости опорожнение емкости 3 осуществляется по трубопроводу 13.

Сброс загрязненной воды, образующейся в процессе работы активатора 2, осуществляется в канализацию по трубопроводу 9. Первая порция воды из аппарата «Топаз-500-01» сбрасывается в канализацию по трубопроводу 10.

Для регенерации электрохимического активатора по трубопроводу 11 вводится 15 % раствор уксусной кислоты, который затем отводится в канализацию по трубопроводу 10.

После обработки реагентами аппарат «Топаз-500-01» промывается водопроводной водой, которая после промывки также отводится в канализацию по трубопроводу 10 [6]. Все стоки из установки ОПУ-1 сбрасываются в бытовую канализацию населенного пункта по трубопроводу 14.

Трубопровод 4 оборудован пробоотборником ПР-1 для отбора проб водопроводной воды, а трубопровод 8 – пробоотборником ПР-2 для отбора проб очищенной воды.

Исследование эффективности работы установки ОПУ-1 проводилось в г. Казани и объектах управления «ТатАИСнефть» АО «Татнефть» в г. Альметьевк. Водопроводная вода пропускалась через установку, пробы исходной и очищенной воды отбирались на анализ. Расход воды измерялся объемным способом с помощью секундомера и мерного цилиндра емкостью 1,0 л с ценой деления 0,01 [8]. Определение показателей качества исходной и очищенной воды проводились по методикам, приведенным в ГОСТ Р 51232-98 и [9]. Результаты исследований представлены в таблице. Данные таблицы свидетельствуют о том, что исследованная водопроводная вода по некоторым показателям отличается от требований СанПиН 2.1.4.1074-01.

Таблица

Результаты исследований процессов глубокой очистки водопроводной воды

Показатель качества воды	Ед. изм.	СанПиН 2.1.4.10.74-01	Место отбора проб водопроводной воды							
			г. Казань						г. Альметьевск (р. Кама)	
			Ново-Савиновский р-н (Волжский водозабор Куйбышевского водохранилища)		Приволжский р-н (подземный источник п. Салмачи)		Приволжский р-н (подземный источник п. Мирный)			
			исходная вода	очищенная вода	исходная вода	очищенная вода	исходная вода	очищенная вода	исходная вода	очищенная вода
2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Запах	баллы	2	2 3 3	1 2 2	2 2 2	1 1 1	2 2 2	1 1 1	4 3 4	2 1 2
Привкус	баллы	2	4 3 3	2 2 1	2 1 2	1 1 1	2 2 2	1 1 -	4 3 3	2 2 1
Цветность	градусы цветности	20	22 23 29	12 13 15	5 4 5	4 3 4	10 13 15	5 6 3	22 23 19	12 13 10
Мутность	мг/л	1,5 (по каолину)	2.0 1,8 1,9	1,3 1,0 0,9	0,5 0,6 0,5	0,3 0,5 0,2	2,5 2,5 2,4	0,9 1,0 0,8	4,6 4,8 4,5	1,5 1,5 1,5
температура	°С	-	18,0 18,1 18,1	18,0 18,2 18,2	11,0 10,0 9,2	11,9 11,1 10,3	13,7 13,8 13,6	13,8 13,8 13,7	18,0 18,1 18,1	18,0 18,2 18,2
Активная реакция среды (pH)	ед. pH	6-9	7,6 7,7 7,4	7,4 7,5 7,3	7,8 7,6 7,7	7,4 7,2 7,3	7,5 7,6 6,9	6,8 6,9 6,9	7,2 7,3 7,2	7,2 7,2 7,3
Сухой остаток	мг/л	1000	304 310 315	188 191 197	726 735 726	513 510 511	446 452 392	321 317 305	313 310 315	195 191 197
Окисляемость перманганатная	мг/л	5	4,5 4,9 4,7	2,0 2,1 2,0	0,4 0,2 0,2	- - -	2,2 2,1 2,1	1,0 1,0 1,0	4,0 3,9 4,1	2,1 2,0 2,0
Мышьяк, суммарно	мг/л	0,05	0,06 0,05 0,02	- - -	0,002 0,001 0,001	- - -	-	0,02 0,012 0,01	0,01 0,01 -	- - -

Продолжение таблицы

Жесткость общая	мг-экв / л	7,0	4,78 4,81 4,6	2,40 2,41 2,39	12,90 11,15 10,86	7,50 6,57 6,48	7,20 7,24 6,9	4,16 4,12 4,20	2,78 2,81 2,79	1,40 1,41 1,39
Железо общее	мг/л	0,3	0,58 0,6 0,72	0,01 0,01 0,01	0,07 0,1 0,08	- - -	0,59 0,59 0,48	0,01 0,01 0,01	1,0 0,9 1,0	0,1 0,1 0,1
Медь, суммарно	мг/л	1,0	0,09 0,03 0,02	- - -	следы	- - -	0,06 0,04 0,05	0,02 0,01 0,01	0,9 1,0 1,1	0,4 0,4 0,5
Свинец	мг/л	0,03	0,001 - 0,002	- - -	следы	- - -	- - -	- - -	0,03 0,04 0,04	- - -
Хром (Cr^{6+})	мг/л	0,05	0,001 0,001 0,002	- - -	следы	- - -	- - -	- - -	0,01 0,01 0,01	- - -
Марганец	мг/л	0,1	0,01 0,02 0,015	- 0,001 0,001	0,007 0,006 0,008	- - -	0,02 0,05 0,1	0,007 0,008 0,03	- 0,01 0,01	- 0,001 0,001
Сульфаты	мг/л	500	83,0 85,1 87,4	24,5 22,8 23,1	367 316 294	249 240 235	58,9 59,0 79,5	20,7 20,8 24,9	68,7 65,9 67,0	24,2 22,8 23,0
Хлориды	мг/л	350	14,7 16,7 18,3	3,0 1,9 2,0	9,0 9,3 8,9	3,6 3,8 3,2	14,5 11,9 10,9	5,6 4,8 3,9	40,0 38,5 41,0	20,3 19,6 20,8
Цинк	мг/л	5,0	0,014 0,020 0,019	0,002 0,001 0,001	0,10 0,09 0,12	0,01 0,01 0,01	- - -	- - -	2,1 2,0 2,0	0,2 1,9 1,9
Алюминий	мг/л	0,5	0,46 0,50 0,48	0,1 0,2 0,25	- - -	- - -	- - -	- - -	0,48 0,38 0,59	0,1 0,1 0,2
Нефтепродукты, суммарно	мг/л	0,1	0,013 0,016 0,015	- - -	0,005 0,005 0,008	- - -	- -	- -	0,09 0,1 0,09	0,01 - 0,01
Расход	л/с	-	-	0,131 0,132 0,132	-	0,134 0,136 0,136	-	0,137 0,137 0,136	-	0,131 0,132 0,131

Анализ результатов исследований, предложенной КГАСУ технологии доочистки водопроводной воды с использованием метода электрохимической активации, позволяет сделать следующие выводы:

а) улучшаются органолептические показатели качества воды (запах, вкус, мутность, цветность);

б) полностью удаляются тяжелые металлы и токсичные загрязнения (мышьяк);

в) снижается концентрация органических загрязнений (окисляемость, содержание нефтепродуктов);

г) снижается солесодержание и жесткость воды.

Предложенная КГАСУ технология доочистки водопроводной воды с использованием электрохимических активаторов была внедрена на объектах управления «ТатАИСнефть», АО «Татнефть» г. Альметьевск [7, 10]. Также техническая документация установок глубокой очистки водопроводной воды с аппаратами типа «Изумруд» была передана нескольким социально-значимым объектам на территории г. Казани [7, 10].

Широкое применение установок доочистки водопроводной воды с использованием аппаратов электрохимической активации позволит решить проблемы обеспечения населения качественной питьевой водой.

Список библиографических ссылок

1. Адельшин А.Б., Нуруллин Ж.С., Бусарев А.В., Шешегова И.Г., Хамидуллина А.А. Некоторые аспекты хозяйственно-питьевого водоснабжения г. Казани // Известия КГАСУ, 2013, № 1 (23). – С. 168-173.

2. Нуруллин Ж.С., Шешегова И.Г., Чиглакова Е.В. Состояние хозяйственно-питьевого водоснабжения города Мензелинск РТ // Материалы международной научно-практической конференции «Культурно-историческое наследие строительства: вчера, сегодня, завтра». – Саратов: Буква, 2014. – С. 93-95.
3. Шешегова И.Г. Хамидуллина А.А., Фаткуллина Г.Р. К вопросу улучшения качества питьевой воды с использованием малогабаритных установок // Сб. трудов V Международного конгресса «Чистая вода. Казань». – Казань: ООО «Куранты», 2014. – С. 272-275.
4. Пичугин А.А., Шешегова И.Г. К вопросу применения малогабаритных установок для доочистки воды // Материалы международной научно-практической конференции «Инновационные, ресурсосберегающие технологии, оборудование систем водоснабжения и водоотведения». – Казань: ЗАО «Новое знание», 2011. – С. 157-159.
5. Журба М.Г., Соколов Л.И., Говорова Ж.М. Водоснабжение. Проектирование систем и сооружений: в 3 т. Т. 2. Очистка и кондиционирование природных вод. изд. 3-е, перераб. и доп. – М.: Издательство АСВ, 2010. – 552 с.
6. Электрохимическая активация: история, состояние, перспективы. Академия медико-технических наук Российской Федерации / под редакцией В.М. Бахира. – М.: ВНИИИМТ, 1999. – 256 с.
7. Адельшин А.Б., Шешегова И.Г., Бажина М.А. Разработка схем доочистки воопроводной воды с применением установок электрохимической активации // Материалы международной научно-практической конференции «Инновационные, ресурсосберегающие технологии, оборудование систем водоснабжения и водоотведения». – Казань: ЗАО «Новое знание», 2011. – С. 123-125.
8. Бусарев А.В. Интенсификация очистки нефтесодержащих сточных вод с применением гидроциклонов с противодавлением на сливах: дис. канд. техн. наук. – Казань: КИСИ, 1997. – 244 с.
9. Лурье Ю.Ю. Унифицированные методы анализа вод. – М.: Химия, 1973. – 376 с.
10. Адельшин А.Б., Шешегова И.Г. К вопросу доочистки воды с применением установок электрохимической активации // Сб. трудов IV Международного конгресса «Чистая вода. Казань». – Казань: ООО «Куранты», 2013. – С. 242-244.

Busarev A.V. – candidate of technical sciences, assiociate professor
E-mail: reder1@myrambler.ru
Sheshegova I.G. – senior lecturer
E-mail: ig-7@mail.ru
Sundukova E.N. – candidate of chemical sciences, assiociate professor
E-mail: e.sundukova@mail.ru
Garifyanova G.R. – student
E-mail: kuzya34787@gmail.com
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Some aspects of the use of small-sized installations for purification of tap water

Resume

In recent years, the quality of tap water is not always correspond to sanitary and hygienic standards for potable water. The main reasons for this are: the deterioration of the water quality of water sources, the emergence of new anthropogenic pollution, the use of outdated technologies of water treatment and secondary pollution in its transportation systems.

To improve the quality of tap water is widely used compact installation of various designs based on different methods of purification. The most promising direction of deep cleaning of tap water with the help of small units is the use of electrochemical activation devices.

The department «Water supply and sanitation» of Kazan State University of Architecture and Engineering developed a pilot plant for purification of tap water by electrochemical

activation. The unit consists of strainer, electrochemical activator tap water such as «Emerald», the capacity for purified water, connecting pipes and Valves.

Research of efficiency of the installation work was carried out at the facilities of Kazan and Almetyevsk. Analysis of the results showed the efficiency of this setup for purification of tap water.

Keywords: small-sized installations, filters, advanced treatment of tap water, electrochemical activation, installation of after-treatment of tap wate.

Reference list

1. Adelshin A.B., Nurullin J.S., Busarev A.V., Sheshegova I.G., Khamidullina A.A. Some aspects of the drinking-water supply Kazan // Izvestiya KGASU, 2013, № 1 (23). – P. 168-173.
2. Nurullin J.S., Sheshegova I.G., Chiglakova E.V. Status of domestic water supply of the city Menzelinsk Tatarstan // Proceedings of the international scientific-practical conference «Cultural Heritage of construction: yesterday, today and tomorrow». – Saratov: Letter, 2014. – P. 93-95.
3. Sheshegova I.G., Khamidullina A.A., Fatkullina G.R. On the issue of improving the quality of drinking water using a small-sized plants // Proc. of the V International Congress «Clean Water. Kazan». – Kazan: LTD «Kuranty», 2014. – P. 272-275.
4. Pichugin A.A, Sheshegova I.G. On the question of the use of small-sized plants for water purification // Proceedings of the international scientific-practical conference «Innovative, energy saving technologies, equipment, water supply and sanitation». – Kazan: CJSC «Novoe znaniye», 2011. – P. 157-159.
5. Zhurba M.G., Sokolov L.I., Govorova J.M. Water supply. Designing of systems and structures: in 3 vol. vol. 2. Cleaning and conditioning of natural waters. ed. 3-rd, revised. and ext. – M.: ASV Publishing, 2010. – 552 p.
6. Electrochemical activation: history, status and prospects. The Academy of Medical and Technical Sciences of the Russian Federation / Edited by V.M. Bakhir. – M.: VNIIIMT 1999. – 256 p.
7. Adelshin A.B., Sheshegova I.G., Bazhina M.A. Development of schemes aftertreatment vooprovodnoy water using electrochemical activation systems // Proceedings of the international scientific-practical conference «Innovative, energy saving technologies, equipment, water supply and sanitation systems». – Kazan: CJSC «Novoe znaniye», 2011. – P. 123-125.
8. Busarev A.V. Intensification of oily wastewater using hydrocyclones with back pressure on the drain. Candidate of Engineering Sciences Thesis. – Kazan: KIEC, 1997. – 244 p.
9. Lurie Y.Y. Uniform methods of analysis of water. – M.: Chemistry, 1973. – 376 p.
10. Adelshin A.B., Sheshegova I.G. On the question of water purification using electrochemical activation systems // Proc. of the IV International Congress «Clean Water. Kazan». – Kazan: LTD «Kuranty», 2013. – P. 242-244.

УДК 628.334.5.336.43
Урмитова Н.С. – кандидат технических наук, доцент
E-mail: urmitova@mail.ru
Абитов Р.Н. – кандидат педагогических наук, доцент
E-mail: a_runar@mail.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

Движение вязкой жидкости в порах гранулированной коалесцирующей насадки при нелинейном законе сопротивления

Аннотация

В данной статье поставлены и решены задачи по определению движения вязкой жидкости в порах крупнозернистой гранулированной коалесцирующей насадки при нелинейном законе сопротивления.

При фильтрации жидкости в порах загрузки происходит движение частиц жидкости с изменением скорости и ускорения по величине и направлению. Из-за сложности движения невозможно рассматривать скорости отдельных частиц. Поэтому, по аналогии с теорией фильтрации, рассмотрены не скорости, а расходы через определенную площадку. Объем зависит от расположения гранул загрузки в цилиндре.

Ключевые слова: коалесцирующая насадка; движение частиц жидкости; нелинейный закон сопротивления; гранулы; теория фильтрации; вязкая жидкость; гидравлический уклон.

При движении вязкой жидкости в порах крупнозернистой коалесцирующей насадки наблюдаются деформации поля скоростей различного рода, образуются проточные и непроточные формы завихрения и вторичных течений, диссипативные процессы, а действие сил инерции приводят к дополнительным потерям энергии.

С целью определения движения вязкой жидкости в порах коалесцирующей насадки при нелинейном законе сопротивления была создана установка с коалесцирующей насадкой в виде цилиндра, загруженного гранулами одинакового размера. Для экспериментов специально были изготовлены гранулы диаметром 4 и 17,5 мм. Эксперименты проводились при температуре жидкости 20, 30, 40 и 50 ^{0}C.

При прохождении жидкости через гранулированную коалесцирующую загрузку в его порах происходит движение частиц жидкости с изменением скорости и ускорения по величине и направлению. Движение частиц жидкости очень сложный процесс, поэтому согласно теории фильтрации рассмотрены не скорости, а расходы жидкости через определенную площадь [1-8].

Необходимо определить функцию V=V(r), удовлетворяющую в интервале [O, R] уравнению:

$$V''+\frac{1}{r}V'-a^2V-b = 0 \quad (1)$$

и условиям:

$$V(R)=0, \quad (2)$$

$$V(r) – ограниченная функция, \quad (3)$$

где r – полярный радиус, V=V(r) – скорость движения жидкости в порах насадки, R – радиус цилиндра.

Функция a=a(V) и параметр b определяются соотношениями:

$$a^2=\frac{\chi}{\mu};\ b=\frac{m}{\mu}\left(pg-\frac{\Delta P}{l}\right)/\mu, \quad (4)$$

где μ – динамический коэффициент вязкости; pg – удельный вес жидкост; $\frac{\Delta P}{l}$ – перепад давления на единицу длины цилиндра; m – пористость загрузки; $\chi = \chi(V)$ – коэффициент силы сопротивления; $V=L/\pi R^2$ – среднерасходная скорость; L – расход жидкости.

В статье [4] был рассмотрен случай χ = const, т.е. случай линейного закона сопротивления. В этом случае решение задачи (1)-(3) можно построить при помощи функции Бесселя.

При неньютоновских жидкостях, равно как и при не очень медленных движениях неньютоновских жидкостей, возникают отклонения от линейного закона. Они учитываются нелинейностью функции:

$$\Phi(V) = V\chi(V). \quad (5)$$

Рассмотрим некоторые типичные нелинейные виды функции Ф(V).

Соотношение:

$$\Phi(V) = \alpha V + \beta V^2, \quad (6)$$

где α, β – const учитывает влияние дополнительных инерционных потерь, обусловленных неоднородностью порового пространства. Оно носит название закона Форхгеймера в гидравлике грунтовых вод и формулы Эргана в химической технологии и дает продолжение закона Дарси в область больших скоростей [5].

Неньютоновские свойства жидкостей порождают разнообразные формы нелинейных законов сопротивления. Для нелинейно-вязких жидкостей без временных эффектов имеет место подобие между кривой течения жидкости и законом сопротивления [5]. Так, для бингамовской (вязко-пластичной) жидкости имеем:

$$\Phi(V) = V + \lambda, \ \lambda > 0, \quad (7)$$

а для степенной жидкости (жидкости Оствальда-де-Васле):

$$\Phi(V) = V|V|^{S-1}. \quad (8)$$

Данные соотношения (7) и (8) носят название закона сопротивления с предельным (начальным) градиентом давления и степенного закона сопротивления. Последний отвечает псевдопластическому при $S<1$ и дилатантному при $S>1$ реологическому поведению.

Обычно упруго вязкие жидкости (например, растворы полимеров) проявляют более сложное поведение. Оно может быть эффективно псевдопластическим при малых скоростях и псевдодилатантным при высоких.

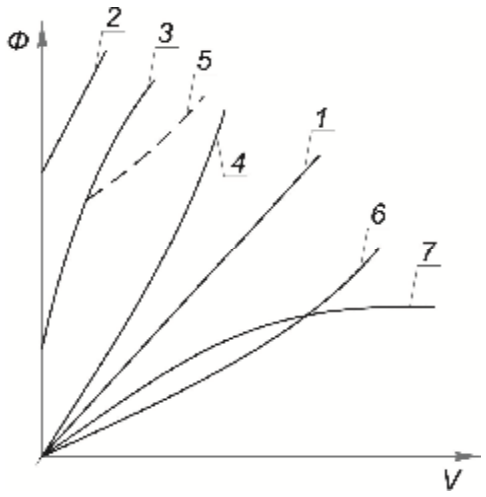


Рис. График зависимости Ф(V)

Графически эти законы можно изобразить в виде следующих кривых (рис.): 1 – закон Дарси, 2 – закон с начальным градиентом, 3 – закон для псевдопластической жидкости, 4 – двучленный закон (6), 5 – закон для упруговязкой жидкости, 6 и 7 – степенной закон (6 – при $S>1$ и 7 – при $S<1$).

Здесь рассмотрим случай степенного закона сопротивления [2]. Пусть функция Ф(V) имеет вид:

$$\Phi(V) = CV|V|^{S-1}, \quad (9)$$

где C, $S>0$.

Тогда уравнение (1) примет вид:

$$V'' + \frac{1}{r}V' - \lambda V|V|^{S-1} - b = 0, \quad (10)$$

где $\lambda = \frac{C}{\mu} > 0$.

Уравнение (10) является нелинейным уравнением второго порядка. Как известно, такие уравнения в общем случае в квадратурах не решаются. Для их решения могут быть применены приближенные численные методы. Поэтому получим некоторые качественные результаты.

Функция V(r) может быть продолжена четным образом на интервал (-R,0). Обозначим t = -r и рассмотрим функцию Z=V(t). Тогда $Z' = -V'_r$, $Z'' = -V''_{rr}$ и из уравнения (10) получим:

$$Z'' + \frac{1}{t}Z' - \lambda Z|Z|^{S-1} - b = 0. \quad (11)$$

Уравнения (10) и (11) совпадают, то Z(-r)=V(r), следовательно V(-r)=V(r). Тогда задачу (1)-(3) можно сформулировать в следующем виде: (12)-(13).

Требуется определить ограниченную функцию Y=Y(x), $x \in (-R,R)$, удовлетворяющую уравнению:

$$Y + \frac{1}{x}Y' - \lambda Y|Y|^{S-1} - b = 0 \quad (12)$$

и условию:

$$Y(R) = Y(-R) = 0. \quad (13)$$

Покажем, что задача (12)-(13) не может иметь более одного решения.

Предположим, что существуют два решения $Y_1(x)$. и $Y_2(x)$. Тогда их разность $Y_1^* = Y_1 - Y_2$ удовлетворяет решению:

$$Y^{*''} + + \frac{1}{x}Y^{*'} - \lambda (Y_1|Y_1|^{S-1} - Y_2|Y_2|^{S-1}) - b = 0 \quad (14)$$

и условию (13).

Так как $Y^*|R| = Y^*|-R| = 0$, то согласно теореме Ролля при $Y^* \not\equiv 0$ функция $Y^*(x)$ должна иметь экстремум в некоторой точке $x^* \in |-R,R|$. В этой точке $Y^{*''}=0$, поэтому из (14) имеем:

$$Y^{*''} = \lambda(Y_1|Y_1|^{S-1} - Y_2|Y_2|^{S-1}). \quad (15)$$

Если $x=x^*$ есть точка положительного максимума, то $Y_1(x^*) - Y_2(x^*) = Y^*(x^*) > 0$. Но это противоречит соотношению (15), поскольку в точке максимума должно выполняться условие $Y'' < 0$. Аналогично показывается, что x^* не может быть точкой отрицательного минимума. Следовательно, $Y^*=0$, т.е. $Y_1(x)=Y_2(x)$.

Замечание. Если $x^*=0$, то в окрестности этой точки функция разлагается в ряд $Y^* = K_0 + K_1 x + K_2 x + \ldots$ Тогда для $Y^{*''}$ имеем:

$$Y^{*''} = K_1 + 2K_2 x + \ldots . \quad (16)$$

Поэтому $\lambda(Y_1|Y_1|^{S-1} - Y_2|Y_2|^{S-1}) = Y^{*''} + \frac{Y^{*'}}{x} = 2K_1$, при $x^*=0$.

Откуда видно, что если x^* – точка максимума, то $\lambda(Y_1|Y_1|^{S-1} - Y_2|Y_2|^{S-1}) < 0$.

Аналогично, если x^* – точка минимума.

Исследуем зависимость решения от знака параметра b. Пусть b>0. ТогдаY<O в (-R, R). Действительно, если $Y \geq 0$, то должна существовать точка $x=x^*$, где Y(x) достигает своего максимума. В этой точке $Y'=0$, $Y''<0$:

$$Y'' = \lambda Y|Y|^{S-1} + b < 0. \quad (17)$$

Последнее неравенство невозможно при b>0. Следовательно, Y<0. Аналогично можно показать, что $Y \equiv 0$ при b=0 и Y>0 при b<0.

При исследовании задач теории фильтрации большую роль играют теоремы сравнения [5]. Аналогом таких теорем является следующее утверждение.

С увеличением значения параметра S величина скорости уменьшается.

Пусть $S_1 > S_2$, и этим параметрам соответствуют решения Y_1 и Y_2. Покажем, что $Y_1 \leq Y_2$.

Рассмотрим разность $Y^* = Y_1 - Y_2$. Функция $Y^* = Y^*(x)$ удовлетворяет уравнению:

$$Y^{*''} + + \frac{1}{x}Y^{*'} - \lambda(Y_1|Y_1|^{S-1} - Y_2|Y_2|^{S-1}) = 0. \quad (18)$$

Пусть $\max Y^* = Y^*(x^*) > 0$, тогда в этой точке имеем:

$$Y^{*''} = \lambda(Y_1|Y_1|^{S-1} - Y_2|Y_2|^{S-1}). \quad (19)$$

Последнее неравенство невозможно при $S_1 > S_2$ и $Y_1 > Y_2$. Следовательно, $Y_1 \leq Y_2$.

Функция вида $\Phi(V) = CV(V)^{S-1}$ определяется из экспериментальных данных методом наименьших квадратов. Расчеты проводились при R=103,5 мм, m = 0,3857; 0,5394 и $\Phi(V) = 0{,}06\ V^{2{,}15}$. Уравнение (10) решалось методом Рунге-Кутта по формулам:

$$V_{к+1} = V_к + V'_к \Delta r + \frac{1}{6}(K_1 + K_2 + K_3)\Delta r, \quad (20)$$

$$V'_{к+1}=V'_к+V'_к\Delta r+\frac{1}{6}(K_1+2K_2+2K_3+K_4), \quad (21)$$

где $K_1=F(r_к,V_к,V'_к)\Delta r$;

$K_2=F(r_к+\frac{\Delta r}{2},V_к+V'_к\frac{\Delta r}{2},V'_к+\frac{K_1}{2})\Delta r$;

$K_3= F'(V_к+\frac{\Delta r}{2},V_к+V'_к\frac{\Delta r}{2}+\frac{K_1}{4}\Delta r,V'_к+\frac{K_2}{2})\Delta r$;

$K_4=F(r_к+\Delta r,V_к+V'_к\Delta r+\frac{K_2}{2}\Delta r,V'_к+K_3)\Delta r$.

$$F(r,V,V')= -\frac{1}{r}V'+\lambda V|V|^{S-1}+b. \quad (22)$$

Изменяя значение гидравлического уклона $I=-\mu b/(m\rho g)$ определялись контрольные значения скорости V.

Результаты расчетов и экспериментов приведены в таблице.

Окончательный совместный анализ данных результатов расчетов по формуле (10) и экспериментов показал на удовлетворительное совпадение теоретического и экспериментального гидравлического уклона в крупнозернистой загрузке коалесцирующей насадки.

Таблица

Диаметр загрузки, d, мм	T, ^{0}C	V, м/ч	$I_{теор}$	$I_{эксп}$
4	20	50,9	0,472	0,425
		97,1	1,020	1,050
	30	73,7	0,705	0,665
		95,6	1,004	1,020
	40	71,0	0,665	0,630
		97,4	0,965	1,010
	50	71,6	0,654	0,600
		97,4	0,965	1,005
17,5	20	63,4	0,067	0,065
		72,7	0,083	0,080
		113,4	0,158	0,160
	30	68,3	0,041	0,040
		95,3	0,088	0,085
		104,0	0,102	0,105
	40	60,0	0,009	0,010
		84,6	0,052	0,050
		94,5	0,069	0,070
		112,3	0,100	0,100
	50	88,6	0,022	0,020
		99,5	0,440	0,040
		107,0	0,060	0,060
		115,7	0,077	0,080

Эксперименты определения движения вязкой жидкости в порах крупнозернистой гранулированной коалесцирующей насадки при нелинейном законе сопротивления позволяют определить величины гидравлического уклона в загрузках насадок, а также на основе этого определить значения скоростей потока через загрузку.

Список библиографических ссылок

1. Урмитова Н.С., Фаткуллин Р.Г., Адельшин А.Б., Движение вязкой жидкости в порах гранулированной коалесцирующей насадки. Исследование сетей, аппаратов и сооружений водоснабжения и канализации. «Межвуз. ст. гр. Казань»: КИСИ, 1990. – С. 25-32.
2. Урмитова Н.С., Адельшин А.Б., Фаткуллин Р.Т. Исследование движения вязкости жидкости в порах гранулированной коалесцирующей насадки при нелинейном

законе сопротивления. Межвузовский сборник научных трудов: «Гидромеханика отопительно – вентиляционных устройств». – Казань: КИСИ, 1991. – С. 67-72.
3. Урмитова Н.С., Абитов Р.Н., Хисамеева Л.Р., Низамова А.Х. Оценка сил, способствующих разрушению частиц нефти в коалесцирующей насадке // Известия КГАСУ, 2015, № 2 (32). – С. 226-230.
4. Урмитова Н.С, Абитов Р.Н., Хисамеева Л.Р., Низамова А.Х. Движение вязкой жидкости в порах крупнозернистой коалесцирующей насадки при линейном законе сопротивления // Известия КГАСУ, 2016, № 2 (36).– С. 159-165.
5. Адельшин А.Б., Урмитова Н.С. Использование гидродинамических насадок с крупнозернистой загрузкой для интенсификации очистки нефтесодержащих сточных вод. Монография. – Казань: КГАСУ, 1997. – 249 с.
6. Урмитова Н.С. Интенсификация процессов очистки нефтесодержащих сточных вод на основе применения гранулированных коалесцирующих материалов. Дис. канд. техн. наук. – Казань: КИСИ, 1993. – 252 с.
7. Адельшин А.А., Адельшин А.Б., Урмитова Н.С. Гидродинамическая очистка нефтепромысловых сточных вод на основе применения закрученных потоков: Монография. – Казань: КГАСУ, 2011. – 245 с.
8. Урмитова Н.С., Адельшин А.Б., Адельшин А.А. Структура фильтрационного потока и механизм процесса коалесценции в гидродинамических насадка с крупнозернистой загрузкой // Известия КГАСУ, 2014, № 2 (28). – С. 149-159.

Urmitova N.S. – candidate of technical sciences, associate professor
E-mail: urmitova@mail.ru
Abitov R.N. – candidate of pedagogic sciences, associate professor
E-mail: a_runar@mail.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Motion of a viscous liquid in the pores of the coarse granular coalescing nozzle with a nonlinear resistance law

Resume

In this article, we set and solved problems of determining the motion of a viscous liquid in the pores of the coarse granular coalescing nozzle with a linear resistance law.

During the liquid filtration in the pores of the loading, liquid particles move with speed and acceleration changing in magnitude and direction. Because of the motion complexity, the velocities of the individual particles cannot be considered. Therefore, similar to the filtration theory, flow rates through a certain area are considered, and not velocities. The volume depends on the arrangement of the loading granules in a cylinder.

The joint analysis of the calculated and experimental results showed satisfactory agreement of the hydraulic gradient values in a coarse loading about 4,0 mm fraction at a temperature of 20 ^{0}C, 30 ^{0}C, 40 ^{0}C, 50 ^{0}C and velocity from 50,9 to 97,4 m/s; and 17,5 mm fraction at a temperature of 20 ^{0}C, 30 ^{0}C, 40 ^{0}C, 50 ^{0}C and velocity from 60,0 to 115,7 m/s.

Keywords: coalescing nozzle; the movement of liquid particles; nonlinear law of resistance; beads; filtration theory; viscous fluid; hydraulic gradient.

Reference list

1. Urmitova N.S., Fatkullin R.G., Adelshin A.B., Motion of a viscous liquid in the pores of the granular coalescing nozzle. Networks, devices, and structures of water supply and sanitation research. Interuniversity collection of scientific papers. – Kazan: KIEC, 1990. – P. 25-32.
2. Urmitova N.S., Adelshin A.B., Fatkullin R.T. Study of the motion of a viscous liquid in the pores of the granular coalescing nozzle with a nonlinear resistance law.

Interuniversity collection of scientific papers «Hydromechanics of heating and ventilating systems». – Kazan: KIEC, 1991. – P. 67-72.
3. Urmitova N.S., Abitov R.N., Khisameeva L.R., Nizamova A.Kh. Evaluation of the forces contributing to the oil particles destruction in a coalescing nozzle // Izvestiya KGASU, 2015, № 2 (32). – P. 226-230.
4. Urmitova N.S., Abitov R.N., Khisameeva L.R., Nizamova A.Kh. Motion of a viscous liquid in the pores of the coarse granular coalescing nozzle with a linear resistance law // Izvestiya KGASU, 2016, № 2 (36). – P. 159-165.
5. Adelshin A.B., Urmitova N.S. Using of a hydrodynamic nozzle with a coarse load for oily wastewater treatment intensification. Monograph. – Kazan: KGASU, 1997. – 249 p.
6. Urmitova N.S. Intensification of oily wastewater treatment by applying granular coalescing materials. Candidate of Engineering Sciences Thesis. – Kazan: KIEC, 1993. – 252 p.
7. Adelshin A.A., Adelshin A.B., Urmitova N.S. Hydrodynamic cleaning of oilfield wastewater by applying swirling flows. Monograph. – Kazan: KGASU, 2011. – 245 p.
8. Urmitova N.S., Adelshin A.B., Adelshin A.A. Structure of the filtration flow and mechanism of the coalescence process in the hydrodynamic nozzles with coarse loading // Izvestiya KGASU, 2014, № 2 (28). – P. 149-159.

УДК 691.332
Галаутдинов А.Р. – ассистент
E-mail: galautdinov89@mail.ru
Мухаметрахимов Р.Х. – кандидат технических наук, доцент
E-mail: muhametrahimov@mail.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

Повышение водостойкости гипсоцементно-пуццоланового вяжущего на основе низкомарочного гипса

Аннотация

Невысокая водостойкость гипсоцементно-пуццоланового вяжущего (ГЦПВ) на основе низкомарочного гипсового вяжущего (ГВ) с пониженным содержанием портландцемента (ПЦ) и активной минеральной добавки (АМД) ограничивает его широкое применение в строительстве, в связи с чем, традиционно применяются вяжущие с повышенным расходом ПЦ и АМД. В работе показано, что одним из эффективных путей повышения водостойкости ГЦПВ на основе низкомарочного ГВ с соотношением ГВ:ПЦ:АМД=76:4:20 является объемная и поверхностная гидрофобизация. На первом этапе изучено влияние ряда водорастворимых и водонерастворимых гидрофобизирующих добавок (ГД) на реологические и физико-механические свойства ГЦПВ, определено их оптимальное содержание в составе смеси. На втором этапе установлены особенности совместного действия гидрофобизирующих и пластифицирующих добавок, разработаны и запатентованы комплексные добавки полифункционального действия на их основе для данного состава вяжущего. Получены водостойкие изделия из ГЦПВ на основе низкомарочного гипса марки Г6 с содержанием ПЦ 20 %, АМД 4 %.

Ключевые слова: гипсоцементно-пуццолановое вяжущее, водостойкость, гидрофобизация, комплексная добавка.

Введение

Относительно широкое распространение ГЦПВ обусловлено высокими эксплуатационными показателями изделий на их основе, такими как пределы прочности при изгибе и сжатии, высокая огнестойкость, тепло- и звукоизоляционные характеристики, а также быстрый набор прочности. Впервые ГЦПВ начали применять в 1956 г. при изготовлении панелей для устройства перегородок и полов сантехкабин. Позже был налажен массовый выпуск вяжущих и различных изделий на их основе [1]. Вместе с тем, следует отметить, что широкое использование изделий на основе гипса, в том числе ГЦПВ сдерживается из-за недостаточной их водостокойсти. Основная причина низкой водостойкости по мнению П.П. Будникова, В.Н. Юнга связана с относительно высокой растворимостью гипса (2,05 г/л при 20 ^{0}С). При увлажнении изделий происходит растворение кристаллов гипса с образованием насыщенного раствора сульфата кальция, в результате чего ослабевает межкристаллическая связь и снижаются пределы прочности. П.А. Ребиндер и др. ученые видят причину снижения прочности в расклинивающем действии водных пленок на внутренней поверхности микрощелей, вследствие чего наблюдается разъединение отдельных микроэлементов кристаллической структуры.

В работах А.В. Волженского, Р.В. Иванниковой, В.И. Стамбулко, Г.С. Когана, А.В. Ферронской, З.С. Краснослободской и др. исследованы композиции, состоящие из гипса, портландцемента, а также различных гидравлических добавок [1, 2, 5, 8]. Анализ многочисленных данных показывает, что соотношение гипса, портландцемента и АМД в составе ГЦПВ позволяет получать ГЦПК с различными свойствами. Так, например по данным А.В. Волженского, В.И. Стамбулко, А.В. Ферронской водостойкость ГЦПВ оцененная по коэффициенту размягчения на гипсовом вяжущем (ГВ) с прочностью на сжатие 10,8 МПа (Г10) при соотношении ГВ:ПЦ:АМД=65:23:12 в зависимости от активности АМД (285-365 мг/г) составляет 0,55-0,8 [1]. Введение трепела в количестве 10, 20, 30 % взамен части гипса (Г10) при содержании ПЦ в количестве 20 % позволяет получить

водостойкость ГЦПК равную 0,64, 0,76 и 0,80 соответственно [2]. В работе [1] коэффициент размягчения гипсоцементных растворов составляет 0,4-0,55, при этом к 6 месяцам твердения это отношение равно 0,5-0,7. Водостойкость гипсоцементноцеолитового вяжущего (ГЦЦВ) на основе гипса марки Г6 составляет 0,46-0,59. Термоактивация измельченной породы цеолитсодержащего мергеля при температуре 600 ^{0}С, а также модификация данного вяжущего двухкомпонентной пластифицирующей добавкой позволяет добиться показателей водостойкости 0,82-0,89 [3]. Вместе с тем, следует отметить, что водостойкость ГЦЦВ обеспечивается при содержании ПЦ не менее 34 %, гипса не более 55 % [4].

Существуют различные методы и приемы, направленные на повышение водостойкости ГЦПВ, которые основаны на уменьшении растворимости сульфата кальция, уплотнении гипсоцементной смеси, пропитке веществами, препятствующими проникновению влаги [5], а также введение в состав гидрофобизирующих добавок [6-7]. Увеличение содержания ПЦ в составе ГЦПВ, применение различных видов АМД, введение пластифицирующих и гидрофобизирующих добавок позволяет в известной степени повысить водостойкость ГЦПК.

В последующих работах А.В. Ферронской [8] показана возможность повышения водостойкости ГЦПВ (65:30:5) за счет введения в его состав ПАВ пластифицирующего действия или кремнийорганических соединений. Введение в состав полигидросилоксановой добавки (ГКЖ-94) водноспиритового раствора этилсиликоната натрия (ГКЖ-10) и метилсиликоната натрия (ГКЖ-11) снижает водопоглощение ГЦПК с 27 % до 18-20 %. Введение в смесь ПАВ, снижающих водовяжущее отношение, в этом отношении более эффективно, это приводит к повышению плотности и снижению водопоглащения с 27 % до 13-22 %. Поверхностная гидрофобизация бетона на основе ГЦПВ кремнийорганическими жидкостями ГКЖ-10 и ГКЖ-11 снижает его водопоглощение на 50-70 %, а капиллярное всасывание в 1,5-2 раза.

Совместное действие ПД и редеспергируемого полимерного порошка приводит к внутренней гидрофобизации ГЦПК, повышает его прочность и коэффициент размягчения (более 0,85). Следует отметить, что данный результат, достигнут при повышенном содержании ПЦ и АМД [9].

Таким образом, анализ данных [1-9] показывает, что водостойкие композиции на основе ГЦПВ в основном получены при повышенном содержании ПЦ и АМД в составе смеси, в некоторых случаях это достигается применением гипса с более высокой прочностью. В этой связи особый интерес представляют исследования, направленные на разработку водостойкого ГЦПВ, на основе низкомарочного гипсового вяжущего с пониженным содержанием ПЦ и АМД.

Многообразие видов гидрофобизирующих добавок, различных по химическому составу, молекулярной массе, виду радикала [10-15], вызывает необходимость в изучении их влияния на свойства ГЦПВ на основе низкомарочного гипса, особенно в сочетании с пластифицирующими добавками с целью исследования их влияния на водостойкость.

Механизм действия гидрофобизирующих добавок

Согласно ГОСТ 24211-2008 «Добавки для бетонов и строительных растворов», гидрофобизирующие добавки относят к классу добавок, придающих бетонам и растворам специальные свойства. Эффект гидрофобизации заключается в резком снижении способности изделий и материалов смачиваться водой и водными растворами при сохранении паро- и газопроницаемости. Основной признак гидрофобизируюших добавок – резкая асимметрии их молекул, сбалансированных таким образом, что обеспечивается их ярко выраженная дифильность. Для гидрофобизируюших добавок физическая адсорбция обычно является только первой стадией, за которой следует основная для них хемосорбция. В результате углеводородная неполярная гидрофобизирующая часть молекулы добавки оказывается прочно фиксированой на поверхности твердой фазы [7, 8, 16].

Гидрофобизация отличается весьма экономным расходом материала, поскольку теоретически при применении гидрофобных веществ достаточно образовать адсорбционный слой толщиной всего в одну молекулу. Наибольшее техническое значение имеют высокомолекулярные КОС, в молекулах которых атомы кремния соединены с радикалом метилом, этилом и фенилом. Их преимущество состоит в

способности образовывать на поверхности частиц чрезвычайно тонкие и прочные пленки. Так, например, один грамм диметилдихлорсилана может дать мономолекулярную гидрофобную пленку на поверхности в 1000 $м^2$ [17].

Целью настоящих исследований является получение водостойкого ГЦПВ на основе низкомарочного гипса при пониженном содержании ПЦ и АМД. Для этого изучено влияние гидрофобизирующих добавок с различными свойствами на реологические и физико-механические свойства ГЦПВ, определено их оптимальное содержание в составе вяжущего, а также изучены особенности взаимодействия с пластифицирующими добавками.

Материалы и методы исследований

В процессе исследований были использованы следующие материалы:

а) вяжущие:

§ гипс марки Г6БII производства ООО «Аракчинский гипс» ГОСТ 125-79;

§ портландцемент Белгородского цементного завода марки ПЦ500-Д0-Н;

б) активная минеральная добавка – метакаолин, выбранная как наиболее эффективная по результатам ранее выполненных исследований [18], удельная поверхность 1357 $м^2$/кг;

в) водопроводная питьевая вода, удовлетворяющая требованиям ГОСТ 23732.

г) пластифицирующие добавки определенные как наиболее эффективные для данного состава ГЦПВ в ранее выполненных исследованиях [19]:

§ пластификатор первой группы на основе карбоксилатов «Одолит-К» производства ООО «Сервис-Групп» по ТУ 5745-01-96326574-08, обладает эффектом ускорения схватывания смеси и самоуплотняющим действием, полупрозрачная вязкая жидкость в водном растворе без содержания хлора, плотность – 1,06 г/$см^3$, pH (при 20ºС) – 6,9;

§ пластифицирующая добавка «БЕСТ-ТБ», произведенная ООО «Инновационные Технологии», суперпластификатор первой группы, темно-коричневая жидкость (сополимер на основе эфиров карбоновых кислот с добавлением фосфатного компонента), плотность – 1,24 г/$см^3$, массовая доля сухого вещества 20-30 %;

д) гидрофобизирующие добавки различные по химическому составу, молекулярной массе, виду радикала и активности:

§ гидрофобизирующая жидкость «Пента®-818» произведенная компанией «Пента An ITW Company» – вязкотекучая 50 % жидкость, представляющая собой водную эмульсию октилтриэтоксисилана, плотность – 1000 кг/$м^3$, содержание активного вещества – 50 %;

§ гидрофобизирующая кремнийорганическая жидкость «ГКЖ-11К» $HO[CH_3SiOKO]_n$ производства ОАО «Химпром» г. Новочебоксарск по ТУ 2229-512-05763441-2007. Представляет собой водный раствор метилсиликоната калия, темно-коричневая жидкость (50 % раствор), плотностью 1,4 г/$см^3$.

§ гидрофобизирующая жидкость «ГКЖ 136-157М» произведенная ООО «Химпродукт» (Украина) по ТУ У 24.6-23849235-086-2001, представляет собой светло-желтый метилгидросилоксановый полимер без механических примесей с содержанием активного водорода – 1,63 %, имеющая кинематическую вязкость (при 20°С) – 10-80 сСт, pH – 6,5;

§ кремнийорганическое соединение «ГКЖ 136-41» $[C_2H_5SiHO]_n$ произведенное группой компаний «Техпром» г. Волжский по ГОСТ 10834-76 – гидрофобизирующая жидкость, хорошо растворяющаяся в органических растворителях. Бесцветное, прозрачное этилгидридсилоксановое масло с массовой долей кремния – 36,2 %, pH – 7,2, плотность – 0,995 г/$см^3$, массовая доля активного водорода – 1,37 %;

§ силиконовая эмульсия «ГКЭ-50-94М», произведенная ООО «Химпродукт» (Украина) по ТУ У 24.6-23849235-086-2001 – 50 % водная эмульсия метилгидридсилоксана, белая или светло-серая жидкость, плотность (при 25ºС) – 1,02 г/$см^3$, массовая доля нелетучих веществ – 50 %.

§ гомогенная смесь олигоэтоксисилоксанов «Этилсиликат-40», производства ОАО «Химпром» г. Новочебоксарск по ТУ 2435-427-05763441-2004. Эмпирическая формула: $RO-[-Si(OR)_2\ O-]m–R$, $R=C_2H_5$. Прозрачная жидкость, плотность (при 20ºС) – 1,06 г/$см^3$, массовая доля оксида кремния – 41 %, массовая доля тетраэтоксисилана – 12,7 %, массовая доля хлороводорода – 0,02 %, массовая доля этанола – 0,15 %.

§ кремнийорганический лак «КО-916К» производства ОАО «Химпром» г. Новочебоксарск по ТУ 2311-396-05763441-2003 – прозрачная жидкость (50 % раствор) с условной вязкостью 45-65 с;

§ кремнийорганическая жидкость «ФЭС-50» (полифенилэтоксисилоксан) $[C_6H_5Si(OC_2H_5)]_n$, производства ОАО «Химпром» г. Новочебоксарск по ТУ 2257-441-05763441-2005 – коричневая прозрачная жидкость (50 % раствор) с кинематической вязкостью (при 20±2 ºС) – 25-150 мм^2/с;

§ кремнийорганическая жидкость «N-октилтриэтоксисилан» $C_8H_{17}Si(OC_2H_5)_3$ производства компании «Dow Corning» – представляет собой прозрачную жидкость с относительной плотностью (при 25 ºС) – 0,875 г/см^3; чистота – 98 %; содержание летучих органических составляющих – 329 г/л;

§ кремнийорганический состав на органическом растворителе «Типром®М» производства ЗАО «САЗИ» Московская обл. по ТУ 2229-100-32478306-2003 – темно-коричневая жидкость с наличием небольшого количества механических примесей; плотность при 25ºС – 0,76 г/см^3;

§ кремнийорганическая жидкость «Типром®С» – представляет собой 55 % концентрат на основе алкилсиликоната калия, производства ЗАО «САЗИ» Московская обл. по ТУ 2229-069-32478306-2003 / СТО 069-32478306-2014 – темно-коричневая жидкость с наличием небольшого количества механических примесей; плотность при 25ºС – 0,83 г/см^3;

§ кремнийорганическое соединение «Dow Corning® МН 1107» производства компании «Dow Corning», представляет собой полиметилгидридсилоксан – бесцветная жидкость; плотность при 25ºС – 1,002 г/см^3; вязкость при 25ºС – 20 мм^2/с; кислотное число – 0,01; содержание активного вещества – 100 %.

§ кремнийорганический суперконцентрат «Типром®Д» производства ЗАО «САЗИ» Московская обл. по ТУ 2229-070-32478306-2003;

§ гидрофобизатор кремнийорганический «Типром®У» с эффектом глубокого проникновения производства ЗАО «САЗИ» Московская обл. по ТУ 2229-112-32478306-2004, представляет собой смесь силанов и силоксанов в органическом растворителе;

§ водный раствор акрилового сополимера «Протект Гард», представляющий собой водорастворимую, невозгораемую, бесцветную жидкость; pH: 6,5 ± 0,5; температура кипения – 100 °С; плотность при 20 °С – 1,0 г/см^2;

§ водный раствор акрилового сополимера «Протект Гард ФТ», представляющий собой вязкую, невозгораемую, тиксотропную жидкость; pH 12; плотность при 20°С – 1,1 г/см^2;

Испытания по определению нормальной густоты и сроков схватывания ГЦПВ проводили согласно ГОСТ 23789-79, исследование физико-механических свойств проводились на стандартных образцах-балочках размерами 4х4х16 см, из формовочной смеси нормальной густоты по методике, описанной в ГОСТ 23789-79. Оценку водостойкости проводили по величине коэффициента размягчения, равного отношению предела прочности при сжатии образцов в сухом состоянии к пределу прочности при сжатии в водонасыщенном состоянии. В качестве образцов использовали половинки балочек, водонасыщение производили в течение 24 ч.

1. Влияние ряда водорастворимых и водонерастворимых гидрофобизирующих добавок на свойства гипсоцементно-пуццоланового вяжущего

Поверхностную гидрофобизацию ГЦПК производили однократной пропиткой исследуемыми кремнийорганическими составами, их влияние на среднюю плотность образцов, пределы прочности при сжатии и коэффициент размягчения ГЦПК приведены в табл. 1.

Как видно из табл. 1, поверхностная гидрофобизация в зависимости от вида гидрофобизирующей добавки незначительно увеличивает среднюю плотность изделий (на 1-13,4 %), их предел прочности при сжатии (на 34 %), при этом позволяет существенно повысить коэффициент размягчения (на 59,2 %), что по нашему мнению обусловлено образованием кальциевых солей кремнийорганических соединений, кольматирующих поры. Однако, свойства данных изделий не позволяют отнести их к водостойким материалам, т.к. коэффициент размягчения не превышает 0,8.

Таблица 1

Влияние гидрофобизирующих добавок на физико-механические свойства ГЦПК при поверхностном способе гидрофобизации

№	Вид гидрофобизирующей добавки	Средняя плотность, г/см^3	$R_{сж}$, Мпа	Кр
1	-	1,42	21,7	0,49
2	Типром®М	1,50	24,1	0,78
3	Типром®Д	1,45	23,3	0,58
4	Типром®У	1,44	21,9	0,64
5	Типром®С	1,42	21,9	0,77
6	Протект Гард	1,43	22,3	0,53
7	Протект Гард ФТ	1,43	22,8	0,54
8	ФЭС-50	1,61	29,1	0,65
9	ГКЖ-11К	1,46	24,0	0,59

Таблица 2

Влияние гидрофобизирующих добавок на реологические свойства ГЦПС при объемном способе гидрофобизации

№	Вид гидрофобизирующей добавки	Кол-во добавки, %	НГ	Сроки схватывания, мин	
				Начало	Конец
1	Контрольный	-	0,53	7,5	10
2	ФЭС-50	0,1	0,47	10	12
		0,15	0,49	9	11
		0,2	0,49	8	10
3	Типром®М	0,1	0,49	9,5	12
		0,15	0,49	9,5	11,5
		0,2	0,49	9	11,5
4	Типром®С	0,1	0,48	6,5	9
		0,15	0,48	6	9
		0,2	0,48	6	8,5
5	ГКЖ-11К	0,1	0,52	7	8
		0,2	0,52	6,5	8
		0,3	0,52	6	7
6	ГКЭ-50-94М	0,1	0,6	4	5
		0,2	0,59	4	5
		0,3	0,59	4	5
7	Кремнийорганический лак «КО-916К»	0,1	0,57	3,5	4
		0,2	0,57	4	4,5
		0,3	0,59	4,5	5,5
8	Пента®-818	0,1	0,56	5,5	6,5
		0,2	0,57	5,5	6,5
		0,3	0,57	6	8
9	ГКЖ 136-157М	0,1	0,55	6,5	9
		0,2	0,57	8	10,5
		0,3	0,58	12	14,5
10	Этилсиликат-40	0,1	0,54	6	7,5
		0,2	0,56	5	6
		0,3	0,57	5	6
11	N-Октилтриэтоксисилан	0,1	0,56	5	6
		0,2	0,56	5,5	6,5
		0,3	0,56	6	7
12	ГКЖ 136-41	0,1	0,57	6	7
		0,2	0,57	7,5	10
		0,3	0,57	9	12
13	Dow Corning® MH 1107	0,1	0,57	6	8
		0,2	0,57	9	10,5
		0,3	0,56	9,5	12,5

Для объемной гидрофобизации в состав композиционного вяжущего вводили гидрофобизирующие добавки в количестве 0,1-0,3 % от массы вяжущего, их влияние на реологические свойства гипсоцементно-пуццолановой смеси (ГЦПС) приведено в табл. 2.

Анализ данных, приведенных в табл. 2, показывает, что введение большинства исследуемых гидрофобизирующих добавок в ГЦПВ приводит к увеличению водопотребности смеси. Так в зависимости от количества добавки в составе смеси «ГКЭ-50-94М» увеличивает водопотребность на 11,3-13,2 %, кремнийорганический лак «КО-916К» – на 7,5-11,3 %, «Пента®-818» – на 5,7-7,5 %, «ГКЖ 136-157М» – на 3,8-9,4 %, «Этилсиликат-40» – на 1,9-7,5 %, «N-октилтриэтоксисилан» – на 5,7 %, «ГКЖ 136-41» – на 7,5 %, «Dow Corning® MH 1107» – на 5,7-7,5 %.

Также из табл. 2 видно, что исследуемые гидрофобизирующие добавки незначительно влияют на сроки схватывания ГЦПВ. Так гидрофобизирующие добавки «ФЭС-50», «Типром®М», «ГКЖ 136-157М», «ГКЖ 136-41», «Dow Corning® MH 1107» удлиняют сроки начала и конца схватывания на 0,5-4,5 мин. Остальные добавки, из числа исследуемых, приводят к незначительному сокращению сроков схватывания ГЦПВ.

Влияние гидрофобизирующих добавок на среднюю плотность образцов, пределы прочности при изгибе и сжатии и коэффициент размягчения ГЦПК при объемном способе гидрофобизации приведено в табл. 3.

Таблица 3

Влияние гидрофобизирующих добавок на физико-механические свойства ГЦПК при объемном способе гидрофобизации

№	Вид гидрофобизирующей добавки	Кол-во добавки, %	Ср. пл, г/см^3	$R_{изг}$, $М_{па}$	$R_{сж}$, $М_{па}$	Кр
1	Контрольный	-	1,42	10,5	27,1	0,49
2	ФЭС-50	0,1	1,43	10,7	32,2	0,5
		0,15	1,43	12,5	35,0	0,53
		0,2	1,43	12,6	35,7	0,55
3	Типром®М	0,1	1,41	12,3	35,7	0,45
		0,15	1,4	11,6	33,8	0,44
		0,2	1,38	10,5	31,4	0,43
4	Типром®С	0,1	1,44	13,0	39,4	0,55
		0,15	1,41	12,2	32,6	0,45
		0,2	1,39	12,1	30,9	0,41
5	ГКЖ-11К	0,1	1,32	10,8	22,0	0,62
		0,2	1,32	10,9	23,3	0,76
		0,3	1,32	11,4	26,4	0,78
6	ГКЭ-50-94М	0,1	1,28	12,2	36,4	0,49
		0,2	1,22	10,5	35,1	0,48
		0,3	1,2	9,2	30,9	0,48
7	Кремнийорганический лак «КО-916К»	0,1	1,29	11,2	27,9	0,53
		0,2	1,26	10,1	25,6	0,50
		0,3	1,26	8,7	22,4	0,44
8	Пента®-818	0,1	1,59	12,2	31,1	0,89
		0,2	1,54	11,9	29,1	0,89
		0,3	1,51	11,1	28,9	0,85
9	ГКЖ 136-157М	0,1	1,5	10,9	27,3	0,86
		0,2	1,32	7,3	19,6	0,73
		0,3	1,24	6,1	15,8	0,61
10	Этилсиликат-40	0,1	1,56	11,5	31,4	0,92
		0,2	1,55	9,7	28,7	0,90
		0,3	1,53	9,0	28,2	0,86
11	N-Октилтриэтоксисилан	0,1	1,5	8,6	29,4	0,81
		0,2	1,53	10,6	29,9	0,95
		0,3	1,5	9,5	22,1	0,88
12	ГКЖ 136-41	0,1	1,26	8,5	19,6	0,76
		0,2	1,26	7,8	13,9	0,63
		0,3	1,33	6,3	11,9	0,58
13	Dow Corning® MH 1107	0,1	1,35	8,8	21,3	0,69
		0,2	1,29	8,7	19,0	0,62
		0,3	1,2	7,2	15,4	0,61

Как видно из табл. 3, большая часть исследуемых добавок при введении в состав КВ приводит к снижению средней плотности образцов, в связи с воздухововлечением, однако гидрофобизирующие добавки «Этилсиликат-40», «N-октилтриэтоксисилан», «Пента®-818» приводят к незначительному увеличению плотности на 5,6-12 %.

Исследуемые гидрофобизирующие добавки оказывают различное влияние на физико-механические свойства ГЦПВ. Так добавки «ФЭС-50», «Типром®М», «Типром®С», «ГКЭ-50-94М», кремнийорганический лак «КО-916К» в зависимости от их содержания в составе ГЦПВ приводят к росту пределов прочности при изгибе и сжатии на 0,1-23,8 % и 3-45,4 % соответственно. Однако использование этих добавок в составе ГЦПВ не приводит к желаемому результату по повышению водостойкости образцов. Гидрофобизирующие добавки «ГКЖ-11К», «ГКЖ 136-41», «Dow Corning® МН 1107», «Пента®-818», «ГКЖ 136-157М», «Этилсиликат-40», «N-октилтриэтоксисилан» в большинстве случаев снижают показатели пределов прочности при изгибе и сжатии. Однако их применение позволяет значительно повысить водостойкость образцов, что выражается в увеличении коэффициента размягчения. Наилучшие показатели были достигнуты при использовании гидрофобизирующих добавок «Этилсиликат-40», «Пента®-818», «N-октилтриэтоксисилан», применение которых, в зависимости от содержания в составе смеси, приводит к увеличению коэффициента размягчения на 63,3-93,9 %. Эти добавки были выбраны для дальнейших исследований.

2. Разработка комплексной добавки

Анализ результатов исследований и применения комплексных добавок (КД) для модификации различных вяжущих показывает их полифункциональность – способность влиять на несколько характеристик изделий, существенно усилить какой-либо эффект, предельно достигаемый при введении однокомпонентной добавки и резко уменьшить или полностью устранить нежелательное побочное действие каждой составляющей КД.

Таблица 4

Влияние КД на реологические и физико-механические свойства ГЦПВ

№	Состав	Концентрация компонентов	НГ	Сроки схватывания, мин		Ср. пл., г/см^3	$R_{изг}$, МПа	$R_{сж}$, МПа	$K_р$
				Начало	Конец				
1	Контрольный	–	0,53	7,5	10	1,42	10,5	21,7	0,49
2	Пента®-818 Одолит-К Бест-ТБ	0,1 1,5 0,5	0,33	23	24,5	1,8	14,4	40,1	0,93
3	Пента®-818 Одолит-К Бест-ТБ	0,1 1,5 0,35	0,31	13,5	14	1,83	17,4	45,8	0,97
4	Этилсиликат-40 Одолит-К Бест-ТБ	0,1 1,5 0,5	0,32	21	22	1,81	17,0	40,8	0,98
5	Этилсиликат-40 Одолит-К Бест-ТБ	0,1 1,5 0,35	0,31	15,5	16	1,84	17,9	48,9	0,93
6	Этилсиликат-40 Одолит-К Бест-ТБ	0,1 1,5 0,25	0,31	13	14	1,86	18,8	49,7	0,92
7	N-октилтриэтоксисилан Одолит-К Бест-ТБ	0,1 1,5 0,5	0,32	20,5	21	1,87	19,5	55,9	0,99
8	N-октилтриэтоксисилан Одолит-К Бест-ТБ	0,1 1,5 0,25	0,31	8	9	1,82	14,4	49,2	0,91

В данной работе действие разрабатываемой КД направлено на повышение водостойкости изделий с одновременным повышением их конечной прочности, удлинением сроков схватывания смеси и придание самоуплотняющейся способности. Для этого, по результатам предыдущих исследований [20], в качестве компонентов КД были приняты наиболее эффективные виды гидрофобизирующих добавок («Этилсиликат-40», «Пента®-818», «N-октилтриэтоксисилан») и пластифицирующих («Одолит-К» и «Бест-ТБ»). КД готовилась путем смешивания компонентов в необходимых соотношениях. Результаты влияния КД на реологические и физико-механические свойства ГЦПВ приведены в табл. 4.

Как видно из табл.4, при взаимодействии исследуемых компонентов КД наблюдается синергетический эффект, который позволяет значительно повысить коэффициент размягчения, что позволяет отнести готовые изделия к водостойким, с одновременным увеличением физико-механических характеристик ГЦПВ и удлинением сроков схватывания смеси [21-23]. Получены образцы ГЦПК со следующими характеристиками: предел прочности при сжатии – 55,9 МПа, предел прочности при изгибе – 19,5 МПа, коэффициент размягчения – 0,99.

Выводы

1. Установлено, что наиболее эффективными для поверхностной гидрофобизации ГЦПК являются кремнийорганический состав на органическом растворителе «Типром®М» и кремнийорганическое соединение «ФЭС-50» (полифенилэтоксисилоксан) $[C_6H_5Si(OC_2H_5)]_n$, позволяющие повысить предел прочности при сжатии на 34 %, коэффициент размягчения – на 95 %. Однако, свойства данных изделий не позволяют отнести их к водостойким материалам, т.к. коэффициент размягчения не превышает 0,8.

2. Наиболее эффективными для объемной гидрофобизации ГЦПВ на основе низкомарочного ГВ являются гомогенная смесь олигоэтоксисилоксанов «Этилсиликат-40» (RO-[-Si(OR)$_2$ O-]m–R, R=C_2H_5), водная эмульсия октилтриэтоксисилана «Пента®-818» (содержание активного вещества – 50 %), кремнийорганическое соединение «N-октилтриэтоксисилан» $C_8H_{17}Si(OC_2H_5)_3$, позволяющие повысить предел прочности при сжатии ГЦПК на 44,7 %, предел прочности при изгибе – на 9,5 %, коэффициент размягчения – на 63,3-93,9 %.

3. Разработанная полифункциональная КД на основе ПД и ГД позволяет повысить комплекс основных свойств ГЦПК. Так, предел прочности при сжатии увеличивается в 2,57 раза, предел прочности при изгибе – на 86 %, коэффициент размягчения – в 2,02 раза. Получены образцы ГЦПК со следующими характеристиками: предел прочности при сжатии – 55,9 МПа, предел прочности при изгибе – 19,5 МПа, коэффициент размягчения – 0,99.

Таким образом, полученные изделия на основе низкомарочного ГВ с относительно не большим содержанием ПЦ (20 %) и АМД (4 %), обладают высокими прочностными характеристиками и водостойкостью. Использование комплексной добавки позволяет получить самоуплотняющуюся гипсоцементно-пуццолановую композицию и увеличить время ее жизнеспособности.

Список библиографических ссылок

1. Волженский А.В., Стамбулко В.И., Ферронская А.В. Гипсоцементно-пуццолановые вяжущие, бетоны и изделия. – М.: 1971. – 318 с.
2. Волженский А.В., Роговой М.И., Стамбулко В.И. Гипсоцементные и гипсошлаковые вяжущие и изделия. – М.: 1960. – 168 с.
3. Сагдатуллин Д.Г., Морозова Н.Н., Хозин В.Г. Высокопрочное гипсоцементноцеолитовое вяжущее // Строительные материалы, 2010, № 2. – С. 53-55.
4. Сагдатуллин Д.Г., Морозова Н.Н., Хозин В.Г., Ильичева О.М. Деформации высокопрочного композиционного гипсового вяжущего при твердении // Вестник ЮУрГУ, 2010, № 15. – С. 51-53.
5. Волженский А.В., Коган Г.С., Арбузов Н.Т. Гипсобетонные панели для перегородок и внутренней облицовки наружных стен. – М.: 1955. – 185 с.

6. Батраков В.Г. Повышение долговечности бетона добавками кремнийорганических полимеров. – М.: Стройиздат, 1968. – 134 с.
7. Хигерович М.И., Байер В.Е. Гидрофобизирующие добавки для цементов, растворов и бетонов. – М.: Стройиздат, 1979. – 125 с.
8. Ферронская А.В. Долговечность гипсовых материалов, изделий и конструкций. – М.: Стройиздат, 1984. – 256 с.
9. Потапова Е.Н., Исаева И.В. Повышение водостойкости гипсового вяжущего // Строительные материалы, 2012, № 7. – С. 20-22.
10. Гильфанов Р.М., Вдовин Е.А., Мавлиев Л.Ф. Оптимизация состава цементогрунта с комплексной добавкой на основе кремнийорганических соединений // Известия КГАСУ, 2014, № 4. – С. 262-267.
11. Мухаметрахимов Р.Х., Изотов В.С. Исследование влияния кремнийорганических соединений на свойства фиброцементных плит // Известия КГАСУ, 2011, № 4. – С. 254-259.
12. Войтович В.А., Хряпченкова И.Н., Яворский А.А., Мордвина Е.Н. Гидрофобизация, как способ увеличения объемов потребления гипса в строительстве // Сухие строительные смеси, 2014, № 1. – С. 9-11.
13. Ферронская А.В. Гипсовые материалы и изделия. Производство и применение. – М.: Изд-во АСВ, 2004. – 488 с.
14. Вдовин Е.А., Мавлиев Л.Ф. Повышение качества укрепленных грунтов введением гидрофобизирующих добавок // Известия КГАСУ, 2012, № 4 (22). – С. 373-377.
15. Соболевский М.В., Музовская М.В., Соболевский О.А., Попелева Г.С. Свойства и области применения кремнийорганических продуктов. – М.: Химия, 1975. – 256 с.
16. Ратинов В.Б., Иванов Ф.М. Химия в строительстве. – М.: Стройиздат, 1977. – 220 с.
17. Марков Л.А. Улучшение свойств грунтов поверхностно-активными и структурообразующими веществами. – М.: Автотрансиздат, 1963. – 176 с.
18. Изотов В.С., Мухаметрахимов Р.Х., Галаутдинов А.Р. Исследование влияния активных минеральных добавок на реологические и физико-механические свойства гипсоцементно-пуццоланового вяжущего // Строительные материалы, 2015, № 5. – С. 20-23.
19. Изотов В.С., Мухаметрахимов Р.Х., Галаутдинов А.Р. Комплексная добавка для повышения эффективности гипсоцементно-пуццоланового вяжущего // Строительные материалы, 2016, № 8. – С. 70-73.
20. Комплексная добавка: пат. 2519313 Рос. Федерация. № 2013103948/03; заявл. 29.01.2013; опубл. 10.06.2014. Бюл. № 16. – 5 с.
21. Способ приготовления гипсоцементно-пуццоланового вяжущего: пат. 2550630 Рос. Федерация. № 2014114814/03; заявл. 14.04.2014; опубл. 10.05.2015. Бюл. № 13. – 7 с.
22. Способ приготовления гипсоцементно-пуццолановой композиции: пат. 2552274 Рос. Федерация. № 2014114815/03; заявл. 14.04.2014; опубл. 10.06.2015. Бюл. № 16. – 7 с.
23. Способ приготовления гипсоцементно-пуццолановой смеси: пат. 2551176 Рос. Федерация. № 2014114813/03; заявл. 14.04.2014; опубл. 20.05.2015. Бюл. № 13. – 7 с.

Galautdinov A.R. – assistant
E-mail: galautdinov89@mail.ru
Mukhametrakhimov R.Kh. – candidate of technical sciences, associate professor
E-mail: muhametrahimov@mail.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Increase of water resistance of gypsum cement-pozzolan binder based on low-strength gypsum

Rusume

The low water resistance of gypsum-cement-puzzolan binder based on low-braned gypsum with a low content of portland cement and active mineral additives limits its wide use

in construction, as a result applying of bonding material with increased consumption of portland cement and active mineral additives is more dominate method. It is shown that one of the most effective ways to improve the water resistance of gypsum cement pozzolanic-based products which are made of the low-grade gypsum is a volume and surface hydrophobicity. In this scientific work, the effect of a number of water-soluble and water-insoluble hydrophobic additives on the rheological and mechanical properties, to determine their optimal content in the mixture was studied at the first stage. In the second stage features the combined action of hydrophobic and plasticizing additives were set, complex additives of multifunctional action was developed and patented.

It was found that the most effective for the surface-hydrophobic gypsum cement pozzolanic stones are silicone composition to an organic solvent «Tiprom®M» and organic silicon compound «FES-50» (polyphenylethoxysiloxan) $[C_6H_5Si(OC_2H_5)]_n$ allowing to increase the compressive strength at 34 %, the softening rate – 95 %.

The most effective for bulk hydrophobic gypsum cement-pozzolan binder based on low-grade gypsum are homogeneous mixture of oligoethoxysiloxan «Ethyl silicate-40» (RO-[-$Si(OR)_2$ O-]m–R, R=C_2H_5), water emulsion of octyltriethoxysilane «Penta®-818» organosilicon compound «N-octyltriethoxysilane» $C_8H_{17}Si(OC_2H_5)_3$, allowing to increase the compressive strength of gypsum cement-pozzolan brick by 44,7 %, flexural strength – by 9,5 %, softening factor – on 63,3-93,9 %. The developed multifunctional complex additive improves the compressive strength of 2,57 times, the flexural strength – 86 %, softening coefficient – 2,02 times. The samples of the following characteristics: compressive strength – 55,9 MPa, flexural strength – 19,5 MPa, softening coefficient – 0,99 – were obtained.

Keywords: gypsum cement-pozzolan binder, water resistance, water-repellency, the complex additive.

Reference list

1. Volzhenskij A.V., Stambulko V.I., Ferronskaja A.V. Gypsum cement-pozzolan binders, concrete and products. – M.: 1971. – 318 p.
2. Volzhenskij A.V., Rogovoj M.I., Stambulko V.I. Gypsum cement and gypsum slag binders and products. – M.: 1960. – 168 p.
3. Sagdatullin D.G., Morozova N.N., Khozin V.G. High strength gypsum cement gypsum-zeolite binder // Stroitel'nye Materialy, 2010, № 2. – P. 53-55.
4. Sagdatullin D.G., Morozova N.N., Khozin V.G., Ilichyova O.M. Deformations of high-strength composition of gypseous binding during maturing // Vestnik YuUrGU, 2010, № 15. – P. 51-53.
5. Volzhenskij A.V., Kogan G.S., Arbuzov N.T. Gypsum concrete panels for walls and interior cladding of external walls. – M.: 1955. – 185 p.
6. Batrakov V.G. Increasing durability of concrete with additives of silicone polymers. – M.: Stroyizdat, 1968. – 134 p.
7. Higerovich M.I., Bayer V.E. Hydrophobic additives for cements, mortars and concretes. – M.: Stroyizdat, 1979. – 125 p.
8. Ferronskaja A.V. The durability of gypsum materials, products and structures. – M.: Stroyizdat, 1984. – 256 p.
9. Potapova E.N., Isaeva I.V. Improving water resistance of gypsum binder // Stroitel'nye Materialy, 2012, № 7. – P. 20-22.
10. Gilfanov R.M., Vdovin E.A., Mavliev L.F. Optimization of cement soil with complex additive on the basis of silicone compounds // Izvestija KGASU, 2014, № 4. – P. 262-267.
11. Muhametrahimov R.Kh., Izotov V.S. Investigation of the effect of silicone compounds on the properties of fiber cement boards // Izvestija KGASU, 2011, № 4. – P. 254-259.
12. Vojtovich V.A., Hryapchenkova I.N., Yavorskiy A.A., Mordvina E.N. Waterproofing as a way to increase the volume of consumption of gypsum in building // Suhie stroitel'nye smesi, 2014, № 1. – P. 9-11.
13. Ferronskaya A.V. Gypsum materials and products. Production and use. – M.: Publishers ASV, 2004. – 488 p.

14. Vdovin E.A., Mavliev L.F. Improving the quality of reinforced soils by introducing hydrophobic additives // Izvestija KGASU, 2012, № 4 (22). – P. 373-377.
15. Sobolevskij M.V., Muzovskaja M.V., Sobolevskij O.A., Popeleva G.S. Properties and applications of silicone products. – M.: Himija, 1975. – 256 p.
16. Ratinov V.B., Ivanov F.M. Chemistry building. – M.: Stroyizdat, 1977. – 220 p.
17. Markov L.A. Improving the properties of soil by surface-active and nucleating agents. – M.: Avtotransizdat, 1963. – 176 p.
18. Izotov V.S., Mukhametrakhimov R.Kh., Galautdinov A.R. Investigation of the effect of active mineral admixtures on the rheological and mechanical properties of gypsum cement-pozzolan binder // Stroitel'nye Materialy, 2015, № 5. – P. 20-23.
19. Izotov V.S., Mukhametrakhimov R.Kh., Galautdinov A.R. Complex additive for improving the efficiency of gypsum cement-pozzolan binder // Stroitel'nye Materialy, 2016, № 8. – P. 70-73.
20. Complex additive: patent 2519313 of the Russian Federation. № 2013103948/03; It is declared 29.01.2013; It is published 10.06.2014. The bulletin № 16. – 5 p.
21. A method of preparing gypsum cement-pozzolan binder: patent 2550630 of the Russian Federation. № 2014114814/03; It is declared 14.04.2014; It is published 10.05.2015. The bulletin № 13. – 7 p.
22. A method of preparing gypsum cement-pozzolan composition: patent 2552274 of the Russian Federation. № 2014114815/03; It is declared 14.04.2014; It is published 10.06.2015. The bulletin № 16. – 7 p.
23. A method of preparing gypsum cement-pozzolan mixture: patent 2551176 of the Russian Federation. № 2014114813/03; It is declared 14.04.2014; It is published 20.05.2015. The bulletin № 13. – 7 p.

УДК 691.545
Ермилова Е.Ю. – аспирант
E-mail: lizabeta_91@list.ru
Камалова З.А. – кандидат технических наук, доцент
E-mail: zlesik@mail.ru
Гильфанов Р.М. – кандидат технических наук, доцент
E-mail: gilfanov.rash@yandex.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

Исследование влияния комплексных добавок на основе термоактивированных глин и карбонатных пород на свойства композиционного цемента

Аннотация

В работе представлены результаты исследования влияния комплексных добавок на основе термоактивированных глин и карбонатных пород на свойства композиционного цементного теста и камня. В качестве глинистого сырья была выбрана Новоорская глина Оренбургской области. В качестве карбонатных пород были взяты Добрятинский и Камаевский известняки, а также Матюшинский доломит. Определены оптимальные составы комплексных добавок. Исследовано влияние количества и вида карбонатной породы в составе комплексной добавки на свойства композиционного цементного теста и камня. Показано, что наилучшими свойствами обладают составы с комплексной добавкой на основе Добрятинского известняка.

Ключевые слова: термоактивированные глины, карбонатные породы, композиционный цемент, известняк, доломит.

Введение

В последнее время все чаще стал упоминаться термин «устойчивого развития» (sustainable development) применительно как ко всей строительной индустрии, так и к цементной промышленности в частности [1-4]. Несмотря на то, что в европейских странах этому направлению уделяется большое внимание, инвестируются большие средства в различные разработки [3], в России эта концепция не находит широкого распространения в промышленности, несмотря на принятие еще в 1996 г. Указа Президента РФ № 440 «Об утверждении Концепции перехода Российской Федерации к устойчивому развитию», а вслед за этим и разработки «Стратегии перехода Российской Федерации к устойчивому развитию» [4].

Основными принципами концепции «устойчивого развития» являются ресурсо- и энергосбережение, а также защита окружающей среды от выбросов в атмосферу и различных твердых и жидких отходов. Одним из наиболее эффективных способов решения насущных экологических, энергетических и экономических проблем в цементной промышленности является разработка и внедрение эффективных ресурсоэнергосберегающих цементов с различными минеральными добавками. Выпуск таких цементов регламентируется европейским стандартом EN 197-1:2000 и гармонизированным с ним российским ГОСТом 31108-2003, в которых допускается введение минеральных добавок до 65 % от массы вяжущего. Основная доля, порядка 75-80 % от общего объема выпускаемого на сегодняшний день цемента в России, приходится на марку ЦЕМ I с содержанием добавок в количестве до 5 %. Столь незначительная доля выпускаемых цементов с минеральными добавками во многом определяется сложностью прогнозирования состава и свойств получаемых цементов.

Вместе с тем, в последнее время работы многих как зарубежных, так и отечественных ученых посвящены разработке таких композиционных цементов на основе так называемых дополнительных цементирующих материалов (supplementary cementitious materials), к которым относятся микрокремнезем, метакаолин, золы-уноса, шлаки, обожженные глины [5-8]. С другой стороны, использование добавок-наполнителей, таких

как карбонатные породы, кварцевый песок, позволяет также сэкономить клинкерную часть без существенной потери прочности получаемых материалов [9-10].

В работах [11-13] установлено, что совместное использование пуццолановых добавок с известняковым микронаполнителем приводит к возникновению синергетического эффекта, выражающегося в виде стабилизации эттрингита за счет образования гидрата монокарбоалюмината [14]. Вместе с тем, данная область исследований требует более детального изучения как в аспекте влияния комплексных добавок на физико-механические и другие технико-эксплуатационные свойства, так и на состав, структуру и количество новообразований.

Цель работы

Исследование влияния комплексных добавок на основе термоактивированной глины и карбонатных пород на свойства композиционного портландцемента.

Экспериментальная часть

Исследования проводились на портландцементе ОАО «Вольскцемент» марки ЦЕМ I 42,5 Н (табл. 1), химический состав которого представлен в табл. 2.

Таблица 1

Характеристики Вольского портландцемента ЦЕМ I 42,5 Н

Прочность на сжатие МПа		**Свойства**	
3 суток	33,5	Уд. поверхность (по Блейну)	345 $м^2$/кг
28 суток	51,0	Насыпная плотность	1000 г/л
После пропаривания	42,0	Нормальная густота	26,5 %
		Начало схватывания	2:50 ч:мин
		Конец схватывания	4:10 ч:мин
Минералогический состав			
Алит C_3S	Белит C_2S	Алюминаты C_3A	Алюмоферриты C_4AF
67,0	11,0	4,0	15,0

Таблица 2

Химический состав экспериментальных материалов

Химический состав (%)	**Вольский ЦЕМ I 42,5Н**	**Новоорская глина**	**Добрятинский известняк**	**Камаевский известняк**	**Матюшинский доломит**
CaO	63,0	-	54,7	47,73	29,38
SiO_2	20,5	54,1	1,1	9,19	3,25
Al_2O_3	4,5	44,8	0,1	0,9	0,84
Fe_2O_3	4,5	0,1	0,07	1,9	0,2
MgO	1,5	-	1,0	0,86	20,48
SO_3	3,0	-	-	-	0,06
Na_2O	-	-	-	-	0,01
K_2O	-	-	-	-	0,01
$Na_2O_{экв}$	0,7	-	-	-	0,02
TiO_2	-	-	-	-	0,04
FeO	-	-	-	-	0,16
MnO	-	-	-	-	0,05
P_2O_5	-	-	-	-	0,02

Учеными установлено [5-7], что наибольшей активностью обладают каолиновые глины, в связи с чем, в качестве глинистого сырья была выбрана глина Новоорского месторождения Оренбургской области с содержанием каолинита 82,3 % и кварца 17,7 %. Химический состав исходного глинистого сырья приведен в табл. 2. Термоактивирование глины выполнялась в лабораторной камерной электропечи SNOL-7,2/1100 по подобранному ранее режиму обжига – 720 ºС 1 час.

Для исследования влияния химического и минерального состава карбонатных пород на эффективность комплексных добавок были выбраны карбонатные породы с различным

содержанием кальцита и глинистых примесей: известняк Добрятинского месторождения Владимирской области с содержанием кальцита 100 % (средняя плотность 2500 кг/м^3), известняк Камаевского месторождения Менделеевского р-на РТ с минеральным составом, в % от массы: кальцит – 82,3; кварц – 17,7; альбит – 6,11; монтмориллонит – 1,19 (средняя плотность 2300 кг/м^3). Согласно последним публикациям [10] введение 5-15 % доломита ускоряет гидратацию алита и переход некоторых компонентов при гидратации в жидкую фазу, в связи с этим для исследований был принят доломит Матюшинского месторождения РТ с содержанием доломита 99 % и кварца 1 % (средняя плотность 2000 кг/м^3). Химический состав карбонатных пород приведен в табл. 2.

Выбранные материалы размалывались в шаровой лабораторной мельнице до удельной поверхности 500 м^2/кг.

Для проведения эксперимента из теста нормальной густоты готовились образцы-кубики размерами 2х2х2 см. Тепловлажностная обработка (ТВО) проводилась по режиму 4+6+2. Часть образцов хранилась в воде и испытывалась в возрасте 7 и 28 суток на лабораторном прессе.

Результаты и обсуждение

Количество комплексной добавки было принято равным 20 % от массы портландцемента. Карбонатные породы вводились в количестве 5, 15, 30, 40 % от массы добавки для Добрятинского известняка, и в количестве 5, 15, 30 % от массы добавки для Камаевского известняка и Матюшинского доломита.

Исследование влияния комплексных добавок на основе термоактивированной глины и карбонатных добавок на свойства композиционного портландцемента, проводилось на основании результатов экспериментов определения реологических свойств цементного теста, прочности, плотности и водопоглощения композиционного цементного камня. Полученные результаты представлены в табл. 3.

Влияние комплексных добавок на водопотребность цементного теста

В работах [15-16] установлено, что введение добавок карбонатных пород снижают водопотребность цементного теста. В табл. 3 представлены данные по водопотребности композиционного цементного теста с добавками карбонатных пород.

Согласно табл. 3, наибольшее снижение водопотребности наблюдается в составах с комплексной добавкой на основе Добрятинского известняка, в связи с тем, что содержащийся в нем кальцит имеет малую пористость. При содержании известняка в количестве 30-40 % водопотребность цементного теста снижается на 7 % по сравнению с водопотребностью цементного теста контрольного состава.

В случае с Камаевским известняком также наблюдается снижение водопотребности на 2,6-4,5 % по сравнению с образцом контрольного состава.

Введение в комплексную добавку Матюшинского доломита позволяет снизить водопотребность цементного теста лишь на 1,9-2,6 %, что свидетельствует о повышенной пористости исходной породы.

Влияние комплексных добавок на прочность композиционного цементного камня

Из табл. 3 видно, что при проведении тепловлажностной обработки прочность композиционного цементного камня меняется незначительно по сравнению с прочностью цементного камня контрольного состава. В возрасте 7 суток также изменения прочности композиционного цементного камня незначительные.

Из рис. 1, видно, что в возрасте 28 суток наибольшей прочностью обладают составы на основе комплексной добавки с содержанием Добрятинского известняка в количестве 15-40 %. При этом прочность составляет 96,2-97,9 % от прочности бездобавочного образца.

В случае с Камаевским известняком наибольшая прочность наблюдаются при его содержании 5 % и составляет 92,8 %. Столь малое количество известняка в добавке обусловлено наличием глинистых примесей, которые негативно сказываются на физико-механических показателях получаемых цементов. При увеличении количества известняка до 30 % приводит к снижению на 25 % по сравнению с прочностью контрольного образца.

Таблица 3

Влияние добавок карбонатных пород на водопотребность цементного теста

№	Новоорская термоактивированная глина, % от массы комплексной добавки	Карбонатная порода, % от массы комплексной добавки			Содержание добавки, % от массы ПЦ	В/Ц, %	Предел прочности на сжатие, МПа			Плотность, кг/м^3	Водопоглощение по массе, %
		Добрятинский известняк	Камаевский известняк	Матюшинский доломит			После ТВО	7 сут	28 сут		
1	-	-	-	-	-	26,7	70,8	77,9	97,5	2168	5,66
2	95	5	-	-	20	27,0	71,0	75,0	85,4	2161	5,68
3	85	15	-	-	20	26,7	66,7	66,6	93,8	2181	5,58
4	70	30	-	-	20	26,0	68,5	72,5	95,4	2225	5,04
5	60	40	-	-	20	26,3	55,2	62,1	84,3	2167	5,18
6	95	-	5	-	20	27,5	72,2	72,6	90,5	2185	5,78
7	85	-	15	-	20	27,0	66,2	71,2	80,7	2158	5,81
8	70	-	30	-	20	26,5	63,7	68,4	72,7	2141	5,94
9	95	-	-	5	20	27,0	65,0	70,2	79,5	2159	5,79
10	85	-	-	15	20	26,7	60,9	67,1	75,2	2147	5,73
11	70	-	-	30	20	27,5	57,8	57,1	71,7	2126	5,81

Образцы с комплексной добавкой, содержащей в своем составе 5 % Матюшинского доломита, имеют невысокую прочность, которая составляет 81,5 % от прочности бездобавочного состава, дальнейшее увеличение количества известняка в комплексной добавке до 15-30 % приводит к падению прочности на 25 % по сравнению с прочностью контрольного образца.

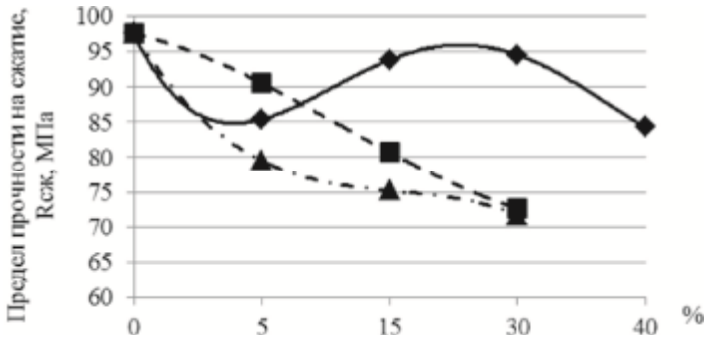


Рис. 1. Зависимость предела прочности на сжатие в возрасте 28 суток композиционного цементного камня с комплексной добавкой на основе Новоорской термоактивированной глины от содержания карбонатных пород: ♦ – Добрятинский известняк; ■ – Камаевский известняк; ▲ – Матюшинский доломит

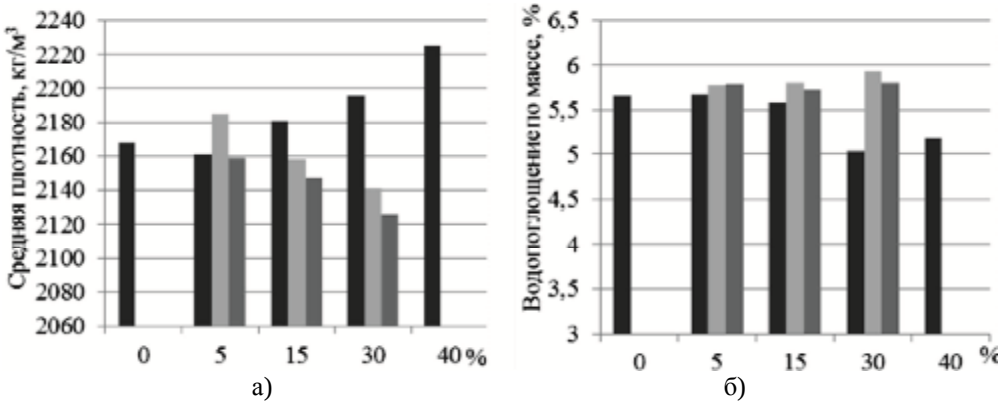
Влияние комплексных добавок на плотность и водопоглощение композиционного цементного камня

В возрасте 28 суток определялись плотность образцов и водопоглощение по массе.

Из рис. 2 видно, что наибольшей плотностью и наименьшим водопоглощением обладают составы с наименьшей водопотребностью, т.е. с содержанием Добрятинского известняка в количестве 30 % от массы комплексной добавки. Плотность при этом увеличивается на 2,6 %, а водопоглощение уменьшается на 9,2 %, что является следствием низкой пористости исходной породы.

При содержании 5 % Камаевского известняка в комплексной добавке плотность равна плотности контрольного состава, а водопоглощение меньше на 23 %, что является следствием достаточно низкой пористости исходной породы.

В случае с комплексной добавкой на основе Матюшинского доломита, то при его содержании 5 %, плотность образца практически равна плотности контрольного образца, а водопоглощение на 18 % ниже чем у контрольного образца.



а) б)

Рис. 2. Зависимость средней плотности (а) и водопоглощения (б) по массе композиционного цементного камня с комплексными добавками на основе Новоорской термоактивированной глины и карбонатных добавок: ■ – Добрятинского известняка, ■ – Камаевского известняка; ■ – Матюшинского доломита

Выводы

1. Эффективность применения карбонатных добавок в составе комплексных добавок с термоактивированной глиной определяется химико-минералогическим составом как самой глины, так и карбонатной породы, особенно количеством кальцита и наличием глинистых примесей в последнем. Кроме того, большую роль играют физические показатели исходных карбонатных пород: плотность, пористость, водопоглощение.

2. Показано, что наилучшие показатели свойств цементного теста и камня достигаются с комплексной добавкой на основе Добрятинского известняка, что обусловлено высоким содержанием кальцита (почти 100 %) и наибольшей плотностью и наименьшей пористостью исходной породы.

3. Наименьшая водопотребность цементного теста, водопоглощение и показатели прочности, плотности композиционного цементного камня наблюдаются при введении 30-40 % Добрятинского известняка в комплексную добавку, при общем содержании последней – 20 % от массы портландцемента.

Список библиографических ссылок

1. Ludwig H.-M. CO_2-arme Zemente fürnachhaltige Betone // Ibausil. – Weimar, Deutschland, 2015, Band 2. – P. 7-32.
2. Рахимов Р.З., Рахимова Н.Р. Строительство и минеральные вяжущие прошлого, настоящего и будущего // Строительные материалы, 2013, № 5. – С. 57-59.
3. Овчинникова Н.В. Экологический аспект устойчивого развития России: желаемое и действительное // Известия Самарского научного центра Российской академии наук, 2003, т. 5, № 2. – С. 207-217.
4. Sustainable development // European Commission. URL: http://ec.europa.eu/environment/eussd/ (дата обращения: 27.10.2016).
5. Lothenbach B., Scrivener K., Hooton R.D. Supplementary cementitious materials // Cement and Concrete Research, 2011, № 41. – P. 1244-1256.
6. Шульце С.Е., Рикерт Й. Свойства цементов с прокаленными глинами в качестве основного компонента // Цемент и его применение, 2016, № 1. – С. 152-156.

7. Ермилова Е.Ю., Камалова З.А., Рахимов Р.З., Стоянов О.В., Савинков С.А. Термически-активированная глина как альтернативная замена метакаолина в композиционных портландцементах // Вестник Казанского технологического университета, 2015, т. 18, № 4. – С. 175-179.
8. Гергичны З. Зола-унос как компонент цемента // Цемент и его применение, 2014, № 4. – С. 24-33.
9. Gali S., Ayora C., Alfonso P., et. all. Kinetics of dolomit-portlandite reaction: Application to Portland cement concrete // Cement and Concrete Research, 2001, № (31) 6. – P. 933-939.
10. Zhang S., Lu D., Xu Z. Effect of dolomite powders on the hydration and strength properties of cement mortars // Proc. XIV International Congress on the Chemistry of cement. – Beijing, China 13-16.11.2015. – 320 p.
11. Скибстед Й., Даи З., Расмуссен К.Е., Гарг Н. Термическая активация и пуццолановая активность кальцинированных глин для использования в портландцементах с добавками // Цемент и его применение, 2016, № 1. – С. 144-151.
12. Dhir K., Limbachiya M.C., McCarthy M.J., Chaipanich A. Evaluation of Portland limestone cements for use in concrete construction // Materials and Structures, 2007, Vol. 40, Issue 5. – P. 459-473.
13. Кунтер В., Даи Ч., Скибстед Й. Термодинамическое моделирование в системе портландцемент–метакаолин–известняк: потенциальные факторы, влияющие на механические свойства // Цемент и его применение, 2015, № 3. – С. 119-124.

Ermilova E.U. – post-graduate student
E-mail: lizabeta_91@list.ru
Kamalova Z.A. – candidate of technical sciences, associate professor
E-mail: zlesik@mail.ru
Gilfanov R.M. – candidate of technical sciences, associate professor
E-mail: gilfanov.rash@yandex.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

The research of influence of complex additives based on calcined clays and carbonate fillers on the properties of blended cement

Resume

Today the introduction of blended cements with various mineral additives is the leading principles of the concept of «sustainable development» in the cement industry. In Russia the production of composition cements is regulated by state standard specification with number 31108-2003 according to which introduction of mineral additives is allowed up to 65 %, however in practice about 75 % of the produced cements is limited to cements with the content 5 % of additives. At the same time, scientists established that the combination of silica-alumina puzzolanic admixtures (slags, fly ash, microsilica, metakaolin, burnt shale) with microfillers (limestone flour) gives synergetic effect. The results of a research of influence of complex additives based on calcined clays and carbonate flour on the properties of the blended cement paste and stone are presented. As clay raw materials the Novoorsk clay of the Orenburg region was chosen. As carbonate fillers Dobryatinsk and Kamayevsk limestones, and also Matyushinsk dolomite were taken. Influence of quantity and a type of carbonate filler as a part of complex additive on the properties of the composition cement paste and stone is investigated. It is shown that the blended cement with complex additive based on Dobryatinsk limestone have the best properties.

Keywords: calcined clays, carbonate filler, blended cement, limestone, dolomite.

Reference list

1. Ludwig H.-M. CO2-arme Zemente fürnachhaltige Betone // Ibausil. – Weimar, Deutschland, 2015, Band 2. – P. 7-32.
2. Rakhimov R.Z., Rakhimova N.R. Construction and mineral binders of the past, present and future // Stroitelnye materialy, 2013, № 5. – P. 57-59.
3. Ovchinnikova N.V. The environmental aspect of sustainable development of Russia: aspiration and reality // Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiyskoy akademii nauki, 2003, vol. 5, № 2. – P. 207-217.
4. Sustainable development // European Commission. URL: http://ec.europa.eu/ environment/eussd/ (reference date: 27.10.2016).
5. Lothenbach B., Scrivener K., Hooton R.D. Supplementary cementitious materials // Cement and Concrete Research, 2011, № 41. – P. 1244-1256.
6. Schulze S.E., Rickert Y. The properties of cements with calcined clays as a main component // Tsement i ego primenenie, 2016, № 1. – P. 152-156.
7. Ermilova E.Yu., Kamalova Z.A., Rakhimov R.Z., Stoyanov O.V. Savinkov S.A. Thermally-activated clay as an alternative replacement of metakaolin in composite Portland cement // Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta, 2015, vol. 18, № 4. – P. 175-179.
8. Giergiczny Z. Fly Ash ash as a component of cement // Tsement i ego primenenie, 2014, № 4. – P. 24-33.
9. Gali S., Ayora C., Alfonso P., et. all. Kinetics of dolomit-portlandite reaction: Application to Portland cement concrete // Cement and Concrete Research, 2001, № (31) 6. – P. 933-939.
10. Zhang S., Lu D., Xu Z. Effect of dolomite powders on the hydration and strength properties of cement mortars // Proc. XIV International Congress on the Chemistry of cement. – Beijing, China 13-16.11.2015. – 320 p.
11. Skibsted Y., Dai, Z., Rasmussen K.E., Garg N. Thermal activation and pozzolanic activity of calcinated clay for use in Portland cement with additives // Tsement i ego primenenie, 2016, № 1. – P. 144-151.
12. Dhir K., Limbachiya M.C., McCarthy M.J., Chaipanich A. Evaluation of Portland limestone cements for use in concrete construction // Materials and Structures, 2007, Vol. 40, Issue 5. – P. 459-473.
13. Kunter V., Dai Ch., Skibsted Y. Thermodynamic modeling in the system of Portland cement–metakaolin–limestone: potential factors affecting mechanical properties // Tsement i ego primenenie, 2015, № 3. – P. 119-124.

УДК 691.545
Ермилова Е.Ю. – аспирант
E-mail: lizabeta_91@list.ru
Камалова З.А. – кандидат технических наук, доцент
E-mail: zlesik@mail.ru
Рахимов Р.З. – доктор технических наук, профессор
E-mail: rahimov@kgasu.ru
Хантимиров А.Г. – студент
Габбасов Д.А. – студент
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

Исследование влияния добавок карбонатных пород на физико-механические свойства композиционного цемента

Аннотация

В работе представлены результаты исследования влияния добавки карбонатных пород на физико-механические показатели композиционного цементного камня. В качестве карбонатных добавок были выбраны Добрятинский и Камаевский известняки, а также Матюшинский доломит. Исследовано влияние температуры и условий твердения на прочностные показатели композиционного цементного камня. Установлено, что на физико-механические показатели цементного камня и реологические свойства цементного теста влияют химико-минералогический состав карбонатных добавок.

Ключевые слова: карбонатные породы, известняк, доломит, композиционный цемент.

Введение. На сегодняшний день одна из наиболее насущных проблем цементной промышленности большинства стран заключается в сокращении выбросов CO_2, а также затрагивает вопросы ресурсо- и энергосбережения [1-3]. Одним из основных, а в некоторых странах и главным, решением этой проблемы является использование композиционных портландцементов с минеральными добавками.

Работами многих исследователей установлено, что использование алюмосиликатных добавок, в качестве дополнительных цементирующих материалов (Supplementary cementitious materials), которые связывают образующийся при гидратации портландцемента гидроксид кальция с образованием низкоосновных кристаллогидратов силикатов и алюмосиликатов кальция [3-8]. Карбонатные добавки считались инертными микронаполнителями до тех пор, пока исследованиями Будникова П.П., Тимашева В.В. и др. не было установлено, что добавка тонкомолотого известняка при гидратации портландцемента образует гидрокарбоалюминат кальция $3CaO{\cdot}Al_2O_3{\cdot}CaCO_3{\cdot}\ 12H_2O$ [9-10]. Рамачандраном З. было показано [11], что введение карбонатного наполнителя в количестве до 30 % с ростом степени наполнения и дисперсности до 500 $м^2$/кг приводит к ускорению гидратации C_3S, особенно в ранние сроки твердения, что объясняется образованием центров кристаллизации в виде гидрокарбоната кальция, а также модифицированной поверхностью трехкальциевого силиката.

Однако, взаимодействие карбонатных добавок с продуктами гидратации цемента все еще изучено недостаточно. Коллективом ученых во главе с Козловой В.К. [12-13] было уставлено, что продуктами гидратации портландцемента с карбонатными добавками являются не только карбоалюминаты кальция, но и возможно образование твердых растворов между гидрокарбоалюминатом кальция и гидроксоалюминатом кальция состава $3CaO{\cdot}Al_2O_3{\cdot}Ca(OH)_2{\cdot}11H_2O$. Кроме того, есть предпосылки образования гидрокарбосиликатов кальция, которые представляют собой малоизученные рентгеноаморфные неорганические полимеры, которые трудно обнаружить. Механизм их образования по мнению авторов [12-13] заключается во взаимодействии карбонатных добавок с продуктами гидратации силикатов портландцемента фазы C-S-H, с образованием $Ca(HCO_3)_2$, которое распадается на ионы гидрокарбоната кальция и гидрокарбоната $CaHCO_3^+$ и HCO_3^-. В течении некоторого времени, а также при

повышении температуры до 80-100 ºС, возможно образование гидросиликатов кальция при разложении карбонатных групп с выделением углекислого газа и воды.

В работе других ученых отмечается, что добавка доломита может привести к возникновению CO_3^- и, как следствие, к образованию продуктов реакции, схожих с теми, что образуются в результате реакции с известняком (полу- и монокарбонатов) [14-15]. В работе [16] установлено, что цемент с добавкой доломита в количестве 5-10 %, имеет большую или такую же прочность как у цемента с таким же количеством добавки известняка. При этом, отмечается, что в процессе гидратации возникают такие же продукты гидратации, как и с добавкой известняка. Другими исследователями было установлено [17], что добавка 5-15 % доломита ускоряет гидратацию алита и переход некоторых компонентов при гидратации в жидкую фазу.

Цель работы

Исследование влияния карбонатных добавок с различным содержанием кальцита и магнезита на физико-механические показатели композиционного портландцемента.

Экспериментальная часть

Исследования проводились на портландцементе (ПЦ) ОАО «Вольскцемент» марки М500 Д0 (табл. 1), химический состав которого представлен в табл. 2.

Таблица 1

Характеристики Вольского портландцемента ПЦ 500-Д0-Н

Прочность на сжатие МПа		**Свойства**	
3 суток	33,5	Уд.поверхность (по Блейну)	345 $м^2$/кг
28 суток	51,0	Насыпная плотность	1000 г/л
После пропаривания	42,0	Нормальная густота	26 %
		Начало схватывания	2:50 ч:мин
		Конец схватывания	4:10 ч:мин
Минералогический состав			
Алит C_3S	Белит C_2S	Алюминаты C_3A	Алюмоферриты C_4AF
67,0	11,0	4,0	15,0

Таблица 2

Минеральный состав экспериментальных материалов

Минеральный состав (%)	**Добрятинский известняк**	**Камаевский известняк**	**Матюшинский доломит**
Кальцит	100	87,37	-
Кварц	-	5,33	1
Альбит	-	6,11	-
Монтмориллонит	-	1,19	-
Доломит	-	-	99

В качестве карбонатных пород были выбраны: Добрятинский известняк (ДИ – Владимирская область), Камаевский известняк (КИ – Менделеевский р-н Республика Татарстан) и Матюшинский доломит (МД – Республика Татарстан). Удельная поверхность карбонатных пород составляла 300 $м^2$/кг.

Минеральный состав карбонатных пород представлен в табл. 2. Химический состав материалов приведен в табл. 3.

Исследования проводились на образцах-кубиках 2х2х2 см. Часть образцов подвергалась тепловлажностной обработке (ТВО) по режиму (4+6+2), другая часть хранилась в воде и по истечении 7, 28 суток образцы подвергались испытаниям.

Таблица 3

Химический состав экспериментальных материалов

Химический состав (%)	Вольский CEM I 42,5H	Добрятинский известняк	Камаевский известняк	Матюшинский доломит
CaO	63,0	54,7	47,73	29,38
SiO_2	20,5	1,1	9,19	3,25
Al_2O_3	4,5	0,1	0,9	0,84
Fe_2O_3	4,5	0,07	1,9	0,2
MgO	1,5	1,0	0,86	20,48
SO_3	3,0		-	0,06
Na_2O	-	-	-	0,01
K_2O	-	-	-	0,01
$Na_2O_{экв}$	0,7	-	-	0,02
TiO_2	-	-	-	0,04
FeO	-	-	-	0,16
MnO	-	-	-	0,05
P_2O_5	-	-	-	0,02

Результаты и обсуждение

Для оценки влияния карбонатных добавок на свойства композиционного цементного камня, были рассмотрены аспекты влияния этих добавок на водопотребность цементного теста, прочность композиционного цементного камня в различные сроки твердения, а также плотность и водопоглощение цементного камня.

Влияние карбонатных добавок на водопотребность цементного теста

Согласно данным некоторых исследователей [17], добавки карбонатных пород снижают водопотребность цементного раствора. В табл. 4 представлены данные по водопотребности композиционного цементного теста с добавками карбонатных пород.

Таблица 4

Влияние добавок карбонатных пород на водопотребность цементного теста

№ состава	Добрятинский известняк, %	Камаевский известняк, %	Матюшинский доломит, %	В/Ц
1	-	-	-	26,7
2	5	-	-	26,5
3	10	-	-	26,4
4	20	-	-	26,5
5	30	-	-	26,0
6	-	5	-	26,0
7	-	10	-	26,2
8	-	20	-	26,4
9	-	30	-	26,6
10	-	-	5	26,5
11	-	-	10	26,5
12	-	-	20	26,6
13	-	-	30	26,7

Как видно из табл. 4, наибольшее снижение водоцементного отношения наблюдается с добавкой Добрятинского известняка, причем, при увеличении количества вводимой добавки В/Ц уменьшается. Для Камаевского известняка и Матюшинского доломита наблюдается обратная зависимость, когда при малом содержании добавки до 5-10 % водопотребность снижается, а с увеличением количества добавки до 30 % становится равной водопотребности контрольного состава, что связано с достаточным содержанием тонкодисперсных глинистых примесей, которые, в свою очередь, приводят к увеличению водопотребности.

Влияние карбонатных добавок на прочность композиционного цементного камня

В работе [18] показано, что благоприятное воздействие добавки известняка наблюдается при введении его до 15 % от массы вяжущего. Согласно другим источникам – до 20 % [9] или до 30 % [10].

Полученные результаты по прочности композиционного цементного камня (КЦК) с добавками карбонатных пород представлены в таблице 5.

Из рис. 1 видно, что при тепловлажностной обработке композиционного цементного камня наибольшая прочность у образцов с добавкой 10 % Добрятинского известняка, при этом, прирост прочности составляет 6 %. При содержании добавки этого известняка в количестве 5 % и 20-30 % прочность образцов равна прочности цементного камня с добавкой Матюшинского доломита. У образцов с добавкой Камаевского известняка прочность ниже.

Таблица 5

Влияние добавок карбонатных пород на прочностные показатели КЦК

№ состава	Добрятинский известняк, %	Камаевский известняк, %	Матюшинский доломит, %	Предел прочность на сжатие, МПа		
				После ТВО	7 суток	28 суток
1	-	-	-	70,8	76,0	95,9
2	5	-	-	61,8	73,4	103,4
3	10	-	-	74,4	84,6	104,4
4	20	-	-	56,3	53,7	72,6
5	30	-	-	49,7	54,2	56,4
6	-	5	-	50,1	60,0	82,1
7	-	10	-	50,4	56,6	76,5
8	-	20	-	49,7	45,1	69,6
9	-	30	-	35,3	42,4	56,7
10	-	-	5	59,1	52,6	74,4
11	-	-	10	59,7	49,6	70,8
12	-	-	20	57,2	50,3	57,9
13	-	-	30	48,3	50,0	55,7

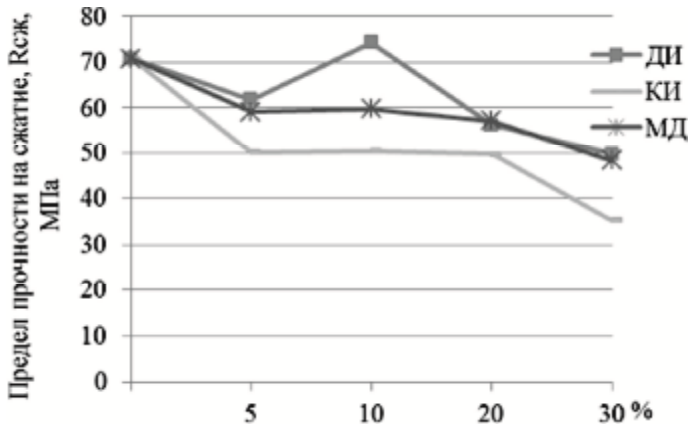


Рис. 1. Зависимость предела прочности на сжатие композиционного цементного камня после ТВО от содержания карбонатных добавок

В возрасте 7 суток наблюдается аналогичная зависимость прочности для образцов с Добрятинским известняком. Однако, для композиционных цементов с Камаевским известняком и Матюшинским доломитом прочность ниже, что вызвано малым снижением водопотребности.

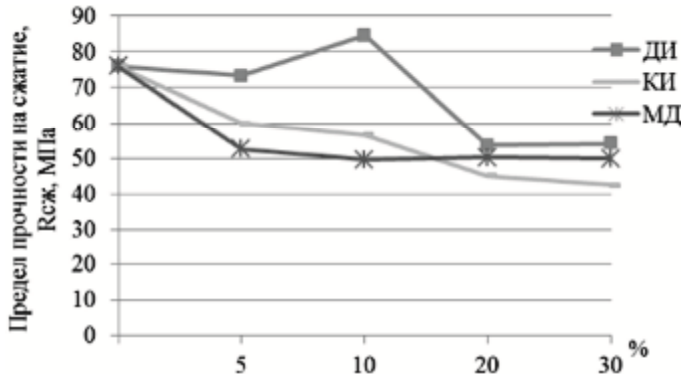


Рис. 2. Зависимость предела прочности на сжатие композиционного цементного камня в возрасте 7 суток от содержания карбонатных добавок

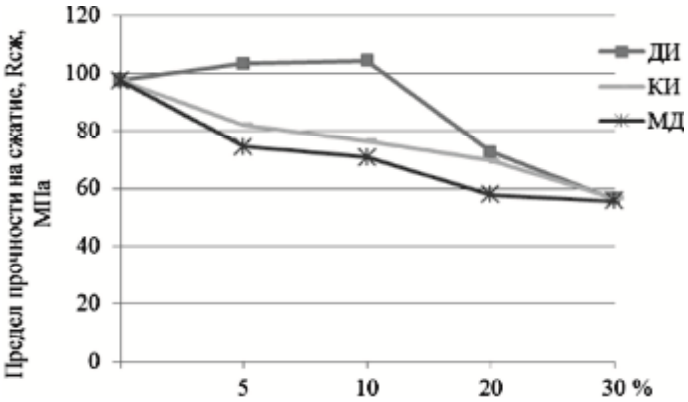


Рис. 3. Зависимость предела прочности на сжатие композиционного цементного камня в возрасте 28 суток от содержания карбонатных добавок

Согласно рис. 3 наибольший прирост прочности достигается при введении 5-10 % Добрятинского известняка. При этом прочность увеличивается на 8-9 % по сравнению с прочностью бездобавочного цементного камня. При введении добавки в количестве 20-30 % прочность составляет 76 % и 59 % от прочности контрольного состава соответственно. Для композиционных цементов с Камаевским известняком и Матюшинским доломитом прочность ниже, что может быть следствием отрицательного влияния тонкодисперсных глинистых частиц на прочность камня при хранении образцов в воде.

Влияние карбонатных добавок на плотность и водопоглощение композиционного цементного камня

По истечении 28 суток были проведены испытания образцов на определение плотности и водопоглощения по массе. Результаты представлены в табл. 6.

Как видно из табл. 6, показатели плотности коррелируют с данными по прочности композиционного цементного камня в возрасте 28 суток. Вместе с тем, данные по водопоглощению по массе у образцов с Добрятинским известняком ниже, чем водопоглощение у контрольного состава на 9-23 %, что свидетельствует о сокращении объема открытых пор, которые заполняются новообразованиями, возникающими в процессе взаимодействия продуктов гидратации и исходных минералов портландцемента с карбонатной добавкой [13]. Для образцов с добавкой Камаевского известняка характерно достаточно высокое водопоглощение цементного камня, что вызвано высокой водопотребностью и как следствие большим объемом открытых пор после испарения из них свободной воды. Для образцов с добавкой доломита наблюдается также снижение открытой пористости, что может быть связано с образованием продуктов гидратации с доломитом, схожих по свойствам с продуктами гидратации в реакции с известняком, которые и заполняют открытые поры, тем самым уменьшая открытую пористость, однако, по всей видимости, данные новообразования не сказываются на прочности

композиционного цементного камня при нормальных условиях твердения, что нельзя сказать об их влиянии на прочность после пропаривания образцов, где наблюдается схожие результаты с результатами изменения прочности композиционного цементного камня с добавкой известняка (рис. 1).

Таблица 6

Влияние карбонатных добавок на плотность и водопоглощение КЦК

№ состава	Добрятинский известняк, %	Камаевский известняк, %	Матюшинский доломит, %	Плотность, кг/м^3	Водопоглощение по массе, %
1	-	-	-	2168	5,66
2	5	-	-	2157	4,35
3	10	-	-	2238	4,54
4	20	-	-	2154	4,77
5	30	-	-	2126	5,17
6	-	5	-	2158	5,47
7	-	10	-	2140	6,43
8	-	20	-	2123	7,18
9	-	30	-	2107	7,33
10	-	-	5	2163	4,70
11	-	-	10	2146	4,87
12	-	-	20	2088	5,23
13	-	-	30	2076	5,88

Выводы

1. Химико-минералогический состав карбонатных пород и наличие глинистых примесей оказывают значительное влияние на показатели физико-механических свойств композиционного цементного камня и водопотребность цеметного теста с добавками карбонатных пород.

2. Установлено, что наибольшие показатели прочности композиционного цементного камня наблюдаются при введении 10-15 % добавки Добрятинского известняка.

3. Выявлено, что значительное влияние на прочность композиционного цементного камня с добавкой Матюшинского доломита оказывает температура и условия твердения.

4. Установлено, что введение карбонатных добавок снижает водопотребность цементного теста на 5-30 % в зависимости от вида карбонатной добавки.

Список библиографических ссылок

1. Ludwig H.-M. CO_2-arme Zemente fürnachhaltige Betone // Ibausil 2015, 16-19 September 2015, Weimar, Deutschland, Band 2. – P. 7-32.
2. Рахимов Р.З., Рахимова Н.Р. Строительство и минеральные вяжущие прошлого, настоящего и будущего // Строительные материалы, 2013, № 5. – С. 57-59.
3. Lothenbach B., Scrivener K., Hooton R.D. Supplementary cementitious materials // Cement and Concrete Research, 2011, 41. – P. 1244-1256.
4. Ермилова Е.Ю., Камалова З.А., Рахимов Р.З., Стоянов О.В., Савинков С.А. Термически-активированная глина как альтернативная замена метакаолина в композиционных портландцементах // Вестник Казанского технологического университета, 2015, т. 18, № 4. – С. 175-179.
5. Rocha J., Klinovski J. Solid-slate NMR studies of the stracture and reactivity of metakaolinite // Angewadle Chemie Int Edition in English, 1990, Vol. 29, № 5. – P. 553-554.
6. Гергичны З. Зола-унос как компонент цемента // Цемент и его применение, 2014, № 4. – С. 24-33.
7. Брыков А.С., Панфилов А.С., Мокеев М.В. Влияние структуры метакаолина на его вяжущие свойства в условиях щелочной гидратации // ЖПХ, 2012, Т. 85, № 5. – С. 722-725.
8. Coleman N.J., Mcwhinnle W.R. The solid state chemistry of metakaolin-blended ordinary Portland Cement // J. Mal. Scl, 2000, Vol. 35. – P. 2701-2710.

9. Тимашев В.В., Колбасов В.М. Свойства цементов с карбонатными добавками // Цемент, 1981, № 10. – С. 10-12.
10. Будников П.П., Колбасов В.М., Пантелеев А.С. Взаимодействие $3CaO \cdot Al_2O_3$ и $4CaO \cdot Al_2O_3 \cdot Fe_2O_3$ с карбонатом кальция и магния // ДАН СССР, 1959, Т. 129, № 5. – С. 1104-1106.
11. Рамачандран В.С., Фельдман Р.Ф., Коллепарди М. и др. Добавки в бетон. – М.: Стройиздат, 1988. – 575 с.
12. 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. 125-129.
13. Козлова В.К., Маноха А.М., Лихошерстов А.А., Мануйлов Е.В., Малова Е.Ю. Особенности состава продуктов гидратации композиционных портландцементов с карбонатсодержащими добавками // Цемент и его применение, 2014, № 4. – С. 103-105.
14. Gali S., Ayora C., Alfonso P., et. all. Kinetics of dolomit-portlandite reaction: Application to Portland cement concrete // Cement and Concrete Research, 2001, № (31) 6. – P. 933-939.
15. Tang M. Alkali-silica reaction and Alkali-carbonate reaction (in Chinese) // Engineering Science, 2000, № 2 (1). – P. 34-40.
16. Zhang S., Lu D., Xu Z. Effect of dolomite powders on the hydration and strength properties of cement mortars // Proc. XIV International Congress on the Chemistry of cement. Beijing, China 13-16.11.2015. – 320 p.
17. Nocun-Wczelik W., Szybilski M., Zugaj E. Hydration of Portland cement with Dolomite // Proc. XIV International Congress on the Chemistry of cement. Beijing, China 13-16.11.2015. – 320 p.
18. Dhir K., Limbachiya M.C., McCarthy M.J., Chaipanich A.. Evaluation of Portland limestone cements for use in concrete construction// Materials and Structures, 2007, Vol. 40, Issue 5. – P. 459-473.

Ermilova E.U. – post-graduate student
E-mail: lizabeta_91@list.ru
Kamalova Z.A. – candidate of technical sciences, associate professor
E-mail: zlesik@mail.ru
Rakhimov R.Z. – doctor of technical sciences, professor
E-mail: rakhimov@kgasu.ru
Khantimirov A.G. – student
Gabbasov D.A. – student
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

The research on the influence of carbonate additives on the physico-mechanical properties of the blended cement

Resume

The introduction limestone and dolomite additives in cement is one of the promise and effective way in reducing the CO_2 emission. The results of research the influence of carbonate additives on the physico-mechanical properties of the blended cement stone are presented. As the carbonate additives Dobryatinsky and Kamaevsky limestone and dolomite Matyushinsky were chosen. The effect of temperature and curing conditions on the strength characteristics of the blended cement stone are shown. It was established that the physico-mechanical properties of the cement stone and the rheological properties of cement paste are depend on the chemical-mineralogical composition of carbonate additives. It has been shown that a significant impact on the physical and mechanical properties of the blended cement stone and water demand of cement paste with carbonate fillers the chemical and mineralogical composition of the original carbonate have, like the presence of clay impurities too. The highest strength of the blended cement stone occur with the addition up to 10-15 % of Dobryatinsk limestone.

Keywords: carbonate rocks, limestone, dolomite, blended cement.

Reference list

1. Ludwig H.-M. CO_2-arme Zemente fürnachhaltige Betone // Ibausil 2015, 16-19 September 2015, Weimar, Deutschland, Band 2. – P. 7-32.
2. Rakhimov R.Z., Rakhimova N.R. Construction mineral binding past, present and future // Stroitelnye materialy, 2013, № 5. – P. 57-59.
3. Lothenbach B., Scrivener K., Hooton R.D. Supplementary cementitious materials // Cement and Concrete Research, 2011, 41. – P. 1244-1256.
4. Ermilova E.U., Kamalova Z.A., Rakhimov R.Z., Stoyanov O.V., Savinkov S.A. Thermally-activated clay as an alternative to replacement of metakaolin blended cement // Vestnik of the Kazan University of Technology, 2015, V. 18, № 4. – P. 175-179.
5. Rocha J., Klinovski J. Solid-slate NMR studies of the stracture and reactivity of metakaolinite // Angewadle Chemie Int Edition in English, 1990, Vol. 29, № 5. – P. 553-554.
6. Gergichny A.Z. Fly ash as a cement component // Cement i ego primenenie, 2014, № 4. – P. 24-33.
7. Brykov A.S., Panfilov A.S., Mokeev M.V. Effect of metakaolin structure on its binding properties under alkaline hydration // ZHPH, 2012, V. 85, № 5. – P. 722-725.
8. Coleman N.J., Mcwhinnle W.R. The solid state chemistry of metakaolin- blended ordinary Portland Cement // J. Mal. Scl, 2000, Vol. 35. – P. 2701-2710.
9. Timashev V.V., Kolbasov V.M. Properties of cements with carbonate additives // Cement, 1981, № 10. – P. 10-12.
10. Budnikov P.P., Kolbasov V.M., Panteleev A.S. Interaction $3CaO{\cdot}Al_2O_3$ and $4CaO{\cdot}Al_2O_3{\cdot}Fe_2O_3$ with calcium carbonate and magnesium // DAN SSSR, 1959, V. 129, № 5. – P. 1104-1106.
11. Ramachandran B.C., Feldman R.F., Kollepardi M. et al. Concrete admixtures. – M.: Stroyizdat, 1988. – 575 p.
12. Kozlova V.K., Manoha A.M., Likhosherstov A.A., Manuilov E.V., Malova E.Y. Effect of carbonate additives on the properties of composite cements // Cement i ego primenenie, 2012, № 3. – P. 125-129.
13. Kozlova V.K., Manoha A.M., Likhosherstov A.A., Manuilov E.V., Malova E.Y. Features composition of hydration products of Portland cement with a carbonate-composite additives // Cement i ego primenenie, 2014, № 4. – P. 103-105.
14. Gali S., Ayora C., Alfonso P., et. all. Kinetics of dolomit-portlandite reaction: Application to Portland cement concrete // Cement and Concrete Research, 2001, № (31) 6. – P. 933-939.
15. Tang M. Alkali-silica reaction and Alkali-carbonate reaction (in Chinese) // Engineering Science, 2000, № 2 (1). – P. 34-40.
16. Zhang S., Lu D., Xu Z. Effect of dolomite powders on the hydration and strength properties of cement mortars // Proc. XIV International Congress on the Chemistry of cement. Beijing, China 13-16.11.2015. – 320 p.
17. Nocun-Wczelik W., Szybilski M., Zugaj E. Hydration of Portland cement with Dolomite // Proc. XIV International Congress on the Chemistry of cement. Beijing, China 13-16.11.2015. – 320 p.
18. Dhir K., Limbachiya M.C., McCarthy M. J., Chaipanich A. Evaluation of Portland limestone cements for use in concrete construction // Materials and Structures, 2007, Vol. 40, Issue 5. – P. 459-473.

УДК 678.743.22; 678.046.52
Исламов А.М. – кандидат технических наук, младший научный сотрудник
E-mail: iam16@yandex.ru
Габбасов Д.А. – студент
Хантимиров А.Г. – студент
Хозин В.Г. – доктор технических наук, профессор
Абдрахманова Л.А. – доктор технических наук, профессор
Низамов Р.К. – доктор технических наук, профессор
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

Древесно-полимерные композиты на основе поливинилхлорида, модифицированные аэросилом

Аннотация

В работе исследовалась возможность использования аэросила (аморфного диоксида кремния) в качестве связующего агента для древеснонаполненных ПВХ-композиций. Было изучено влияние аэросила на технологические, физико-механические и эксплуатационные свойства композитов. Показано, что его использование является более эффективным по сравнению с ранее использованным связующим агентом (кремнезолем) не только по оптимуму улучшенных свойств композитов, но и технологичности, не требующей изменения существующих технологий их изготовления.

Ключевые слова: древесно-полимерный композит, поливинилхлорид, аэросил, экструзия, горючесть.

Введение

Древесно-полимерные композиты (ДПК) – это новые композиционные материалы, получаемые в результате совмещения термопластичных полимеров с органическими наполнителями, в частности с древесной мукой. Они представляют большой интерес для получения экструдированных профильных изделий широкого спектра применения в строительстве (декинг, паркетные, половые, подоконные доски, перила, малые архитектурные формы и т.д.), отличающиеся от натуральной древесины высокой водо- и биостойкостью, устойчивостью к внешним атмосферным воздействиям, изотропностью физико-механических свойств.

Использование ПВХ в качестве термопластичного связующего позволяет получать материалы с уникальными характеристиками, значительно превосходящими аналоги – древесно-полимерные композиты на основе полиэтилена, полипропилена. Однако, изготовление ПВХ композитов одновременно с высокими эксплуатационными свойствами и большой степенью наполнения (более 50 % по массе) приводят к необходимости применения в композициях связующих агентов для увеличения межфазного взаимодействия между ПВХ и древесной муки, облегчения переработки.

Ранее были проведены исследования по использованию кремнезоля в качестве связующего агента [1-3], которые показали его эффективность для получения высоконаполненных композитов на основе ПВХ. Обработка древесного наполнителя модификатором (или же обработка наполнителя и зерен ПВХ) приводила к увеличению межфазной адгезии в результате возникновения сильного межмолекулярного взаимодействия донорно-акцепторного характера между свободными d-орбиталями кремния в кремнезоле и неподеленными электронными парами кислорода в гидроксильных группах наполнителя и дефектных группах макромолекул ПВХ. Тем не менее, с точки зрения технико-экономической эффективности использование кремнезоля нецелесообразно, вследствие того, что он имеет водную основу. Это приводит к появлению дополнительных технологических операций, связанных с получением из кремнезоля разбавленного раствора, последующего совмещения с древесной мукой и их энергозатратной сушки с целью удаления воды.

Таким образом, рациональным представляется поиск других типов связующих агентов на основе диоксида кремния, использование которых не изменяет существующих технологий получения древесно-полимерных композитов на основе ПВХ. Перспективным в этом плане является аэросил, который представляет собой порошкообразный материал с высокой удельной поверхностью, состоящий из сферических частиц пирогенетического (коллоидального) аморфного диоксида кремния. Он широко используется в качестве наполнителя термопластов, реактопластов и резин. Основными его достоинствами является хорошая диспергируемость в полимерах, резко выраженный усиливающий эффект в полимерных композитах, загущающий и тиксотропный эффект в жидкостях (ПВХ-пластизоли, краски, покрытия), а также антифрикционное действие, предотвращающее слипание полимерных пленок и листов в процессе формования и хранения [4].

Влияние аэросила на ПВХ-композиции исследовано достаточно хорошо [5-9]. В основном изучены механические, реологические, электрические свойства пластифицированных ПВХ-композиций, наполненных аэросилом, определены термодинамические параметры взаимодействия между полимером, наполнителем и пластификатором, исследована формирующаяся структура композитов.

В отношении древесно-полимерных композитов также проводились исследования по использованию аморфного диоксида кремния. Например, в [10] осуществляли введение диоксида кремния, модифицированного бромидом цетилтриметиламмония, в композиты на основе полимерной смеси (ПЭВП+ПЭНП+ПП+ПВХ с соотношением 1:1:1:0,5) и древесной муки (40 м.ч.). Максимальное улучшение свойств (термостойкость, горючесть, твердость, прочность, водопоглощение) было обнаружено при введении 3 м.ч. диоксида кремния.

В работе [11] был получен древесно-полимерный композит на основе ПВХ, содержащий до 10 % гибридного наполнителя (удельная поверхность 164 $м^2/г$), полученного путем механического измельчения 20 м.ч. крафт-лигнина и 100 м.ч. аморфного диоксида кремния (Syloid 244 silica). Композитам, содержащим гибридный наполнитель, были свойственны положительные свойства, а именно хорошая термостабильность, перерабатываемость и скорость желирования композиции (при введении лигнина), и высокие термические, термомеханические и прочностные свойства (при введении аморфного диоксида кремния).

Результаты использования аэросила представлены и в патентах [12, 13]. В них показано, что, несмотря на способность микропористого диоксида кремния впитывать воду, его введение в ПВХ-композиции приводит к снижению водопоглощения композитов на его основе. Композиты с оптимальным соотношением компонентов (ПВХ-композиция 50 %, древесное волокно 42,5 %, диоксид кремния 7,5 %) имеют увеличенные показатели прочности при растяжении, изгибе, модуля упругости, ударной прочности и пониженное водопоглощение.

Целью нашей работы явилось исследование влияния малых количеств аэросила (до 1 м.ч.) на технологические и эксплуатационные свойства древесно-полимерных ПВХ-композитов и оценка его эффективности в качестве связующего агента по сравнению с использованным ранее кремнезолем.

Объекты и методы исследований

В работе осуществлялось экструдирование ПВХ-композиции, состав которой представлен в табл. 1.

Таблица 1

Состав древеснонаполненной ПВХ-композиции

Компонент	Содержание, масс.ч.
Суспензионный ПВХ С-7059	100
Термостабилизатор двухосновный стеарат свинца	5
Модификатор ударной прочности FM-50	7
Стабилизатор-смазка стеарат кальция	2
Древесная мука марки 180, высушенная при 105°С до постоянной массы	100
Аэросил А-300	0; 0,05; 0,1; 0,5; 0,75; 1

Аэросил марки А-300 представлял собой пирогенный коллоидный диоксид кремния SiO_2 со средним размером первичных частиц 5-20 нм и удельной поверхностью 300±30 $м^2/г$.

Образцы в виде жгутов готовились на лабораторном двухшнековом экструдере Lab Tech Scientific LTE 16-40 с фильерой круглого сечения (диаметр 3 мм). Температурный интервал процесса экструзии, регулирующийся по десяти зонам цилиндра составлял 185-210 ºС и был подобран таким образом, чтобы при одинаковых скоростях вращения шнеков (16-18 об/мин) композиция экструдировалась с оптимальной мощностью загрузки двигателя (30-50 % от max).

Обсуждение результатов

Исследование гранулометрического состава аэросила, проведенное на лазерном анализаторе Horiba LA-950, показало одномодальное распределение частиц, имеющих средний размер 28÷31 мкм. Данные частицы являются агломератами первичных частиц аэросила, которые при воздействии ультразвука продолжают самопроизвольно агрегировать, вследствие сильных адгезионных свойств аморфного диоксида кремния. Склонность частиц аэросила к агрегированию также проявлялась и при смешении компонентов, в результате которой они выделялись на поверхность порошкообразной ПВХ-композиции, поэтому для максимально возможного равномерного диспергирования осуществлялось их принудительное механическое смешение.

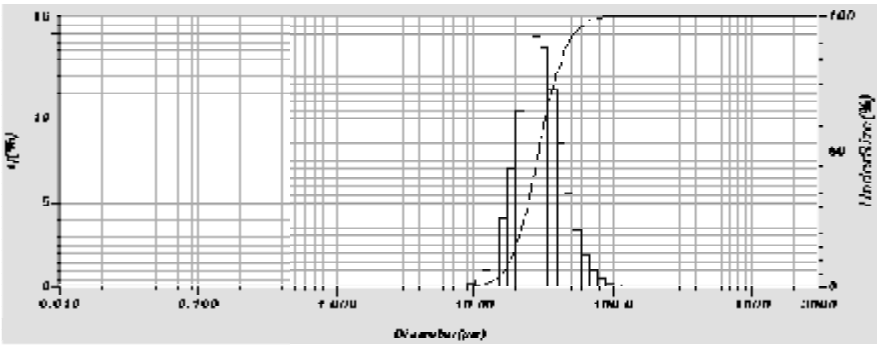


Рис. 1. Распределение частиц аэросила марки А-300 по размерам

Далее исследовалось влияние аморфного диоксида кремния на технологические свойства древеснонаполненных ПВХ-композиций в процессе их экструзии. Было выявлено, что введение 0,1-0,5 м.ч. аэросила приводит к небольшому росту давления расплава в фильере, и при дальнейшем увеличении концентрации перерабатываемость композиции ухудшается (таблица 2). Это говорит о том, что агломераты модификатора легко разрушаются до размеров первичных частиц, которые в свою очередь из-за их высокой адсорбционной способности обуславливают рост вязкости расплава при столь малой концентрации.

Таблица 2

Технологические параметры экструзии ПВХ-композиций

Содержание аэросила, м.ч. на 100 м.ч. ПВХ	Давление расплава в фильере, бар	Раздув экструдата	Скорость вращения шнеков, об/мин	Загрузка двигателя от максимальной мощности, %
0	51	1,05	14	14÷15
0,05	57	1,05	14	15÷18
0,1	58	1,05	14	16÷17
0,5	57	1,06	14	16÷17
0,75	57	1,06	14	36÷37
1	64	1,04	14	30÷32

Изучение влияния аэросила на физико-механические свойства древеснополимерных композитов также свидетельствует об увеличении взаимодействия между наполнителем и полимером, которое приводит к увеличению прочности и плотности структуры образцов, снижению их водопоглощения. Можно предположить, что это также является следствием высоких адсорбционных свойств частиц аморфного диоксида кремния определяющих процессы структурообразования граничных слоев между древесной мукой и полимерной матрицей. Оптимум улучшения свойств достигается при концентрации аэросила 0,75 м.ч.

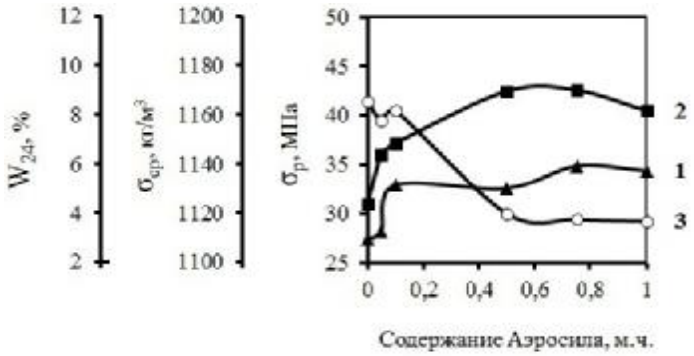


Рис. 2. Зависимость прочности при растяжении $\boldsymbol{\sigma_р}$ (1), средней плотности $\boldsymbol{\rho_{ср}}$ (2) и водопоглощения за 24 часа $\mathbf{W_{24}}$ (3) образцов ДПК от содержания аэросила

Минеральные наполнители оказывают большое влияние на сопротивление полимерных материалов горению, что также актуально и для древесно-полимерных композитов. Поэтому было исследовано влияние аэросила на процессы горения исследуемых в работе композиций. В результате введения аморфного диоксида кремния стойкость композитов к горению незначительно возрастает (табл. 3). Для устранения самостоятельного горения композитов, вероятно, необходимо использование большей концентрации неорганического модификатора.

Таблица 3

Характеристики горючести древеснонаполненных ПВХ-композиций

Содержание аэросила, м.ч. на 100 м.ч. ПВХ	Время самостоятельного горения, с	Относительное изменение массы, %	Дымовыделение, ус. ед. по трёхбалльной шкале
0	10	15,3	1
0,05	9,2	13,5	1
0,1	9,4	14,3	1
0,5	9,6	13,7	1
0,75	9,1	13,7	1
1	8,9	13,9	1

Была проведена сравнительная оценка эффективности аэросила в качестве связующего агента по сравнению с кремнезолем (табл. 4).

Таблица 4

Сравнительные данные эффективности аэросила и кремнезоля в древеснонаполненных ПВХ-композициях

Характеристики ПВХ композитов	Связующий агент		
	–	0,35 м.ч. кремнезоля	0,75 м.ч. аэросила
Прочность при растяжении, МПа	27,4	32,5	34,9
Водопоглощение за 24 часа, %	8,6	10	3,7
Время самостоятельного горения, с	10	устойчивое горение	10,1

Характеристики представлены для ПВХ-композиций при одинаковой степени наполнения (100 м.ч. древесной муки на 100 м.ч. ПВХ). Видно, что использование аморфного диоксида кремния позволяет получить древеснонаполненные композиты с лучшими характеристиками, особенно по водопоглощению, не говоря уже о его технологических преимуществах.

Заключение

Таким образом, была показана эффективность аэросила в качестве связующего агента для древеснонаполненных ПВХ-композитов, обладающие повышенной прочностью при растяжении на 27 %, плотностью структуры и пониженным в 2,3 раза водопоглощением. Использование аэросила вписывается в существующую технологию экструзионного получения древесно-полимерных композитов, что является неоспоримым преимуществом по сравнению с использованным ранее кремнезолем.

Список библиографических ссылок

1. Бурнашев А.И., Абдрахманова Л.А., Низамов Р.К., Хозин В.Г., Колесникова И.В., Фахрутдинова Ф.Х. Наномодифицированная древесная мука – эффективный наполнитель поливинилхлоридных композиций // Строительные материалы, 2011, № 9. – С. 72-74.
2. Бурнашев А.И., Ашрапов А.Х., Абдрахманова Л.А., Низамов Р.К. Применение в рецептуре древесно-полимерного композита наномодифицированного поливинилхлорида // Известия КГАСУ, 2013, № 2 (24). – С. 226-232.
3. Абдрахманова Л.А., Низамов Р.К., Бурнашев А.И., Хозин В.Г. Наномодификация древесной муки золями кремниевой кислоты // Нанотехнологии в строительстве, 2012, № 3. – С. 56-67.
4. Thomas S., Kuruvilla J., Malhotra S.K., Goda K., Sreekala M.S. Polymer composites. Volume 1 macro- and microcomposites. – Weinheim, Germany: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, 2012. – 829 p.
5. Гузеев В.В., Шулаткина Л.А. Исследование диспергирования и структуры нанонаполнителей в композициях ПВХ // Пластические массы, 2008, № 4. – С. 23-27.
6. Гузеев В.В., Мартынова Л.М., Шкаленко Ж.И., Уртминцева Н.П. Структурно-термодинамические аспекты усиления поливинилхлорида наполнителями // Высокомолекулярные соединения, 1982, № 6. – С. 411-414.
7. Гузеев В.В., Борт Д.Н., Ежов В.С., Батуева Л.И., Белякова Л.К. Структура наполненных композиций на основе поливинилхлорида // Высокомолекулярные соединения, 1981, № 9. – С. 1931-1936.
8. Гузеев В.В., Рафиков М.Н., Малинский Ю.М. О влиянии дисперсности наполнителей на вязкость расплавов поливинилхлорида // Высокомолекулярные соединения, 1975, № 4. – С. 804-806.
9. Тагер А.А., Юшкова С.М., Бессонов Ю.С., Гузеев В.В., Рафиков М.Н., Ежов В.С. Термодинамическое исследование взаимодействия в наполненных пластифицированных композициях поливинилхлорида // Высокомолекулярные соединения, 1979, № 5. – С. 1051-1058.
10. Deka B.K., Maji T.K. Effect of silica nanopowder on the properties of wood flour/polymer composite // Polymer Engineering & Science, 2012, V. 52, Issue 7. – P. 1516-1523.
11. Klapiszewski L., Pawlak F., Tomaszewska J., Jesionowski T. Preparation and characterization of novel PVC/silica-lignin composites // Polymers, 2015, V. 7, Issue 9. – P. 1767-1788.
12. Composite plastics material: the patent 2009/0012213 A1 United States of America. № 12/279118; It is declared 15.02.06; it is published 08.01.09. – 11 p.
13. Composite plastics material: the patent 2007/094673 A1 World Intellectual Property Organization. № PCT/NO2006/000076; It is declared 15.02.06; it is published 23.08.07. – 30 p.

Islamov A.M. – candidate of technical sciences, junior research scientist
E-mail: iam16@yandex.ru
Gabbasov D.A. – student
Khantimirov A.G. – student
Khozin V.G. – doctor of technical sciences, professor
Abdrahmanova L.A. – doctor of technical sciences, professor
Nizamov R.K. – doctor of technical sciences, professor
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Wood-polymer composites based on polyvinylchloride modified by amorphous silica

Resume

In the work investigated the use of aerosil (amorphous silica) as coupling agent for wood filled PVC formulations to improve the interfacial interaction between PVC and wood flour. Samples were prepared by extrusion on a twin screw extruder. Studied the effect of aerosil on technological, physical, mechanical and performance properties of the composites. It is shown that its use leads to a slight difficulty processing composition, namely increasing the melt pressure in the die from 51 to 57 bar and the engine load greater than 2 times. However, the optimal concentration of aerosil in composites (0,75 phr) causes an increase in strength of the composites by 27 %, reducing their water absorption is 2,3 times, and flammability. Thus, the modification of wood-polymer composites based on PVC by aerosil is more efficient compared with previously used coupling agent (silica sol) is not optimum, only the improved properties of composites, but also processability, requiring no modification changing the existing for their manufacture.

Keywords: wood-polymer composite, polyvinylchloride, amorphous silica, extrusion, flammability.

Reference list

1. Burnashev A.I., Abdrakhmanova L.A., Nizamov R.K., Khozin V.G., Kolesnikova I.V., Fakhrutdinova V.Kh. Nanomodified wood flour – effective filler for PVC-compositions // Building materials, 2011, № 9. – P. 72-74.
2. Burnashev A.I., Ashrapov A.Kh., Abdrakhmanova L.A., Nizamov R.K. The use nanomodified PVC in the formulation of wood-polymer composite // Izvestiya KGASU, 2013, № 2 (24). – P. 226-232.
3. Abdrakhmanova L.A., Nizamov R.K., Burnashev A.I., Khozin V.G. Wood flour nanomodified by silica sols // Nanotechnology in building, 2012, № 3. – P. 56-67.
4. Thomas S., Kuruvilla J., Malhotra S.K., Goda K., Sreekala M.S. Polymer composites. Volume 1 macro- and microcomposites. – Weinheim, Germany: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, 2012. – 829 p.
5. Guzeev V.V., Shulatkina L.A. Research dispergation and structure nanofillers in PVC formulations // Plastic materials, 2008, № 4. – P. 23-27.
6. Guzeev V.V., Martynova L.M., Shkalenko J.I., Urtmintseva N.P. Structural and thermodynamic aspects of strengthening PVC by fillers // Macromolecular compounds, 1982, № 6. – P. 411-414.
7. Guzeev V.V., Bort D.N., Yezhov V.S., Batueva L.I., Belyakova L.K. The structure of the filled compositions based on polyvinyl chloride // Macromolecular compounds, 1981, № 9. – P. 1931-1936.
8. Guzeev V.V., Rafikov M.N., Malinskiy Y.M. The effect of dispersion of the filler in the melt viscosity of polyvinyl chloride // Macromolecular compounds, 1975, № 4. – P. 804-806.
9. Tager A.A., Yushkova S.M., Bessonov Y.S., Guzeev V.V., Rafikov M.N., Yezhov V.S. Thermodynamic study of interactions in filled and plasticized polyvinylchloride compositions // Macromolecular compounds, 1979, № 5. – P. 1051-1058.
10. Deka B.K., Maji T.K. Effect of silica nanopowder on the properties of wood flour/polymer composite // Polymer Engineering & Science, 2012, V. 52, Issue 7. – P. 1516-1523.
11. Klapiszewski L., Pawlak F., Tomaszewska J., Jesionowski T. Preparation and characterization of novel PVC/silica-lignin composites // Polymers, 2015, V. 7, Issue 9. – P. 1767-1788.
12. Composite plastics material: patent 2009/0012213 A1 of the United States of America. № 12/279118; It is declared 15.02.06; it is published 08.01.09. – 11 p.
13. Composite plastics material: the patent 2007/094673 A1 World Intellectual Property Organization. № PCT/NO2006/000076; It is declared 15.02.06; it is published 23.08.07. – 30 p.

УДК 691.5
Медяник Ю.В. – кандидат технических наук, доцент
E-mail: julia-707@mail.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

Свойства штукатурных растворов с добавкой-наполнителем из шламовых отходов теплоэлектростанций

Аннотация

В статье приведены результаты исследования физико-технических свойств штукатурных растворов с добавкой-наполнителем из шламовых отходов теплоэлектростанций. Показано, что растворы на смешанных вяжущих отличаются более высокими значениями ранней прочности по сравнению с растворами на товарных портландцементах, имеют достаточные показатели прочности, морозостойкости и могут быть рекомендованы к применению как для внутренних, так и для наружных отделочных работ.

Ключевые слова: смешанные цементы, штукатурные растворы, тонкомолотые добавки-наполнители, шлам водоумягчения.

До 20 % общего объема потребления портландцемента приходится на долю строительных растворов. В тех случаях, когда к растворам не предъявляется повышенных требований по прочности и плотности, использование при их приготовлении портландцементов высоких марок является нецелесообразным и приводит к существенному перерасходу вяжущего. В связи с этим актуальной является задача разработки составов и исследования свойств низкомарочных растворов.

Одним из способов, позволяющих снизить необоснованный расход цемента при изготовлении строительных растворов, является применение в их составах смешанных цементов с минеральными добавками-наполнителями [1]. В производстве смешанных цементов нашли широкое применение такие тонкомолотые местные природные материалы, как кварцевые пески, трепел, опоки, цеолитсодержащие, карбонатные породы. Их введение позволяет не только снизить расход цемента, но и регулировать физико-механические свойства смешанных вяжущих и влиять на процессы структурообразования цементного камня [2-4]. Строительные растворы, приготовленные на смешанных цементах, обладают повышенной технологичностью при производстве работ, что обусловлено хорошей удобоукладываемостью, пластичностью, водоудерживающей способностью таких смесей.

Особое место среди минеральных наполнителей в качестве одного из компонентов смешанных цементов занимают природные карбонатные породы и карбонатсодержащие тонкомолотые добавки. Исследованиями ряда ученых установлено, что характер их влияния на формирование механически прочного конгломерата обусловлен как химическими, так и физико-химическими процессами, протекающими в системе [4-6], что позволяет их использовать для направленного регулирования свойств цементных композиций. Механизм образования эпитаксических связей между частицами известняка и гелевидной фазой твердеющего цемента был описан еще в 60-е годы прошлого столетия в научных трудах Пантелеева А.С., Колбасова В.М., Будникова П.П. Однако применение в качестве сырья для получения добавок-наполнителей природных карбонатных пород требует дополнительных расходов на разведку месторождений, добычу, транспортирование и помол. Существенной проблемой может являться также большая неоднородность природного сырья по минералогическому составу в пределах одного месторождения [7].

Одним из способов экономии портландцемента при производстве смешанных вяжущих для строительных растворов является применение тонкодисперсных шламовых отходов теплоэлектростанций [8, 9]. Шламовые осадки образуются на ТЭЦ в процессе химводоочистки и умягчения воды, хранятся в специальных шламонакопителях или полигонах промышленных отходов и не находят дальнейшего применения. Проблема

утилизации шлама водоумягчения до настоящего времени остается не решенной в большинстве регионов России, в том числе, и в Республике Татарстан.

Химический состав шлама представлен преимущественно карбонатом кальция (до 80 %) и отличается стабильностью. По результатам исследования эффективной активности природных радионуклидов шлам относится к первому классу строительных материалов, то есть радиационно безопасен и пригоден для всех видов строительства без ограничений. При этом потенциальные возможности его применения в качестве альтернативы природному минеральному сырью в полной мере не используются.

Целью данной работы является разработка составов и изучение основных свойств штукатурных растворов, получаемых на основе смешанных цементов с карбонатным наполнителем из шлама водоумягчения.

Для проведения исследования применяли портландцементы марки ПЦ 400-Д20 Ульяновского завода (C_3S – 59 %, C_2S – 18,1 %, C_3A – 7,6 %, C_4AF – 13,1 %) и Мордовского завода (C_3S – 62 %, C_2S – 19 %, C_3A – 6 %, C_4AF – 12 %). Для приготовления минеральной добавки-наполнителя использовали шлам водоумягчения Казанской ТЭЦ-1. Технологический процесс получения добавки-наполнителя из шлама водумягчения включал сушку исходного сырья, просеивание, помол до остатка 25 % на сите № 008. В качестве химической добавки применяли суперпластификатор С-3 в твердофазном состоянии. Смешанное вяжущее получали путем перемешивания добавки-наполнителя, товарного портландцемента и суперпластификатора С-3.

В качестве мелкого заполнителя для приготовления штукатурных смесей применяли полевошпаткварцевый песок-отсев песчано-гравийной смеси Камско-Устьинского месторождения, подготовленный в соответствии с требованиями к заполнителям для штукатурных растворов. Характеристики заполнителя: насыпная плотность – 1390 кг/м^3, истинная плотность – 2450 кг/м^3, пустотность – 43,3 %, содержание пылевидных и глинистых частиц – 4,5 %, органические примеси – в норме, модуль крупности – 1,76.

Применяли следующую технологию приготовления штукатурных смесей: пески-отсевы ПГС отмывали от глинисто-илистых примесей и высушивали до остаточной влажности не более 0,5 %, отсеивали частицы крупнее 2,5 мм для приготовления штукатурных смесей для обрызга, грунта и 1,25 мм – для накрывочного слоя. Подготовленные заполнители в нужном соотношении смешивали с вяжущим и готовили растворные смеси подвижностью 8 см, из которых формовали стандартные образцы размером 70,7х70,7х70,7 мм. До испытания на прочность образцы хранились в течение первых трех суток в камере нормального хранения при относительной влажности воздуха 95-100 %, затем – в воде.

Определение подвижности, водоудерживающей способности, средней плотности штукатурных растворных смесей, а также прочности при сжатии, плотности и морозостойкости затвердевших растворов осуществлялось по ГОСТ 5802. Прочность сцепления штукатурки с основанием определялась согласно ТУ 5745-001-46561502-01.

Результаты исследования физико-технических свойств штукатурных растворов приведены в табл. 1, 2 (составы с максимальной крупностью заполнителя 1,25 мм).

Анализ результатов показывает, что штукатурные растворы, приготовленные на смешанном вяжущем с содержанием шлама в количестве 10 % (сост. 2), не уступают по прочностным показателям смесям на товарном портландцементе (сост. 1) и позволяют получить затвердевший раствор М 100 при соотношении вяжущее: заполнитель = 1 : 3. Штукатурные смеси, приготовленные на смешанных вяжущих с содержанием шлама 20 и 35 %, позволяют получить строительные растворы М 50-100 (сост. 3-7). По значениям средней плотности полученные растворы относятся к классу тяжелых. Прочность сцепления с основанием штукатурных растворов на смешанном вяжущем превышает 0,4 МПа, что позволяет рекомендовать их для наружных отделочных работ. Усадочные деформации для контрольных цементно-песчаных растворов составили 1,5 мм/м, для растворов на смешанных вяжущих – 0,6-1,1 мм/м.

Таблица 1

Физико-технические свойства штукатурных растворов (на основе портландцемента Ульяновского завода)

№ состава	1	2	3	4	5	6	7
Цемент, %	100	90	80	80	65	65	65
Шлам, %	-	10	20	20	35	35	35
С-3, %	-	0,2	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
Вяжущее: заполнитель	1:3	1:3	1:3	1:2	1:2,5	1:1,5	1:1
В/В	0,95	1,0	1,07	0,74	1,09	0,78	0,59
Плотность растворной смеси, г/см^3	2,11	1,98	2,05	2,09	2,03	2,07	2,09
Прочность при сжатии через 28 суток, МПа	11,8	11,9	7,6	11,2	5,8	7,6	12,6
Прочность сцепления с основанием, МПа	0,44	0,49	0,43	0,48	0,43	0,4	0,48
Плотность раствора, г/см^3	2,06	2,07	2,05	2,08	2,03	2,05	2,08
Водоудерживающая способность, %	95,5	96,9	96,6	97,1	96,8	97,0	97,5

Таблица 2

Физико-технические свойства штукатурных растворов (на основе портландцемента Мордовского завода)

№ состава	1	2	3	4	5	6	7
Цемент, %	100	90	80	80	65	65	65
Шлам, %	-	10	20	20	35	35	35
С-3, %	-	0,2	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
Вяжущее: заполнитель	1:3	1:3	1:3	1:2	1:2,5	1:1,5	1:1
В/В	1,01	1,02	1,07	0,78	1,1	0,8	0,63
Плотность растворной смеси, г/см^3	2,07	2,04	2,07	2,08	2,03	2,04	2,03
Прочность при сжатии через 28 суток, МПа	11,2	10,6	7,6	11,7	5,4	7,6	10,3
Прочность сцепления с основанием, МПа	0,44	0,48	0,43	0,45	0,43	0,43	0,49
Плотность раствора, г/см^3	2,07	2,06	2,03	2,09	2,05	2,04	2,09
Водоудерживающая способность, %	96,8	97,4	97,1	97,3	97,1	97,3	97,4

Водоудерживающая способность (ВУС) штукатурных смесей, приготовленных из смешанных вяжущих, превышает ВУС смесей на товарном портландцементе. Хорошие значения ВУС полученных смесей даже при значительном снижении доли портландцемента (сост. 5-6) объясняются способностью шлама водоумягчения удерживать воду в растворе, что является важным в технологии производства штукатурных работ.

Было проведено также исследование ранней прочности штукатурных растворов, приготовленных на смешанном вяжущем. В качестве заполнителя использовался песок-отсев ПГС Камско-Устьинского месторождения с максимальной крупностью частиц 1,25 мм. Полученные результаты приведены в табл. 3.

Таблица 3

Исследование ранней прочности штукатурных растворов

№ сост.	Состав вяжущего, %			Соотношение вяжущее: заполнитель	Прочность в возрасте 7 сут., МПа Отношение $R_{СЖ\ 7\ СУТ}$ / $R_{СЖ\ 28\ СУТ}$, %	
	Цемент	Шлам	С-3		Ульяновский цемент	Мордовский цемент
1.	100	-	-	1:3	8,08 68,5	5,85 52,2
2.	90	10	0,2	1:3	9,5 79,8	6,16 58,1
3.	80	20	0,7	1:3	6,1 80,3	3,74 49,2
4.	80	20	0,7	1:2	9,35 83,5	6,08 52,0
5.	65	35	0,7	1:2,5	4,04 69,7	2,82 52,2

Исследование показало, что штукатурные растворы, приготовленные на товарных портландцементах Ульяновского и Мордовского заводов (сост. 1), в возрасте 7 суток набирают, соответственно, 68,5 и 52,2 % от прочности в стандартном возрасте. Растворы на смешанных вяжущих с наполнителем из шлама водоумягчения (сост. 2-5) по показателям ранней прочности не уступают растворам на товарных цементах, даже при уменьшении доли цемента на 35 %. Высокие значения ранней прочности наполненных шламом образцов можно объяснить пептизирующим действием, которое оказывают частицы дисперсного наполнителя, способствуя ускорению процессов гидратации портландцемента [10]. Частицы наполнителя могут также выступать в роли центров кристаллизации новообразований, улучшая физико-механические показатели наполненных композиций [11].

Необходимо отметить также, что образцы, приготовленные на Ульяновском портландцементе, показали большие значения ранней прочности по сравнению с образцами на основе Мордовского цемента. Полученный результат объясняется более высоким содержанием C_3A в Ульяновском портландцементе по сравнению с Мордовским, что способствует интенсивному отвердеванию алюминатных составляющих портландцементного клинкера в присутствии тонкодисперсного карбоната кальция [6, 11].

Важным показателем долговечности штукатурных растворов для наружных работ является их морозостойкость. Результаты определения морозостойкости образцов, приготовленных на смешанных вяжущих, приведены в табл. 4.

Таблица 4

Результаты испытаний штукатурных растворов на морозостойкость (на основе портландцемента Ульяновского завода)

№ сост.	Состав вяжущего, %			В/В	Вяжущее: заполнитель	$R_{сж\ 28}$, МПа	Прочность основных образцов, МПа Потеря прочности, %, после количества циклов				Марка по морозостойкости
	Цемент	Шлам	С-3				после 35	после 50	после 75	после 100	
1	90	10	0,2	0,95	1:3	12,9	-	12,6 2,3	11,6 10,1	9,5 26,3	F 75
2	80	20	0,7	1,02	1:3	7,9	7,8 1,26	7,0 11,4	5,9 25,3	-	F 50
3	65	35	0,7	0,96	1:2,5	6,4	6,2 3,1	5,4 15,6	4,6 29,6	-	F 50

Выполненные исследования показали возможность получения строительных растворов из смешанных вяжущих на основе цемента с добавкой-наполнителем из шлама водоумягчения Казанской ТЭЦ-1, имеющих показатели прочности в пределах М 50-100, морозостойкости F 50-75 и отличающихся повышенными показателями ранней прочности. Разработанные составы могут быть рекомендованы для производства как внутренних, так и наружных штукатурных работ.

Список библиографических ссылок

1. Радаев С.С., Кудоманов М.В., Горгодзе Г.А. Эффективность использования комплексных добавок и смешанного вяжущего в производстве штукатурных смесей // Вестник Тюменского государственного университета. Экология и природопользование, 2014, № 5. – С. 154-160.
2. Медяник Ю.В. Исследование свойств смешанных цементов с наполнителем из шламовых отходов теплоэлектростанций // Известия КГАСУ, 2015, № 2 (32). – С. 249-255.
3. Коновалов В.М., Гликин Д.М., Соломатова С.С. Использование аргиллитов в производстве смешанных цементов // Современные проблемы науки и образования, 2015, № 2-2. – С. 96.
4. Барабаш И.В., Даниленко А.В. Строительные растворы на механоактивированном вяжущем с карбонатным наполнителем // Вестник гражданских инженеров, 2014, № 1 (42). – С. 74-78.
5. Михеенков М.А., Мамаев С.А., Анаскин И.С. Влияние карбонатного наполнителя на свойства бетонов // Технологии бетонов, 2011, № 11-12. – С. 41-45.
6. Медяник Ю.В. Исследование характера новообразований цементного камня при твердении в присутствии карбонатсодержащего наполнителя // Известия КГАСУ, 2013, № 4 (26). – С. 233-239.

7. Черепов В.Д., Коршунова Н.П. Бетон на основе низкопрочных карбонатных пород // Современные проблемы науки и образования, 2013, № 2. – С. 147.
8. Бакатович А.А., Вишнякова Ю.В., Колтунов А.И. К вопросу о применении мелкодисперсного наполнителя в штукатурных растворах // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия F: Строительство. Прикладные науки, 2013, № 16. – С. 61-67.
9. Тараканов О.В., Пронина Т.В., Тараканов А.О. Применение минеральных шламов в производстве строительных растворов // Строительные материалы, 2008, № 4. – С. 68-70.
10. Рояк С.М., Рояк Г.С. Специальные цементы. – М.: Стройиздат, 1993. – 416 с.
11. Будников П.П., Колбасов В.М., Пантелеев А.С. О гидратации алюмосодержащих минералов портландцемента в присутствии карбонатных наполнителей // Цемент, 1961, № 1. – С. 5-9.

Medyanik Y.V. – candidate of technical sciences, associate professor
E-mail: julia-707@mail.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Properties of plaster solutions with sludge waste additives from thermal power plants

Resume

The use of fine-dispersed mineral filling in the compositions of mortars is not only effective way of saving Portland cement, but also allows to adjust the physical and technical properties of mortars. The article presents the results of the study of the basic properties of plaster solutions with sludge waste additives from thermal power plants: strength, density mortar and hardened mortar, water retention, adhesion to the base, frost-resistance. It was found that the use of this additive in the amount of 10-35 % allows to obtain plasters of M 50-100, which have sufficient strength and frost resistance and can be recommended for interior and exterior use. The obtained solutions according to the indicators of early strength is not inferior to solutions on commodity cements, even when reducing the amount of cement by 35 %.

Keywords: mixed cements, plasters, milled filler additives, sludge water softening.

Reference list

1. Radayev S.S., Kudomanov M.V., Gorgodze G.A. The effectiveness of the use of complex additives and mixed binder in the production of plaster mixtures // Vestnik Tyumenskogo gosudarstvennogo universiteta. Ecologiy and prirodopolzovanye, 2014, № 5. – P. 154-160.
2. Medyanik Y.V. Study of the properties of mixed cements filled with sludge waste from thermal power plants // Izvestiya KGASU, 2015, № 2 (32). – P. 249-255.
3. Konovalov V.M., Glikin D.M., Solomatova S.S. Use of argillites in production of blended cements // Sovremennye problemy nauki i obrazovanya, 2015, № 2-2. – P. 96.
4. Barabash I.V., Danilenko A.V. Mortars mechanically activated on binder with carbonate filler // Vestnik grajdanskih injenerov, 2014, № 1 (42). – P. 74-78.
5. Myheenkov M.A., Mamaev S.A., Anyskyn Y.S. Effect of carbonate filler on the properties of concrete // Tekhnology betonov, 2011, № 11-12. – P. 41-45.
6. Medyanik Y.V. The study of character of cement stone neoplasms during the hardening in the presence of carbonate filler // Izvestiya KGASU, 2013, № 4 (26). – P. 233-239.
7. Cherepov V.D., Korshunova N.P. Based carbonate rocks concrete investigation // Sovremennye problemy nauki i obrazovanya, 2013, № 2. – P. 147.
8. Bakatovich A.A., Vishniakova J.V., Koltunov A.E. To the question of the application of fine-dispersed filling agent in finishing mortars // Vestnik Poloskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya F: Stroitelstvo. Prikladnye nauki, 2013, № 16. – P. 61-67.
9. Tarakanov O.V., Pronina T.V., Tarakanov A.O. Using of mineral sludge in production of mortars // Stroitelnye materialy, 2008, № 4. – P. 68-70.
10. Rojak S.M., Rojak G.S. Special cements. – M.: Stroyizdat, 1993. – 416 p.
11. Budnikov P.P., Kolbasov V.M., Panteleev A.S. On the aluminum-containing minerals hydration of Portland cement in the presence of carbonate fillers // Cement, 1961, № 1. – P. 5-9.

УДК 691.33
Морозов Н.М. – кандидат технических наук, доцент
E-mail: nikola_535@mail.ru
Боровских И.В. – кандидат технических наук, доцент
E-mail: borigor83@gmail.com
Галеев А.Ф. – студент
E-mail: ayzat-galeev@rambler.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1

Влияние вида песка на свойства мелкозернистого бетона*

Аннотация

Основной составляющей мелкозернистого бетона является песок. В зависимости от его места добычи он отличается зерновым составом, морфологией поверхности и прочностными свойствами. В статье исследовано влияние этих параметров на свойства мелкозернистого бетона. Установлена взаимосвязь между крупностью песка и водоредуцирующим эффектом суперпластификаторов. Показана зависимость воздухововлечения бетонной смеси от крупности песка и вида применяемого суперпластификатора. Получен мелкозернистый бетон прочностью на сжатие более 60 МПа.

Ключевые слова: мелкозернистый бетон, песок, суперпластификаторы, воздухововлечение, прочность.

Правильный выбор заполнителей для бетона, их разумное использование – одна из важных задач технологии бетона. В технологии бетона заполнители играют важную роль, так как занимают более 70 % объема бетона и создают жесткий каркас, препятствующий его усадке и разрушению [1, 2]. Кроме того они снижают стоимость бетона, что важно для экономики строительства.

В последнее время возрастает интерес к мелкозернистому бетонам, как основному виду бетонов для производства несущих ЖБК [3, 4]. Связано это с дефицитом высокопрочного щебня из изверженных пород в Европейской части России и постоянным удорожанием транспортной составляющей стоимости высокопрочного щебня. Существен и экологический аспект проблемы использования щебня: его добыча уже привела к необратимым климатическим последствиям на Северном Кавказе, в Поволжье, Карелии. Гораздо проще обеспечить стройки и заводы сборного железобетона песком, который является, как правило, местным строительным материалом [5].

Целый ряд достоинств делает мелкозернистый бетон более рациональным для применения, чем равнопрочный крупнозернистый бетон: повышенная способность воспринимать растягивающие напряжения, более высокая призменная прочность, повышенная морозостойкость, водонепроницаемость, внешняя привлекательность, включая способность окрашиваться [6]. Применение песчаного бетона не только повышает экономическую эффективность строительства, но и обеспечивает другие преимущества: упрощается технологическая схема приготовления бетонной смеси, так как отпадает необходимость в организации складского и сортировочного отделения для приемки, переработки и складирования щебня, уменьшается потребность в электроэнергии и трудозатратах.

Свойства мелкозернистого бетона определяются теми же факторами, что и обычного бетона. Однако, цементно-песчаный бетон имеет некоторые особенности, обусловленные структурой, для которой характерны большая однородность и мелкозернистость, высокое содержание цементного камня, отсутствие жесткого каменного скелета, повышенные пористость и удельная поверхность твердой фазы [7]. Поэтому увеличение прочности песчаного бетона является актуальной задачей.

*Работа выполнена в рамках Гранта Академии наук Республики Татарстан, 2016 г. по теме «Разработка экспериментально-теоретических основ получения песчаных бетонов с низкими показателями пористости и высокими эксплуатационными свойствами».

Свойства песчаных бетонов, изготавливаемых по разным технологиям, в том числе их прочностные и деформативные характеристики, в значительной степени разнятся. В настоящее время можно выделить три основных направления изготовления изделий из песчаного бетона – формование изделий из особо жестких смесей методами интенсивного уплотнения (вибропрессование, роликовое формование, пресс-прокат), из малоподвижных смесей на стандартных виброплощадках и из подвижных и литых смесей, включая самоуплотняющиеся. Поэтому для каждой технологии способы повышения прочности могут отличаться. Однако роль заполнителя-песка остается постоянной и необходимо знать его влияния на свойства бетона. Целью работы стало исследование вида песка на технологические свойства бетонной смеси и прочностные свойства мелкозернистого бетона.

Для получения мелкозернистого бетона использовали портландцемент Мордовского завода CEM I 42,5 Н. Также были использованы песка трех видов, свойства которых представлены в табл. 1.

Таблица 1

Характеристика песков

№ п/п	Наименование показателя	Ед. изм.	Вид песка		
			Волжский	Камский	оптимальный зерновой состав [8]
1	Истинная плотность	кг/м^3	2680	2660	2660
2	Насыпная плотность	кг/м^3	1520	1590	1680
3	Фракционный состав (полные остатки), мм				
	2,5	%	0	17	24
	1,25	%	0	36	60
	0,63	%	3	48	67
	0,315	%	76	78	80
	0,14	%	98	99	99
	< 0,14	%	2	1	1
4	Модуль крупности	-	1,77	2,78	3,3
5	Пустотность	%	43,2	40,2	36,8

В качестве суперпластификаторов использовали:

- Полипласт СП-1, который относится к категории анионактивных ПАВ и содержит смесь олигомеров и полимеров, которая является основным компонентов, называется активным веществом и содержит непрореагировавшую соль β-нафталинсульфокислоты и сульфата натрия;
- Reotech DR8500 – новое поколение высокомолекулярных полимерных добавок на основе модифицированных поликарбоксилатных эфиров;
- Sika 5NEW – суперпластификатор на основе поликарбоксилатных эфиров для производства высокотехнологичных бетонов.

Свойства бетонной смеси и мелкозернистого бетона определяли по ГОСТу на соответствующие виды испытаний.

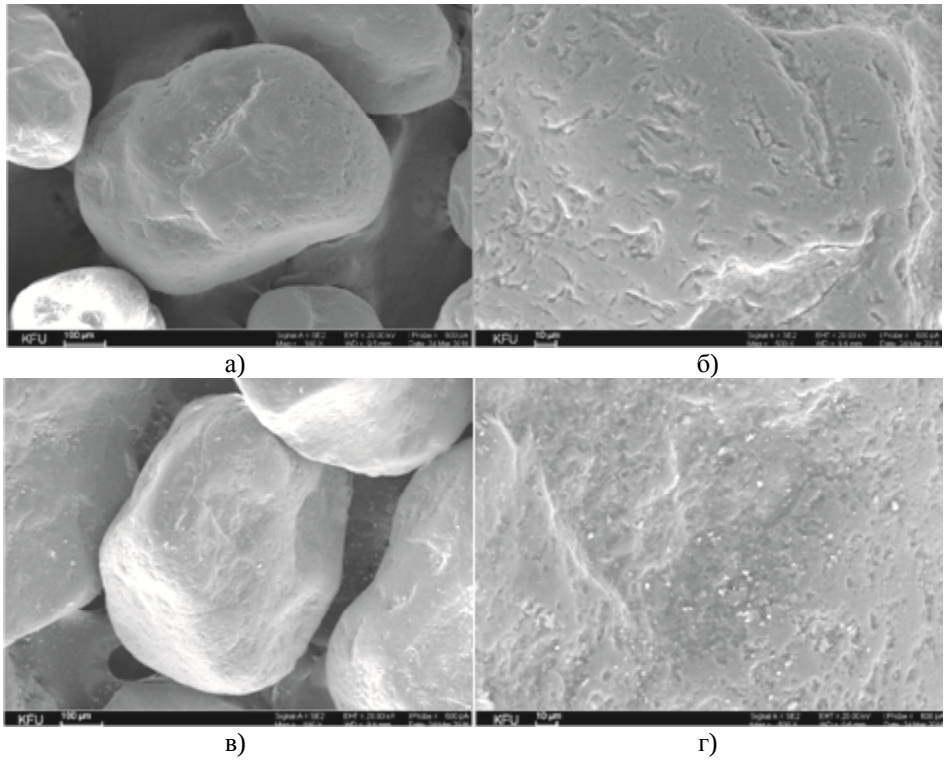
Пески отличаются, как по виду, так и по химическому составу, в зависимости от места их добычи. Нами были исследованы пески с р. Камы и р. Волги. На микрофотографиях (рис. 1) можно увидеть морфологию поверхности и форму зерен частиц.

Как видно из рис. 1, зерна песков имеют округлую форму. По зерновому составу Волжские пески более мелкие, чем Камские (табл. 1). Исследование поверхности песков показало, что у Волжских песков она более гладкая. Для оценки влияния вида песка на прочность мелкозернистого бетона были отобрана фракция 0,14-0,63 мм из каждого вида и на основе ее изготовлен состав бетона (табл. 2).

Как видно из табл. 2 использование Волжского песка снижает водопотребность мелкозернистой бетонной смеси и повышает ее воздухововлечение. Однако прочность бетона на Волжском песке при изгибе и на сжатие возрастает во все сроки твердения.

Одним из условий высокой прочности бетонов является плотность упаковки его компонентов на всех уровнях структуры (от микро- до макро-) и ее однородность, что, в

частности достигается исключением из состава крупных зерен заполнителей. Взяв речной песок Камского месторождения и рассеяв его на три фракции, подобрали те их соотношения, которые сочетают минимальную пустотность и низкую удельную поверхность [8].



а) б)

в) г)

Рис. 1. Морфология зерен песка: а), б) – песок р. Волга; в), г) – песок р. Кама

Таблица 2

Свойства мелкозернистого бетона на разных песках с одинаковым модулем крупности

Вид песка	Расход материалов, кг			В/Ц	Воздухововлечение, %	Прочность при изгибе, МПа	Прочность на сжатие, МПа	
	цемент	песок	Sika 5NEW				7 сутки	28 сутки
Камский	500	1600	4	0,57	8,6	5,02	24,6	36,1
Волжский	500	1600	4	0,56	10	5,42	26,3	38,6

Песок оптимального зернового состава (ОП) далее был использован при получении мелкозернистого бетона. Оптимизация гранулометрии песка Камского месторождения позволяет повысить прочность песчаного бетона зависимости от активности цемента на 10-18 % [9].

Для оценки влияние вида песка на свойства бетонной смеси и бетона были изготовлены составы мелкозернистого бетона с равной подвижностью (марка П3). Прочность бетона определяли в возрасте 7 суток нормального твердения.

Как видно из табл. вид песка оказывает влияние на водопотребность и воздухововлечение бетонной смеси. Наибольшее воздухововлечение имеют смеси на Волжском песке, так как он имеет меньший модуль крупности и большее содержание мелких фракций. Наименьшее количество вовлеченного воздуха наблюдается на песке оптимального зернового состава. Также можно видеть, что воздухововлечение мелкозернистой смеси с поликарбоксилатными суперпластификаторами меньше. Стоит заметить, что при введение суперпластификаторов на мелких песках воздухововлечение снижается, а на песке оптимальной гранулометрии увеличилось. Максимальное воздухововлечение имеет мелкозернистая бетонная смесь с добавкой СП-1.

Таблица 3

Свойства мелкозернистого бетона на песках разного вида

№ п/п	Расход материалов, кг			В/Ц	Воздухововлечение, %	Прочность бетона, МПа	
	цемент	песок	суперпластификатор			при изгибе	на сжатие
Бетоны на Волжском песке							
1	500	1550	-	0,59	8,3	4,21	23,6
2	500	1550	Reotech DR8500, 7,5	0,45	6	5,10	32,2
3	500	1550	СП-1 4,0	0,475	9,6	4,93	30,4
4	500	1550	Sika 5NEW 4,0	0,475	9	4,40	30,6
Бетоны на Камском песке							
5	500	1600	-	0,54	7,6	5,34	34,8
6	500	1600	Reotech R8500, 7,5	0,4	5	5,95	43,1
7	500	1600	СП-1 4,0	0,45	8,2	6,12	42,4
8	500	1600	Sika 5NEW 4,0	0,435	6	5,67	40,6
Бетоны на песке оптимального зернового состава							
9	500	1650	-	0,5	3,7	5,42	42,8
10	500	1650	Reotech DR8500, 7,5	0,35	4,1	6,68	64,4
11	500	1650	СП-1 4,0	0,4	5,6	6,83	53,4
12	500	1650	Sika 5NEW 4,0	0,36	4,4	6,65	57,1

Применение суперпластификаторов позволяет снизить расход воды в мелкозернистых бетонах. Водоредуцирующий эффект суперпластификаторов также зависит от вида применяемого песка (рис. 2). Как видно из рис. 2, добавка СП-1 имеет одинаковый водоредуцирующий эффект в бетонных смесях на различных песках (17-20 %). Наибольшим водоредуцирующим эффектом отличается добавка Reotech R8500 на всех видах песках и максимальное значение имеет на песке оптимальной гранулометрии 30 %. Как видно из рис. 2, поликарбоксилатные суперпластификаторы лучше работают на песке оптимального зернового состава. Поэтому и прочность мелкозернистого бетона на этих добавках максимальная (табл. 3). Прочность мелкозернистого бетона, как с добавками, так и без них, возрастает с ростом модуля крупности, что связано с уменьшением водоцементного отношения и воздухововлечения бетонных смесей.

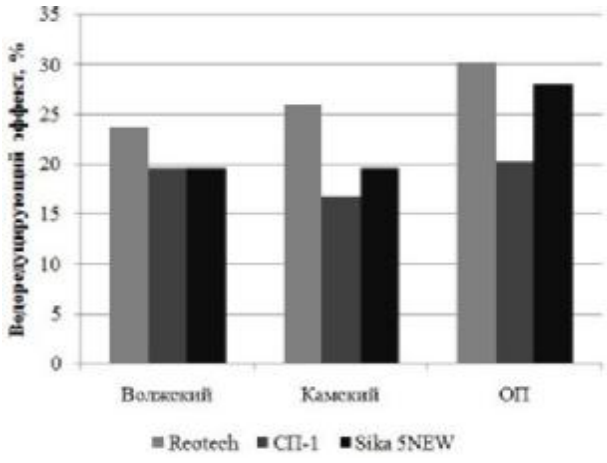


Рис. 2. Водоредуцирующий эффект суперпластификаторов в зависимости от вида песка

Таким образом, свойства мелкозернистого бетона напрямую зависят от вида применяемого песка. С увеличением модуля крупности песка уменьшается воздухововлечение, а при равной крупности песка наибольшая прочность достигается на песке р. Волга. Установлена зависимость водоредуцирующего эффекта суперпластификаторов от зернового состава песка и показано, что на песке оптимального зернового состава этот эффект максимален. В результате работы получены мелкозернистые бетона прочностью более 60 МПа.

Список библиографических ссылок

1. Баженов Ю.М., Харченко А.И. Безусадочные мелкозернистые бетоны с использованием некондиционных песков // Научно-технический вестник Поволжья, 2012, № 5. – С. 86-88.
2. Aguirre A.M. y R. Mejna de Gutiйrrez Durability of reinforced concrete exposed to aggressive conditions // Materiales de Construcciyn, 2013, Vol. 63 (309). – P. 7-38.
3. Львович К.И. Песчаный бетон и его применение в строительстве. – СПб.: Строй-бетон, 2007. – 320 с.
4. Сахаров Г.П. Научно-технические предпосылки получения экструдированного мелкозернистого бетона // Вестник МГСУ, 2011, № 4. – С. 483-485.
5. Чистов Ю.Д. Социально-эколого-экономическая целесообразность использования песчаных бетонов в современном строительстве // Строительные материалы, 2000, № 2. – С. 22-23.
6. Панченко А.И., Харченко И.Я. Мелкозернистый бетон в монолитном строительстве: проблемы, теория и технология эффективного использования. Часть 1 // Технологии бетонов, 2011, № 5-6. – С. 42-44.
7. Низина Т.А., Щередин А.С., Балыков А.С. Фрактальный анализ поровой структуры дисперсно-наполненных мелкозернистых бетонов // Техническое регулирование в транспортном строительстве, 2016, № 1 (15). – С. 60-64.
8. Хозин В.Г., Морозов Н.М., Мугинов Х.Г. Особенности формирования структуры модифицированных песчаных бетонов // Строительные материалы, 2010, № 9. – С. 72-73.
9. Морозов Н.М., Мугинов Х.Г., Хозин В.Г., Антаков А.Б. Высокопрочные песчаные бетоны для монолитного строительства // Известия КГАСУ, 2012, № 2 (20). – С. 183-188.

Morozov N.M. – candidate of technical sciences, associate professor
E-mail: nikola_535@mail.ru
Borovskich I.V. – candidate of technical sciences, associate professor
E-mail: borigor83@gmail.com
Galeev A.F. – student
E-mail: ayzat-galeev@rambler.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

The influence of sand on properties of fine-grained concrete

Resume

In recent years a growing interest in fine grained concrete as core concrete for the production of load-bearing reinforced concrete constructions is raising. This is due to the deficit of high strength crushed stone from igneous rocks in the European part of Russia and the constant rise in transportation cost component of high-strength crushed stone. Sand for concrete differ externally and in chemical composition, depending on the sands of different grain composition, surface morphology and strength properties. The article examines the influence of these parameters on the properties of fine-grained concrete. With the increase in fineness modulus of sand decreases air entrainment, and with an equal fineness of sand maximum strength is achieved on the sand of the river Volga. The dependence of water-reducing effect of superplasticizers from

the grain composition of sand is shown, as well as the optimum sand grain structure of the maximum effect. As a result, 60 mPas strength fine-grained concrete was produced.

Keywords: fine concrete, sand, superplasticizers, air entrainment, strength.

Reference list

1. Bazhenov Y.M., Kharchenko A.I. Nonshrinking fine-grained concrete with the use of sub-standard sand // Nauchno-tekhnicheskiy vestnik Povolzh'ya, 2012, № 5. – P. 86-88.
2. Aguirre A.M. y R. de Mejna Gutiyrrez Durability of reinforced concrete exposed to aggressive conditions // Materiales de Construcciun, 2013, Vol. 63 (309). – P. 7-38.
3. L'vovich K.I. Sandy concrete and its application in construction. – SPb.: Story-beton, 2007. – 320 p.
4. Sakharov G.P. Scientific and technical prerequisites of getting extruded fine concrete // Vestnik MGSU, 2011, № 4. – P. 483-485.
5. Chistov Y.D. Socio-ecological and economic feasibility of the use of sandy concrete in modern construction // Stroitel'nyye materialy, 2000, № 2. – P. 22-23.
6. Panchenko A.I., Kharchenko I.J. Fine-grained concrete in concrete construction: problems, theory and technology of effective application. Part 1 // Tekhnologii betonov, 2011, № 5-6. – P. 42-44.
7. Arathi T.A., Scheredin A.S., Balykov A.S. Fractal analysis of the pore structure of the dispersion-filled with fine-grained concrete // Tekhnicheskoye regulirovaniye v transportnom stroitel'stve, 2016, № 1 (15). – P. 60-64.
8. Khozin V.G., Morozov N.M., Muginov H.G. Features of the formation of the modified structure of sandy concrete // Stroitel'nyye materialy, 2010, № 9. – P. 72-73.
9. Morozov N.M., Muginov H.G., Khozin V.G., Antakov A.B. High sand concrete for monolithic building // Izvestiya KGASU, 2012, № 2 (20). – P. 183-188.

УДК 691.33
Морозов Н.М. – кандидат технических наук, доцент
E-mail: nikola_535@mail.ru
Галеев А.Ф. – студент
E-mail: ayzat-galeev@rambler.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1

Роль суперпластифицирующих добавок в формировании прочности самоуплотняющегося бетона

Аннотация
Применение самоуплотняющегося бетона позволяет значительно повысить качество железобетонных изделий. Для его приготовления необходимо правильно подобрать суперпластификатор, который обеспечит низкое водоцементное отношение и хорошую подвижность. В данной статье рассмотрено влияние расхода цемента и суперпластификаторов на свойства мелкозернистой бетонной смеси, такие как плотность и воздухововлечение, и на кинетику набора прочности бетона.
Ключевые слова: самоуплотняющийся бетон, воздухововлечение, суперпластифкатор, прочность.

Повышение качества железобетонных конструкций является одной из важных технологических задач производства. Эта задача решается путем совершенствования технологического оборудования при перемешивании бетонной смеси и формовании изделий из нее, либо улучшением состава самой смеси с целью повышения удобоукладываемости и снижения воздухововлечения. Для реализации второго направления во второй половине XX века появилось такое понятие как самоуплотняющийся бетон (СУБ) – бетон способный приобретать заданную ему форму, лишь за счет собственного веса [1]. СУБ имеет ряд особенностей отличающих его от обычного бетона: повышенный расход цемента, повышенный расход пластификаторов, уменьшенный расход крупного заполнителя, отличные реологические свойства [2-5].

Во многих регионах Поволжья особый интерес представляет мелкозернистый (песчаный) бетон, ввиду использования местных дешевых заполнителей [6, 7]. Поэтому основная цель проводимого исследования выяснить влияние расхода цемента и добавок в самоуплотняющемся мелкозернистом бетона (МСУБ) на свойства бетонной смеси (далее БС) и бетона. Исходя из этого, поставлены задачи сравнить изменение плотности и воздухововлечения БС и оценить кинетику твердения бетона.

В качестве исходных материалов было использовано: портландцемент ЦЕМ I 42,5Б Мордовского цементного завода, соответствующий ГОСТ 31108-2003. В качестве заполнителей и наполнителей использовались: песок камского месторождения, микрокремнезем Челябинского электрометаллургического комбината марки МК-85. В качестве пластификаторов были взяты поликарбоксилатные добавки Melflux 2651F, Sika Visco Crete 5-600SK и ReoTech Degaset DR 8500 ZF. Воздухововлечение бетонной смеси измерялось прибором «Testing», действие которого основано на принципе определения искомой величины под давлением. Кинетика набора прочности измерялась на 3,7 и 28 сутки и испытания проводились по ГОСТ 10180-2012.

Получены результаты исследования влияния расхода цемента на свойства бетонной смеси, такие как плотность раствора и воздухововлечение и кинетики твердения бетона. Были приведены следующие составы самоуплотняющегося мелкозернистого бетона для исследования технологических свойств, представленые в табл. 1.

Таблица 1

Составы самоуплотняющегося мелкозернистого бетона

№	Цемент, кг	Песок, кг	МК, кг	Добавка Melflux 2651F, кг	В/Ц
1	400	1650	50	3	0,625
2	500	1600	50	3,75	0,53
3	600	1500	50	4,5	0,44
4	700	1400	50	5,25	0,42

При изготовлении образцов для испытаний МСУБ были проверены такие свойства технологические свойства как плотность бетонной смеси и воздуховолечение. Полученные результаты приведены на рис. 1.

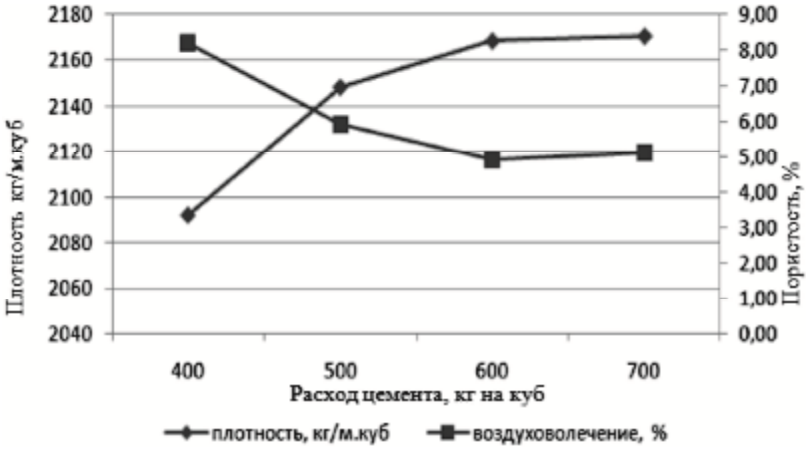


Рис. 1. Зависимость плотности и воздухововлечения от расхода цемента

На рис. 1 виден рост плотности бетонной смеси и снижение ее воздухововлечения при увеличении расхода цемента. Максимальная плотность достигнута при расходе цемента в 700 кг на м^3, но разность значений по сравнению с расходом в 600 кг незначительна. Воздухововлечение с увеличением расхода цемента снизилось на 40 % и составило 5,1 %. Образцы МСУБ, хранящиеся в условиях нормального твердения, подвергались испытанию на сжатие в возрасте 3, 14 и 28 суток нормального твердения. Результаты испытаний приведены на рис. 2.

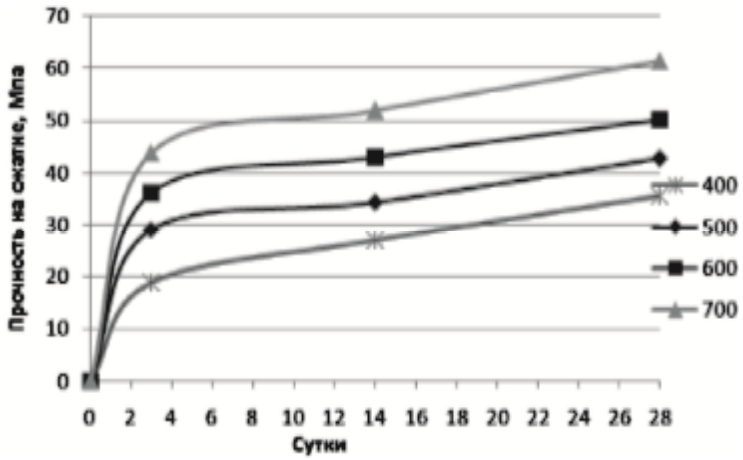


Рис. 2. Зависимость прочности бетона от расхода цемента

Из данного графика следует, что увеличение расхода цемента приводит к увеличению кинетики набора прочности и максимальной прочности на 28 сутки. Так максимальная прочность на сжатие с 35,7 МПа при расходе цемента 400 кг на куб увеличилась на 42 % и составила при расходе в 700 кг – 61,3 МПа.

В процессе исследования было установлено, что при увеличении расхода цемента до 700 кг на м^3 улучшаются свойства самоуплотняющейся бетонной смеси, растет плотность и снижается воздухововлечение. Так же при данном расходе увеличиваются прочностные показатели самоуплотняющегося мелкозернистого бетона.

Были проведены опыты по выявлению оптимальной дозировки суперпластификаторов. За основу взяты составы с расходом цемента 600 и песка камского месторождения 1600 кг на куб. В первом опыте рассматривалась добавка немецкого производителя марки Melflux с дозировками от 0,5 до 1,25 %, следующем

опыте была взята добавка Sika Visko Crete 5-600 SK с дозировкой от 1 до 2,5 %, после чего рассмотрен отечественный пластификатор ReoTech с дозировкой от 0,5 до 1,5 %.

Таблица 2

Составы самоуплотняющихся бетонов

№	Цемент, кг	Песок, кг	МК, кг	Добавки, %			В/Ц	РК, мм
				Melflux	Sika 5-600	ReoTech		
1	600	1600	-	0,5			-	-
2	600	1600	-	0,75			-	-
3	600	1600	-	1,0			-	-
4	600	1600	-	1,25			-	-
5	600	1600	50	-			1	-
6	600	1600	50	-			1,5	-
7	600	1600	50	-			2	-
8	600	1600	50	-			2,5	-
9	600	1600	50	-			-	0,5
10	600	1600	50	-			-	1,0
11	600	1600	50	-			-	1,25
12	600	1600	50	-			-	1,5

Из табл. 2 видно, что наиболее эффективно В/Ц бетонных смесей снижает суперпластификатор Melflux в количестве 1 % от массы цемента, В/Ц в таком случае составляет 0,32. Однако наблюдается расслоение бетонной смеи, тогда как при использовании добавки Sika расслоение отсутствует. Минимальное В/Ц бетонной смеси с добавкой Sika 5-600 составляет 0,38 при дозировке 2,5 %. Составы бетона с добавкой ReoTech имеет максимальные показатели водопотребности среди исследуемых суперпластификаторов.

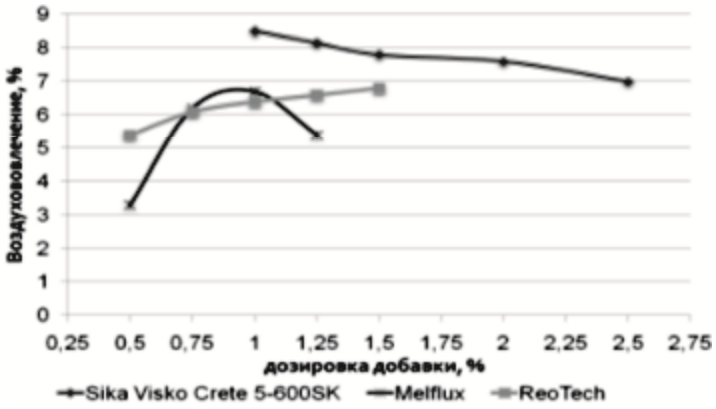


Рис. 3. Влияние добавок на воздухововлечение самоуплотняющегося бетона

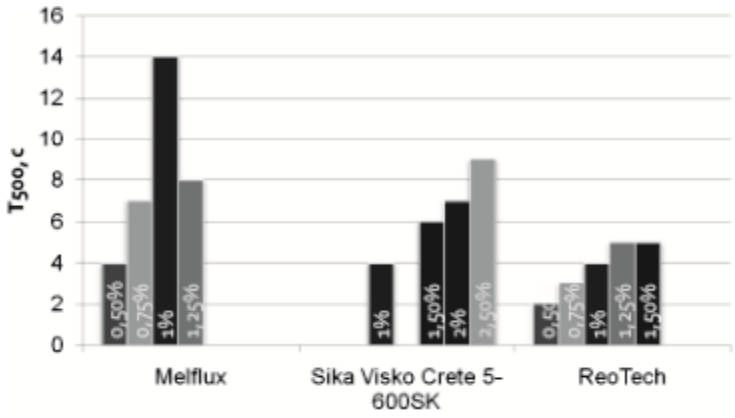


Рис. 4. Влияние добавок на показатель СУБ Т500

Минимальное воздухововлечение самоуплотняющихся бетонных смесей достигается путем введения добавки Melflux в количестве 0,5 % и оно равно 3,3 %. У смесей с добавкой Sika при максимальной дозировке в 2,5 % воздухововлечение составляет 7 %. При увеличении дозировки суперпластификатора ReoTech воздухововлечение увеличивается с 5,4 до 6,8 %.

Одной из характеристик самоуплотняющихся бетонов является Т500 – это время, за которое бетонная смесь растечется до диаметра 500 мм. Эта характеристика косвенно говорит о скорости сдвига бетонной смеси, что позволяет судить о вязкости растворов.

Как видно из рис. 4 при увеличении дозировки добавки Melflux до 1 % скорость сдвига снижается т.к. увеличивается время растекания, следовательно, повышает вязкость смеси при равной подвижности. Использование других пластификаторов аналогично влияет на характер изменения времени растекания раствора.

При исследовании кинетики твердения самоуплотняющихся бетонов наблюдается скорость и рост прочности при увеличении дозировки суперпластификатора Melflux (рис. 5). Максимальная прочность достигнута при дозировке добавки 1,25 % и составляет на 28 сутки 64 МПа. В составах бетона с суперпластификатором Sika VC5-600 SK максимальная прочность на 28 сутки при дозировке 2,0 % составила 61 МПа (рис. 6), однако здесь замедляется твердение в возрасте 3 суток по сравнению с добавкой Melflux. При увеличении дозировки суперпластификатора ReoTech (рис. 7) равномерное увеличение прочности с 31 до 50 МПа.

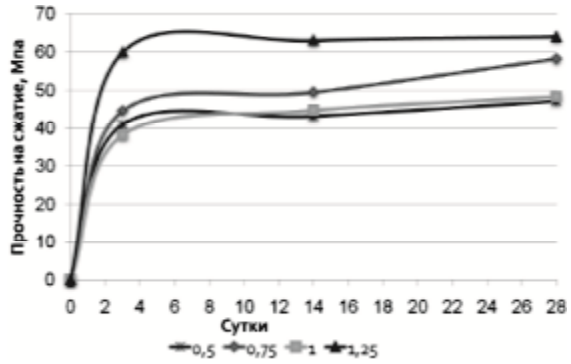


Рис. 5. Кинетика твердения самоуплотняющегося бетона с добавкой Melflux 2651F

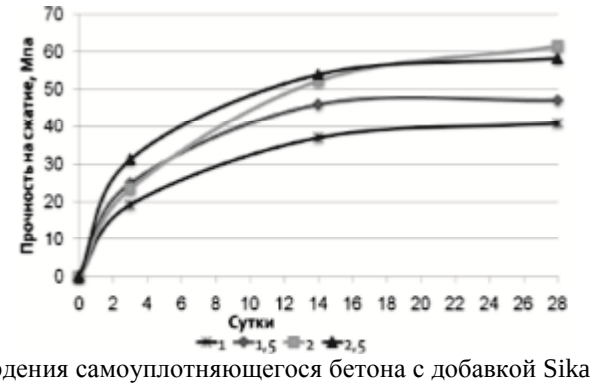


Рис. 6. Кинетика твердения самоуплотняющегося бетона с добавкой Sika Visko Crete 5-600SK

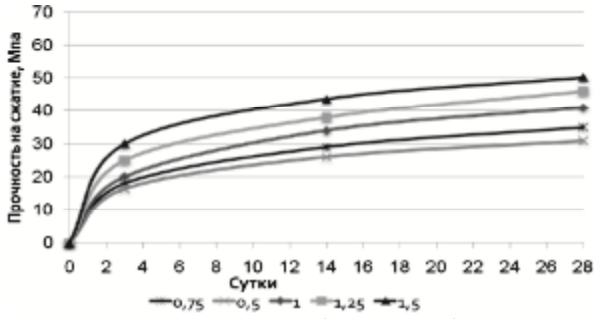


Рис. 7. Кинетика твердения самоуплотняющегося бетона с добавкой ReoTech Degaset DR 8500 ZF

Таким образом, показана возможность повышения прочностных характеристик самоуплотняющегося песчаного бетона за счет выбора вида суперпластификатора. Изучены технологические свойства СУБ при разных дозировках суперпластификаторов и расходе цемента. Установлено, что время растекания бетонной смеси при росте дозировок суперпластификаторов увеличивается, а минимальным воздуховолечением обладают составы СУБ с добавкой Melflux 2651F. При использовании данной добавки достигнута максимальная прочность самоуплотняющегося песчаного бетона 64 МПа.

Список использованных источников

1. Okamura Hajime, Ouchi Masahiro Self-Compacting Concrete // Advanced Concrete Technology, 2003, № 1. – P. 5-15.
2. Несветаев Г.В., Давидюк А.Н. Самоуплотняющиеся бетоны: прочность и проектирование состава // Строительные материалы, 2009, № 5. – С. 54-57.
3. Базанов С.М., Торопова М.В. Самоуплотняющийся бетон – эффективный инструмент в решении задач строительства. URL: http://www.allbeton.ru/article/36/13.html (дата обращения: 01.10.2016).
4. Horst G., Joerg R. Self compacting concrete – another stage in the development of the 5-component system of concrete // Betontechnische Berichte, Verein Deutscher Zementwerke, Dusseldorf, 2001. – P. 39-48.
5. Горбунов С.П., Федоров Ю.Б., Трофимов Б.Я., Гамалий Е.А. Эффективность пластифицирующих добавок в самоуплотняющихся растворных смесях // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: строительство и архитектура, 2005, № 13 (53). – С. 43-49.
6. Чистов Ю.Д. Социально-эколого-экономическая целесообразность использования песчаных бетонов в современном строительстве // Строительные материалы, 2000, № 2. – С. 22-23.
7. Баженов Ю.М. Многокомпонентные мелкозернистые бетоны // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века, 2001, № 10. – С. 24-25.

Morozov N.M. – candidate of technical sciences, associate professor
E-mail: nikola_535@mail.ru
Galeev A.F. – student
E-mail: ayzat-galeev@rambler.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

The role of superplasticizers in the formation of self-compacting concrete strength

Resume

The use of self-compacting concrete can significantly improve the quality of concrete products. To make it, you need to choose the right superplasticizer, which will provide a low water-cement ratio and good mobility. Especially important is the optimum dosage of plasticizer, as self-compacting concrete has a number of fine features, leading him to the sensitive bundle recipe: increased consumption of cement increased consumption of plasticizers, reduced consumption of filler, excellent rheological properties. This article discusses the effect of consumption of cement and superplasticizer on the properties of fine-grained concrete mix, such as density and air entrainment, and on the kinetics of a set of concrete strength. The possibility of increasing the strength characteristics of self-compacting concrete sand by choosing the type of superplasticizer. The regularities of time spreading of self-compacting concrete on the dosage of the superplasticizer.

Keywords: self compacting concrete, air entrainment, superplasticizer, strength.

Reference list

1. Okamura Hajime, Ouchi Masahiro Self-Compacting Concrete // Advanced Concrete Technology, 2003, № 1. – P. 5-15.
2. Nesvetaev G.V, Davidyuk A.N SCC: the strength and composition of design // Stroitelnye materialy, 2009, № 5. – P. 54-57.
3. Bazanov S.M, Toropova M.V Self-compacting concrete – an effective tool in dealing with construction problems. URL: http://www.allbeton.ru/article/36/13.html (reference date: 01.10.2016).
4. Horst G., Joerg R. Self compacting concrete – another stage in the development of the 5-component system of concrete // Betontechnische Berichte, Verein Deutscher Zementwerke, Dusseldorf, 2001. P. 39-48.c
5. Gorbunov S.P, Fedorov Y.B., Trofimov B.J., Gamal E.A. Efficiency plasticizing additives in self-compacting mortar // Vestnik Yuzhno-Ural'skogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: stroitel'stvo i arkhitektura, 2005, № 13 (53). – P. 43-49.
6. Chistov Y.D. Socio-ecological and economic feasibility of the use of sandy concrete in modern construction // Stroitel’nye materialy, 2000, № 2. – P. 22-23.
7. Bazhenov Y.M. Multi-grained concrete // Stroitel'nyye materialy, oborudovaniye, tekhnologii XXI veka, 2001, № 10. – P. 24-25.

УДК 691.332
Мухаметрахимов Р.Х. – кандидат технических наук, доцент
E-mail: muhametrahimov@mail.ru
Галаутдинов А.Р. – ассистент
E-mail: galautdinov89@mail.ru
Лукманова Л.В. – студент
E-mail: lilya0503199@gmail.com
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

Влияния пластифицирующих добавок на основные свойства гипсоцементно-пуццоланового вяжущего на основе низкомарочного и техногенного сырья

Аннотация

В работе приведены исследования влияния пластифицирующих добавок на реологические и физико-механические свойства гипсоцементно-пуццоланового вяжущего на основе низкомарочного гипсового и техногенного сырья. Показано, что введение исследуемых пластифицирующих добавок позволяет улучшить эксплуатационные свойства изделий на основе гипсоцементно-пуццолановых вяжущих, что выражается в повышении пределов прочности при изгибе и сжатии, а также в увеличении водостойкости изделий. Данные результаты достигаются благодаря формированию более плотной и однородной структуры образцов на основе модифицированного гипсоцементно-пуццоланового вяжущего.

Ключевые слова: пластифицирующие добавки, гипсоцементно-пуццолановое вяжущее, техногенные активные минеральные добавки, прочность, водостойкость.

В настоящее время на отечественном строительном рынке представлен широкий спектр пластифицирующих добавок (ПД). Это различные по составу и свойствам гиперпластификаторы (ГП) и суперпластификаторы (СП) таких фирм, как «Basf®», «Glenium®», «Melflux®», «Sika ViscoCrete®» и др. Однако эффективность применения этих ПД заявлена производителями в основном для композиций на цементной основе. Известно, что щелочность среды оказывает значительное влияние на работу ПД в вяжущем. В связи с этим в композициях на основе гипсовых и смешанных вяжущих не всегда достигается желаемый результат. Для замедления схватывания гипсовых систем используются органические кислоты, введение которых приводит к снижению конечной прочности изделий и добавки, замедляющие схватывание гипса [1], которые требуют исследования совместной работы с ПД. В работе [2, 3] показаны особенности взаимодействия гиперпластификаторов с органическими кислотами, применяемыми для замедления схватывания гипсовых систем, а также влияние стерического эффекта и значения дзетта-потенциала гиперпластификаторов в системах на комплексном вяжущем на их пределы прочности при сжатии и изгибе. Весьма интересны в этом отношении исследования ПД, обладающих эффектом замедления кинетики начального структурообразования вяжущих, но не влияющих на кинетику твердения и прочность изделий на их основе [4]. Поэтому актуальной является задача, направленная на изучение работы современных ПД в гипсоцементно-пуццолановых композициях. Это позволит расширить область применения гипсового вяжущего, например, при производстве эффективных гипсовых материалов для устройства межкомнатных перегородок [5] или гипсоволокнистых листов для отделки зданий и сооружений [6].

Цель настоящих исследований состоит в установлении влияния различных ПД на нормальную густоту и сроки схватывания цементного вяжущего (ЦВ), гипсового вяжущего (ГВ) и гипсоцементно-пуццоланового вяжущего (ГЦПВ), а также изучение их влияния на пределы прочности ГЦПВ на основе низкомарочного и техногенного сырья.

Для приготовления композиционного вяжущего использовали низкомарочное гипсовое вяжущее марки Г6 БII производства ООО «Аракчинский гипс» по ГОСТ 125-79, портландцемент Белгородского цементного завода ПЦ500 Д0, в качестве активной

минеральной добавки (АМД), использовали ферросилиций с гидравлической активностью 1450 мг/г, выбранный из широкого спектра природных и техногенных АМД с учетом предыдущих исследований [7], выполненных по методике [8]. Ферросилиций относится к техногенным АМД и представляет собой промышленный отход металлургической промышленности, размолотый до $S_{уд}$=391 м^2/кг. Химический состав, %: Si – 63,7; Al – 2,5; C – 0,1; S – 0,02; P – 0,05; Mn – 0,4; Cr – 0,4. Соотношение компонентов в вяжущем – гипс: портландцемент: АМД – 76:20:4 мас. ч.

В качестве ПД использовали:

– суперпластификатор «БЕСТ-СПл», производства ООО «Инновационные Технологии». Суперпластификатор первой группы по ГОСТ 24211 – водный раствор солей органических кислот в жидком виде без содержания хлора. Коричневая жидкость, плотность при 20ºС – 1,1-1,3 г/см^3, массовая доля вещества – 30-40 %;

– суперпластификатор «БЕСТ-ТБ», производства ООО «Инновационные Технологии». Суперпластификатор первой группы, сополимер на основе эфиров карбоновых кислот с добавлением фосфатного компонента. Темно-коричневая жидкость с плотностью при 20ºС – 1,24 г/см^3, массовая доля вещества – 20-30 %;

– пластификатор первой группы на основе карбоксилатов с ускоряющим и самоуплотняющим действием «Одолит-К» произведенный по ТУ 5745-01-96326574-08. Полупрозрачная вязкая жидкость в водном растворе без содержания хлора, производства ООО «Сервис-Групп», плотность – 1,06 г/см^3, pH при 20ºС – 6,9;

– гиперпластификатор «Coatex Ethacryl™ HF» представляет собой бесцветную вязко-текучую жидкость полиэфира поликарбоксилата в водном растворе солей натрия производства компании «Arkema Coatex» (Франция), плотностью 1,06 г/см^3, pH при 20ºС – 3,7;

– гиперпластификатор «Coatex Ethacryl™ HF» + УНТ представляет собой бесцветную вязко-текучую жидкость полиэфира поликарбоксилата в водном растворе солей натрия с диспергированными УНТ в количестве 0,15 % производства компании «Arkema Coatex» (Франция), плотностью 1,06 г/см^3, pH при 20ºС – 3,7;

– водный раствор поликарбоксилатного эфира «Glenium® Ace 430» производства ООО «BASF Строительные системы». Коричневая жидкость, плотность – 1,04 г/см^3, pH при 20ºС – 5,5, содержание хлоридов – ≤ 0,01 %, максимальное содержание щелочей – < 0,6 % (Na_2O – эквивалент);

– водный раствор поликарбоксилатного эфира «Glenium® Sky 591» производства ООО «BASF Строительные системы». Коричневая жидкость, плотность – 1,07 г/см^3, pH при 20ºС – 6, максимальное содержание хлоридов – < 0,1 %, максимальное содержание щелочей – < 1,5 % (Na_2O – эквивалент). Содержит компоненты, обеспечивающие вовлечение нормированного количества воздуха ($V_{вв}$= 3-6 %).

На первом этапе изучали влияние исследуемых пластифицирующих добавок на реологические свойства ГВ, ЦВ и ГЦПВ. Для сопоставления результатов все исследования выполнены по методике ГОСТ 23789-79. Результаты испытаний приведены на рис. 1-5.

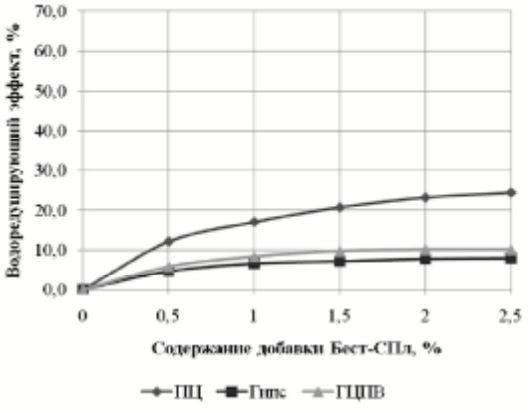


Рис. 1. Зависимость водоредуцирующего эффекта от содержания СП «БЕСТ-СПл»

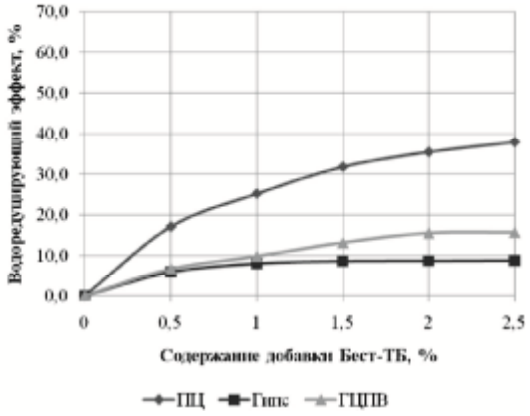


Рис. 2. Зависимость водоредуцирующего эффекта от содержания СП «БЕСТ-ТБ»

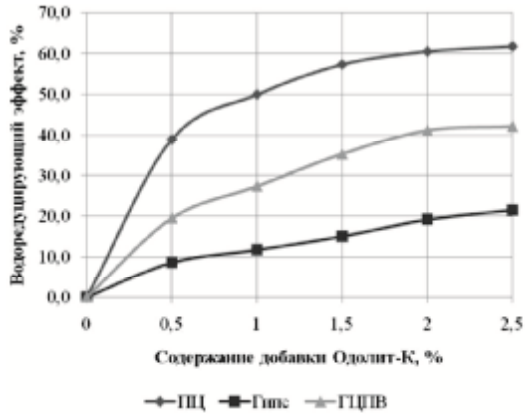


Рис. 3. Зависимость водоредуцирующего эффекта от содержания ГП «Одолит-К»

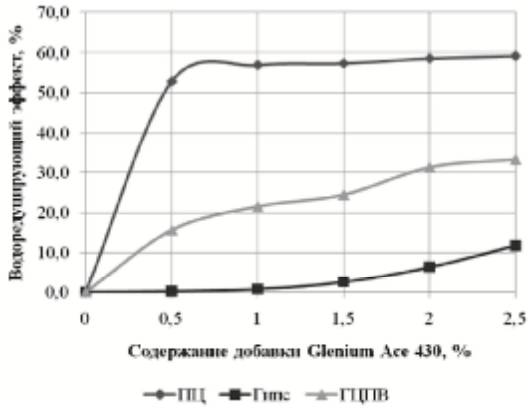


Рис. 4. Зависимость водоредуцирующего эффекта от содержания ГП «Glenium® Ace 430»

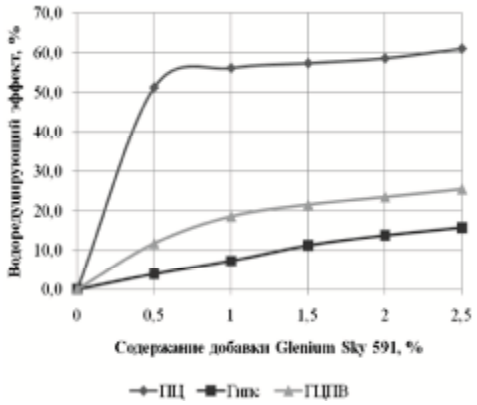


Рис. 5. Зависимость водоредуцирующего эффекта от содержания ГП «Glenium® Sky 591»

Как видно на рис. 1-5, водоредуцирующий эффект существенно зависит от вида вяжущего, ПД и ее содержания. Наилучший водоредуцирующий эффект в цементном вяжущем показывают ПД «Одолит-К» – 61,7 %, «Glenium Sky 591» – 61 %, «Glenium Ace 430» – 59,1 %; в гипсовом: ПД «Одолит-К» – 21,6 %, «Glenium Sky 591» – 15,7 %; в гипсоцементном: ПД «Одолит-К» – 45,1 %, «Glenium Ace 430» – 33,3 %. При близких показателях водоредуцируещего эффекта исследуемых ПД в цементном вяжущем, введение их в гипсовое и гипсоцементное вяжущее не всегда приводит к значительному снижению количества воды затворения, что вероятно связано с различным составом и механизмом действия ПД.

Испытания образцов гипсоцементно-пуццоланового камня на основе низкомарочного гипсового и техногенного сырья с ПД проводили на стандартных образцах-балочках размерами 4х4х16 см, из формовочной смеси нормальной густоты по методике, описанной в ГОСТ 23789-79. Результаты испытаний приведены в таблице.

Как видно из таблицы, исследуемые ПД оказывают различное влияние на процессы структурообразования ГЦПВ, что выражается в изменении сроков схватывания и показателей прочности.

ГП «Одолит-К», «Glenium® Ace 430» и ПД «Glenium® Sky 591» в количестве 0,5 % и 1 % от массы вяжущего незначительно ускоряют сроки начала и конца схватывания на 1-2 мин. и 1-5 мин. соответственно. С увеличением дозировки ПД «Glenium® Sky 591», «Coatex Ethacryl» и «Coatex Ethacryl+УНТ» замедляют начало и конец схватывания на 4,5-5 мин.

Наибольшим эффектом замедления кинетики начального структурообразования обладает добавка «Бест-ТБ». В зависимости от содержания (0,5-2,5 %) начало схватывания замедляется на 27-254 мин., конец схватывания на 26,5-269 мин. Однако введение данного СП приводит лишь к незначительному росту пределов прочности при изгибе и сжатии, а с увеличением дозировки к их снижению по сравнению с составом без добавок.

Таблица

Влияние пластифицирующих добавок на сроки схватывания и физико-механические характеристики ГЦПВ

Вид ГП	Содержание ГП, % от массы вяжущего	Сроки схватывания, мин		$R_{изг}$, МПа	$R_{сж}$, МПа	$К_р$
		Начало	Конец			
-	-	5	9	6	18,5	0,43
Бест-СПл	0,5	11	14	6,41	13,01	0,44
	1	20	22,5	6,18	12,5	0,53
	1,5	29	33	5,98	11,82	0,44
Бест-ТБ	0,5	32	35,5	6,11	18,53	0,58
	1	110	121	6,31	20,28	0,54
	1,5	196	220	6,67	15,59	0,51
	2	242	260	4,73	13,92	0,49
	2,5	259	278	4,1	11,86	0,47
Одолит-К	0,5	4	6	6,55	23,91	0,55
	1	4	6,5	6,89	25,07	0,57
	1,5	4	6,5	7,21	26,34	0,6
	2	5	7	7,87	22,36	0,58
	2,5	5	9	7,41	22,33	0,58
Glenium Ace 430	0,5	3	5,5	8,32	24,6	0,45
	1	3	4	8,89	28,96	0,46
	1,5	3	4	9,91	31,43	0,48
Glenium Sky 591	0,5	4	6	6,86	23,33	0,42
	1	5	8	7,38	24,45	0,46
	1,5	10	13	7,5	29,54	0,53
Coatex Ethacryl	0,5	8,5	10	6,74	22,76	0,49
	1	9	11	7,24	24,72	0,56
	1,5	9	11	7,38	20,96	0,6
Coatex Ethacryl+УНТ	0,5	8	10	8,87	25,68	0,55
	1	8	9	7,35	23,31	0,47
	1,5	9,5	11	7,01	21,07	0,46

Снижение количества воды затворения приводит к увеличению пределов прочности при изгибе и сжатии, а также коэффициента размягчения ($К_р$). Так в зависимости от дозировки ГП «Glenium® Ace 430» увеличивает показатели прочности при сжатии на 33-69,9 %; ГП «Glenium® Sky 591» – на 26,1-59,7 %; ГП «Одолит-К» – на 29,2-42,4 %; ГП «Coatex Ethacryl+УНТ» – на 13,9-38,8 %; ГП «Coatex Ethacryl» – на 13,3-23 %.

Исследуемые ГП также оказывают существенное влияние на относительный предел прочности при изгибе образцов ГЦПВ, однако в меньшей степени, чем при сжатии. Так в зависимости от дозировки ГП «Glenium® Ace 430» увеличивает показатели прочности при изгибе на 38,7-65,2 %; ГП «Одолит-К» – на 9,2-31,2 %; ГП «Glenium® Sky 591» – на 14,3-25 %; ГП «Coatex Ethacryl+УНТ» – на 16,8-47,8 %; ГП «Coatex Ethacryl» – на 12,3-23,0 %.

Показатели водостойкости образцов ГЦПВ при введении различных ГП в их состав также повышаются. Наиболее эффективными с этой точки зрения являются следующие добавки (в порядке убывания): ГП «Одолит-К», ГП «Coatex Ethacryl», СП «Бест-ТБ», ГП «Coatex Ethacryl», «Glenium Sky 591», ГП «Glenium Ace 430», СП «Бест-СПл».

По результатам выполненных исследований можно сделать следующие выводы:

1. Изучено влияние ПД на реологические свойства ГВ, ЦВ и ГЦПВ. Установлено, что при близких высоких показателях водоредуцирующего эффекта исследуемых ПД в ЦВ, введение их в ГВ и ГЦПВ не всегда приводит к значительному снижению количества воды затворения. Наиболее эффективным является ГП «Одолит-К», введение которого позволяет значительно снизить водопотребность всех типов исследуемых вяжущих. Так при введении ГП «Одолит-К» в цементное вяжущее водоредуцирующий эффект повышается на 61,7 %; в гипсовое вяжущее – на 21,6 %; в ГЦПВ – на 45,1 %.

2. Изучено влияние ПД на физико-механические свойства ГЦПВ на основе низкомарочного гипсового и техногенного сырья. Установлено, что наиболее эффективными из числа исследуемых ПД являются ГП «Glenium® Ace 430», «Одолит-К» и «Coatex Ethacryl+УНТ». Так в зависимости от дозировки ГП «Glenium® Ace 430»

увеличивает показатели прочности при сжатии на 33-69,9 %, при изгибе – на 38,7-65,2 %; ГП «Одолит-К»: при сжатии – на 29,2-42,4 %, при изгибе – на 9,2-31,2 %; ГП «Coatex Ethacryl+УНТ»: при сжатии – на 13,9-38,8 %, при изгибе – на 16,8-47,8 %.

3. Установлено, что ПД «Бест-ТБ» обладает эффектом замедления кинетики начального структурообразования ГВ и ГЦПВ и в зависимости от содержания (0,5-2,5 %) позволяет замедлить начало схватывания на 27,5-252,5 мин., конец схватывания на 30-273 мин. при сохранении высоких темпов набора прочности ГЦПВ.

Получены результаты положительного влияния ПД «Одолит-К», «Glenium® Ace 430», «Glenium® Sky 591», «Coatex Ethacryl», «Coatex Ethacryl+УНТ» на пределы прочности при изгибе и сжатии и водостойкость образцов ГЦПВ на основе низкомарочного гипсового и техногенного сырья, однако применение данных добавок приводит к ускорению сроков схватывания смеси, что значительно затрудняет процессы формования изделий. Вместе с тем СП «Бест-ТБ» позволяет значительно удлинить сроки схватывания изделий. Весьма интересны в этом отношении исследования направленные на разработку комплексной полифункциональной ПД, обладающих эффектом замедления кинетики начального структурообразования вяжущих, но не влияющие на кинетику твердения и прочность изделий на их основе.

Список библиографических ссылок

1. Литвиненко С.В. Применение замедлителя схватывания для гипсовых вяжущих Retardan 225P // Строительные материалы, 2012, № 7. – С. 26-27.
2. Пустовгар А.П., Бурьянов А.Ф., Василик П.Г. Особенности применения гиперпластификаторов в сухих строительных смесях // Строительные материалы, 2010, № 12. – С. 62-65.
3. Халиуллин М.И., Нуриев М.И., Рахимов Р.З., Гайфуллин А.Р. Влияние пластифицирующих добавок на свойства гипсоцементнопуццоланового вяжущего // Вестник Казанского технологического университета, 2015, Т. 18, № 6. – С. 119-122.
4. Замедляющий схватывание суперпластификатор: пат. 2262490 Рос. Федерация. № 2003134833/03; заявл. 02.12.2003; опубл. 20.10.2005. Бюл. № 29. – 6 с.
5. Бурьянов А.Ф. Эффективные гипсовые материалы для устройства межкомнатных перегородок // Строительные материалы, 2008, № 8. – С. 30-33.
6. Изотов В.С., Мухаметрахимов Р.Х., Галаутдинов А.Р. Влияние полипропиленовых волокон на основные свойства гипсоцементно-пуццоланового вяжущего // Вестник Казанского технологического университета, 2015, Т. 18, № 1. – С. 135-137.
7. Изотов В.С., Мухаметрахимов Р.Х., Галаутдинов А.Р. Исследование влияния активных минеральных добавок на реологические и физико-механические свойства гипсоцементно-пуццоланового вяжущего // Строительные материалы, 2015, № 5. – С. 20-23.
8. Ферронская А.В. Гипсовые материалы и изделия. Производство и применение. – М.: Изд-во АСВ, 2004. – 451 с.

Mukhametrakhimov R.Kh. – candidate of technical sciences, associate professor
E-mail: muhametrahimov@mail.ru
Galautdinov A.R. – assistant
E-mail: galautdinov89@mail.ru
Lukmanova L.V. – student
E-mail: lilya0503199@gmail.com
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

The effects of plasticizers on the basic properties of the gypsum cement-pozzolan binder based on low branded gypsum and technogenic raw materials

Resume

Currently there are a lot of plasticizers, giperplasticizers and superplasticizers of different brands in the domestic market. However, the effectiveness of these supplements declared by the

manufacturer primarily for the compositions based on cement. It is known that the alkalinity of the medium has a significant effect on the operation of plasticizing additives in the binder. This makes it necessary to study the work of modern plasticizing additives in the gypsum cement-pozzolan compositions.

The studies have established a positive impact of plasticizing additives on the rheological properties of the gypsum cement-pozzolan binder based on low branded gypsum and technogenic raw materials and the physical and mechanical properties of the composite gypsum cement-pozzolan stone.

It has been shown that the introduction of plasticizers in the composite binder can improve the performance properties of products based on gypsum cement-pozzolan binders, resulting in increasing the flexural strength of 65,2 %, the compressive strength – by 69,9 % as well as increase water resistance by 39 %. These results are achieved by reducing the water demand of the mixture and the formation of a more dense and homogeneous structure of samples on the basis of gypsum cement-pozzolan binder modified researched plasticizing additives. This will greatly expand the scope of products on the basis of the modified composite binder in the manufacture of a wide range of building products.

Keywords: plasticizers, gypsum cement-pozzolan binder, technogenic active mineral additives, strength, water resistance.

Reference list

1. Litvinenko S.V. Application of retarder for gypsum binders Retardan 225P // Stroitel'nye materialy, 2012, № 7. – P. 26-27.
2. Pustovgar A.P., Bur'yanov A.F., Vasilik P.G. Features of the application of plasticizing additives in a dry building mixtures // Stroitel'nye materialy, 2010, № 12. – P. 62-65.
3. Khaliullin M.I., Nuriev M.I., Rakhimov R.Z., Gaifullin A.R. Effect of plasticizers on the properties of gypsum cement-pozzolan binder // Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta, 2015, № 6. – P. 119-122.
4. Retarding superplasticizer: patent 2262490 of the Russian Federation. № 2003134833/03; It is declared 02.12.2003; it is published 20.10.2005. The bulletin № 29. – 6 p.
5. Bur'yanov A.F. Effective gypsum materials for interior partitions // Stroitel'nye materialy, 2008, № 8. – P. 30-33.
6. Izotov V.S., Mukhametrakhimov R.Kh., Galautdinov A.R. Influence of polypropylene fiber on the basic properties of gypsum cement-pozzolan binder // Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta, 2015, № 1. – P. 135-137.
7. Izotov V.S., Mukhametrakhimov R.Kh., Galautdinov A.R. Investigation of the effect of active mineral admixtures on the rheological and mechanical properties of gypsum cement-pozzolan binder // Stroitel'nye materialy, 2015, № 5. – P. 20-23.
8. Ferronskaya A.V. Gypsum materials and products. The production and use. – M.: Publishers ASV, 2004. – 451 p.

УДК 666.94.9
Рахимов Р.З. – доктор технических наук, профессор
E-mail: Rahimov@kgasu.ru
Рахимова Н.Р. – доктор технических наук, профессор
E-mail: rahimova.07@list.ru
Гайфуллин А.Р. – кандидат технических наук, доцент
E-mail: 447044@list.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1
Морозов В.П. – доктор геолого-минералогических наук, профессор
E-mail: Vladimir.Morozov@kpfu.ru
Казанский (Приволжский) федеральный университет
Адрес организации: 420008, Россия, г. Казань, ул. Кремлевская, д. 18

Дегидратация глин различного минерального состава при прокаливании

Аннотация

Самой значительной по объемам сырьевой базы для производства одной разновидностей таких добавок является повсеместно распространенное и дешевое глинистое сырье, которое применяется в прокаленном и молотом виде. Пуццолановая активность местного сырья зависит от его состава, температуры прокаливания и особенностей дегидратации. Представлены результаты дифференциально-термического анализа полиминеральных глин 7-ми месторождений с различным минеральным составом.

Установлены температурные интервалы и пики 5-ти эндоэффектов, связанных с изменением массы в результате потери воды различной связности, разновидностей глинистых минералов и пуццоланической активностью продуктов прокаливания.

Ключевые слова: глина, состав, минеральный анализ, термический, эндоэффект, температура, минерал, пик, масса.

Введение

Производство портландцемента связано с высоким потреблением природного минерального сырья и значительными объемами эмиссии CO_2 в окружающую среду [1]. Одним из эффективных направлений их снижения является введение в портландцемент с целью уменьшения в нем содержания клинкерной части тонкозернистых минеральных добавок природного и техногенного происхождения [2, 3]. В настоящее время известен широкий перечень применяемых разновидностей минеральных добавок. Очевидно, что потребность в объемах и разновидностях их не будет снижаться и в будущем. Наиболее известные из них – зола и металлургические шлаки – доступны не во всех странах и регионах, поэтому большее применение минеральных добавок может быть достигнуто за счет использования натуральных пуццоланов и активированных глин [1, 4]. Глины – повсеместно распространенное, доступное и дешевое сырье для получения пуццоланов. Термически активированные глины классифицируются как искусственные пуццоланы европейским стандартом EN 197-1-2000. Природные и техногенные (глиежы) и искусственно обожженные глины (цемянка, глиниты) применяются в качестве добавок с древних времен до настоящего времени в известковые и цементные материалы [1, 2, 5-8]. Цемянка – продукт измельчения керамических изделий, полученных обжигом глин до спекания при температурах 900 ^oC и выше, глиниты получают измельчением прокаленных при температурах 600-800 ^oC глин [5]. Известны результаты исследований эффективности минеральных добавок в портландцемент, полученных при прокаливании глин и при 400 ^oC [9, 10]. Пуццоланическая активность термоактивированных глин в цементных и известковых композитах зависит от особенностей их дегидратации и химических превращений отдельных минералов при термической обработке.

Глинистые минералы содержат воду в различном состоянии: свободную, адсорбционную, цеолитную, кристаллизационную и конституционную. Первые три разновидности относятся к химическим несвязанной воде, 4-я и 5-я разновидности

являются химически связанными. Адсорбционная вода располагается между пакетами слоистых минералов и на их поверхности. Цеолитная вода содержится у алюмосиликатов каркасного типа, в которых она располагается в полостях кристаллических решеток, соединенных каналами. Кристаллизационная вода входит в решетку кристаллов минералов. Конституционная вода входит в кристаллическую решетку минералов в виде гидроксильной группы. При термической обработке при температурах до 100-120 ^{o}C глинистые минералы теряют свободную воду, а при температурах до 200 ^{o}C – частично и адсорбционную воду между пакетами слоистых минералов. При температуре выше 200-250 ^{o}C удаляется цеолитовая вода, которая у некоторых минералов может продолжать удаляться до 800-900 ^{o}C. Кристаллизационная вода из глинистых минералов удаляется при 300-400 ^{o}C. Конституционная вода из глинистых минералов удаляется в зависимости от разновидности глинистого минерала в диапазоне 350-1000 ^{o}C до полного разрушения кристаллов глинистых минералов и начала образования из смеси их оксидов первых эвтектик в системе R_2O-Al_2O_3-SiO_2 и кристаллических новообразований. Появление первых эвтектик фиксируется независимо от минерального состава глин при температурах около 700 ^{o}C [11]. Утверждается, что уже при температурах 120-200 ^{o}C в глинистых минералах начинаются процессы, приводящие впоследствии к принципиальным изменениям их качественного состояния отдельных элементов и в целом [12]. Активация глин происходит таким образом, начиная с температур прокаливания от 200 ^{o}C и до начала спекания в результате дегидратации глинистых минералов. Дифференциально-термический анализ (ДТА) позволяет характеризовать кинетику дегидратации глин с последовательной потерей воды различной связанности в глинистых минералах. При этом фиксируется три эндотермических пиков, характеризующих последовательно потерю основного содержания вначале химически несвязной, затем кристаллизационной и, наконец, конституционной воды. Разные глинистые минералы имеют отличающиеся диапазоны температур, характерных для эндотермических пиков. У полиминеральных глин в связи с этим эти диапазоны значительно шире, чем у мономинеральных. В известных работах исследований в области определения активности глин при прокаливании основное внимание уделялось установлению её значений в областях температур потери основного содержания кристаллизационной и конституционной воды в диапазоне температур 600-800 ^{o}C. Вместе с тем температурные диапазоны потери всех пяти видов воды могут накладываться одни на другие, особенно у полиминеральных глин, влияя при этом на показатель их активности.

В связи с этим является целесообразным полный анализ процессов дегидратации глин при прокаливании их в диапазоне от нормальной до 900 ^{o}C, который представлен в настоящей работе.

Материалы исследований

В качестве объектов исследований приняты глины:

- Ново-Орская (НОГ) месторождения в Оренбургской области;
- Нижне-Увельская (НУГ) месторождения в Челябинской области;
- Кощаковская (КоГ), Кукморская (КуГ), Тетюшская (ТГ), Сарай-Чекурчинская (СЧГ) и Шигалеевская (ШГ)месторождений в Республике Татарстан.

Методы исследования

В таб. 1 приведен минеральный состав принятых для исследований глин.

Дифференциально-термический анализ глин производился с использованием прибора NETZSCH STA 449F3 STA449F3A-557-M.

Результаты исследований

На рис. 1-3 представлены кривые дифференциально-термического анализа: Новоорской, Кощаковской и Тетюшской глин.

Кривые ДТА глин: Нижне-Увельской подобна приведенной на рис. 1 Новоорской; Кукморской и Сарай-Чекурчинской подобны приведенной на рис. 2 Кощаковской; Шигалеевской подобна приведенной на рис. 3 Тетюшской. На рисунках указаны температурные пики и потери масс 5-ти эндоэффектов.

Таблица 1

Минеральный состав применяемых при исследованиях глин

№ п/п	Разновидности глин	Минеральный состав, %										
		каолинит	монтмориллонит	гидрослюда (иллит)	хлорит	кварц	микроклин	альбит	кальцит	доломит	тальк	гипс
1	НОГ	82,26	-	-	-	17,74	-	-	-	-	-	-
2	НУГ	33,70	7,10	6,70	1,30	42,70	-	-	-	-	4,00	-
3	КоГ	4,06	17,90	6,00	4,10	35,80	17,40	14,79	-	-	-	-
4	КуГ	2,27	19,30	5,40	3,40	38,00	15,90	13,66	2,01	-	-	-
5	ТГ	7,12	12,40	6,90	4,00	13,44	-	7,83	46,90	-	-	1,40
6	СЧГ	3,41	19,10	7,50	3,30	38,44	15,60	12,76	-	-	-	-
7	ШГ	3,25	5,78	3,08	1,02	51,70	8,44	18,51	0,66	7,58	-	-

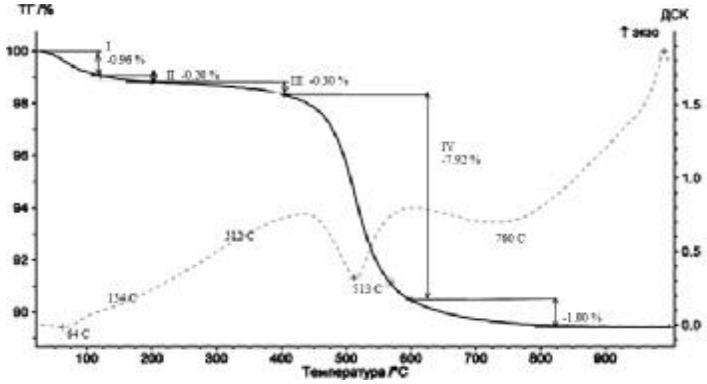


Рис. 1. Кривые ДТА Ново-Орской глины

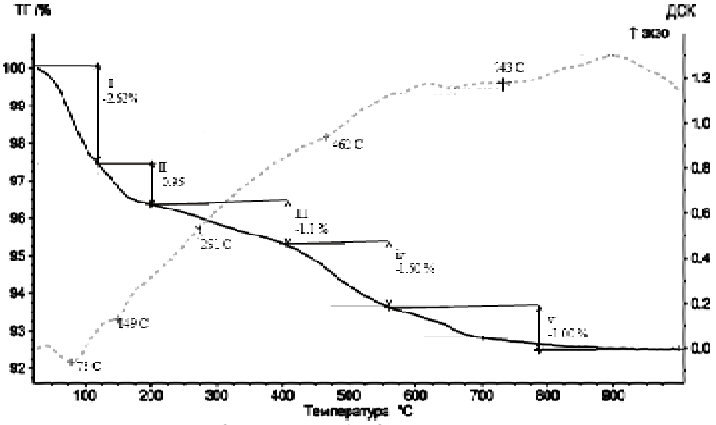


Рис. 2. Кривые ДТА Кощаковской глины

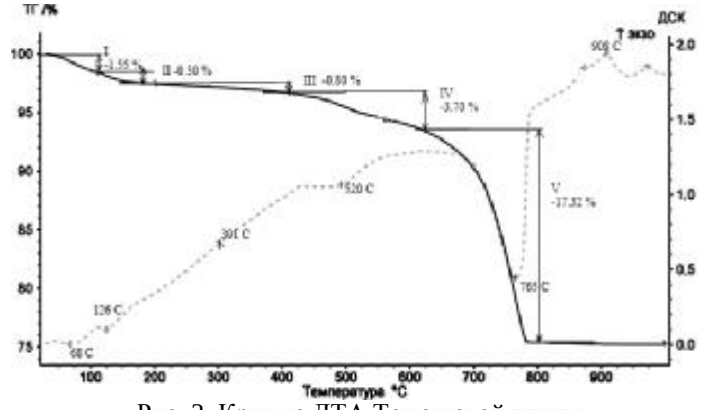


Рис. 3. Кривые ДТА Тетюшской глины

В табл. 2 приведены показатели ДТА принятых при исследованиях глин с определением температурных пиков и потери массы эндоэффектов в температурных интервалах 30-120 °С; 120-200 °С; 200-400 °С; 400-600 °С,650°С; 600 °С,650-900 °С.

1-ый эндоэффект связан с потерей основного содержания свободной воды. Наибольшая потеря 2,34-2,62 % свободной воды наблюдается у глин КоГ, Куг и СЧГ, повышенное содержание которой в них связано с высоким содержанием наиболее тонкодисперстного из глинистых минералов-монтморилонита.

Таблица 2

Показатели процесса дегидратации глин по данным дифференциально-термического анализа

Разновидности глин			НОГ	НУГ	КоГ	КуГ	ТГ	СЧГ	ШГ
Эндоэффект и потеря массы	1 эндоэффект	Температурный интервал	30-120						
		Температурный пик	64	68	78	74	68	79	68
		Потеря массы, %	0,96	1,18	2,62	2,34	1,55	2,42	0,98
	2 эндоэффект	Температурный интервал	120-200						120-260
		Температурный пик	134	148	149	147	126	147	138
		Потеря массы, %	0,20	0,36	0,95	0,86	1,01	0,95	0,40
	3 эндоэффект	Температурный интервал	200-400						200-400
		Температурный пик	312	306	291	322	301	326	298
		Потеря массы, %	0,30	0,71	1,10	1,10	0,80	0,95	0,40
	4 эндоэффект	Температурный интервал	400-600	400-570	400-570	400-650	400-650	400-610	400-625
		Температурный пик	513	498	465	534	520	506	518
		Потеря массы, %	7,92	5,25	1,50	2,86	3,70	1,75	0,80
	5 эндоэффект	Температурный интервал	600-900	570-800	570-900	650-850	650-800	610-900	625-750
		Температурный пик	760	654	743	692	765	666	726
		Потеря массы, %	1,00	0,70	1,00	1,77	17,32	0,52	4,41
Общая потеря массы, %			10,38	9,20	7,17	8,93	24,38	6,59	6,99

Этим же объясняется и наиболее высокий температурных пик в пределах 74-79 °С 1-го эндоэффекта этих глин. Минимальная потеря – 0,96 % свободной воды наблюдается у НОГ-глины, более чем на 82 % состоящей из каолинита, частицы которого крупнее, чем другие глинистые минералы [13]. Этим же объясняется и наиболее низкий уровень температурного пика её 1-го эндоэффекта – 64 °С.

2-ой эндоэффект связан с потерей остатков свободной и частично-адсорбционной воды при температурах от 120 до 200 °С. Первый и второй эндоэффекты не приводят к деформациям кристаллических решеток глинистых минералов и разрыву в них связей и проявлению признаков пуццоланической активности глин.

3-ий эндоэффект в диапазоне температур от 200 до 400 °С связан с потерей адсорбционной, значительной части цеолитной воды и кристаллизационной воды. Наибольшие объемы потери массы в этом диапазоне температур наблюдаются у глин с повышенным содержанием монтмориллонита, обладающим в отличие от других глинистых минералов значительным количеством цеолитной воды. В диапазоне температур 300-400 °С у глин начинают проявляться признаки пуццалонической активности в связи с отщеплением газообразных веществ (H_2O, CO_2 и т.д.) и появлением активных зарядовых центров на поверхности границ и плоскостей спайности глинистых кристаллов.

4-ый эндоэффект в диапазоне температур 400-600 °С, 650 °С связан с потерей остатков кристаллизационной воды и основной части конституционной воды. Наибольшие потери массы в этом диапазоне температур наблюдаются у глин с высоким ~ 80 % и повышенным ~40 % каолинита, который отличается, как и иллит, от других глинистых минералов наибольшим при этом отделением конституционной воды. Температура термообработки, начиная от 320-650 °С, приводит к началу проявления пуццаланической активности значительной части глинистых минералов, а высшая активность достигается у каолинита и иллита в температурном диапазоне 550-650 °С [14, 16].

Высокая пуццалоническая активность в этом диапазоне термообработки может проявляться и у глин с повышенным содержанием монтмориллонита, у которого температура термообработки, приводящей к высшей активности, находится в диапазоне 550-700 °С.

Проявление высшей пуццаланической активности глин в диапазоне 400-600 °С, 650 °С обусловлено изменениями в состоянии и форме кристаллической решетки, разрывов отдельных связей, частичного разрушения кристаллической решетки глинистых минералов. При этом повышенной активностью отличаются первоначальные продукты терморазрушения глинистых минералов с сохранившейся метастабильной кристаллической решеткой [17].

5-ый эндоэффект в диапазоне температур 600 °С, 650-900 °С у глин связан с завершением потери конституционной воды начала у одних и значительного разрушения у других кристаллической решетки и разрывов связей глинистых минералов. В определенной мере это зависит от степени их окристаллизованности. У глин с низким содержанием каолинита наибольшая активность проявляется в диапазоне температур 600-800 °С. В этом диапазоне на активность термообработанных глин влияет распад глинистых минералов на отдельные оксиды, а начиная с температуры около 700 °С появления первых эвтектик [11]. Определение количество потери конституционной воды в этом температурном интервале у глин, содержащих кальций и доломит - Тетюшской и Шигалеевской, становится затруднительным из-за процессов их декарбонизации. Вместе с тем присутствие этих минералов в глинах может повышать активность их при прокаливании в диапазоне от 400 до 800 °С. Это связано с возможностью образования в цементном камне с карбонатными добавками твердых растворов гидрокарбосиликатов кальция, представляющих собой пока малоизвестные ренгеноаморфные неорганические полимеры [18]. Показано образование при этом и моногидрокарбоалюмината кальция в виде прочных кристаллических конгломератов, которые образуют в большинстве случаев волокные скопления на поверхности карбонатных частиц и обеспечивают прочное сцепление новообразований цементного камня в ранние сроки твердения [19].

Заключение

Одной из наиболее технически и экономически доступных для многих регионов минеральных добавок к портландцементу являются термоактивированные в диапазоне температур 400-800 °С распространенные местные полиминеральные глины. Их пуццоланическая активность зависит от минерального химического и гранулометрического составов, режимов прокаливания и кинетики дегидратации. Исследована кинетика дегидратации 7-ми разновидностей глин по минеральному составу с определением для каждой температурных пиков и потери массы в интервалах 30-120 °С; 120-200 °С; 200-400 °С; 400-600 °С, 650 °С; 600 °С, 650-900 °С.

Кинетика дегидратации глин различных по минеральному составу с потерей свободной, адсорбционной, цеолитной, кристаллизационной и конституционной воды увязывается с пуццоланической активностью.

Список библиографических ссылок

1. Ludwig H.-M. CO_2 – arme Zement furnachhaltige Betone // Jbausil 2015, 16-19 Sebtember 2015. – Weimar Deutschland, 2015, Band 2. – P. 7-32.
2. Ramachandran V.S. (ed) Concrete Admixtures Handbook – Properties, Science and Technology, 2nd ed. William Andrew Publishing. – New York, 1999. – 964 p.
3. Рахимов Р.З., Рахимова Н.Р. Осенний марафон строительного материаловедения // Архитектура, 2016, № 2. – С. 45-49.

4. Scrivener K.L., Nonut A. Hydratation of cementations materials, present and future // Cement and concrete research, 2011, № 41. – P. 651-665.
5. Глинит-цемент // Сборник статей ВНИИЦ. Под ред. Аксенова В.И. Вып. 11. Главн. ред. стр. лит. – М.-Л., 1935. – 171 с.
6. Кацнепольский И.Е. Глиеж как активная минеральная добавка. – Ташкент.: Издательство Уз ФАН. 1961. – 87 с.
7. Книгина Г.И. Строительные материалы из горелых пород. – М.: Изд-во литературы по строительству, 1966. – 207 с.
8. 1st International Conference on Calcined Glays for sustainable Concrete. – Losanna, 2015. – P. 270.
9. Рахимов Р.З., Рахимова Н.Р., Гайфуллин А.Р. Свойства цементонго камня с добавками глинита // Строительные материалы, 2015, № 5. – С. 24-26.
10. Рахимов Р.З., Рахимова Н.Р., Гайфуллин А.Р. Влияние добавок в портландцемент глинита из полиминеральной глины на свойства цементного камня // Техника и технология силикатов, 2015, № 2. – С. 141-144.
11. Иванов И.А., Шаль Б.В., Уклеин Е.Д. Влияние дисперсности глинистого сырья на качество керамзитового гравия. // Строительные материалы, 1976, № 1. – С. 9-10.
12. Канаев В.К. Новая технология строительной керамики. – М.: Стройиздат, 1990. – 264 с.
13. Crim P.E. Clay mineralogy. // Mc Graw – Hill series in geology. – New York. – London. – Toronto, 1953. – 384 p.
14. Langier-Kazniarowa A. Termogramy mineralow ilastych Warchawa. 1967. – 316 p.
15. Rakhimov R.Z., Rakhimova N.R., Gaifullin A.R., Stoyanov O.V., Yakovlev G.I., Differential thermal analysis of clays of different composition // Вестник Казанского технологического университета, 2015, Т. 18, № 3. – С. 67-70.
16. Spiel S., Berkelheimer L., Paskigp. Differential thermal analysis – ist appliecation to clays and other aluminous minerals // U.S. Bur. Min. Thern. Pap., 1945. – 664 p.
17. Fernandez R., Martirena F., Scrivener K.L. The origin of the pozzolanic activity of calcined clay minerals: A comparison between Kaolinite, illite and montmorillonite // Cement and Concrete Research, 2001, № 41 (1). – P. 113-122.
18. Козлова В.К. Маноха А.М., Скакун В.П., Малова Е.Ю., Божек Е.В. Особенности состава продуктов гидратации композиционных портландцементов с карбонатсодержащими добавками // Цемент и его применение, 2014, № 4. – С. 102-105.
19. Тимашев В.В. Колбасов В.М. Свойства цементов с карбонатными добавками // Цемент, 1981, № 10. – С. 10-12.

Rakhimov R.Z. – doctor of technical science, professor
E-mail: Rahimov@kgasu.ru
Rakhimova N.R. – doctor of technical science, professor
E-mail: rahimova.07@list.ru
Gaifullin A.R. – candidate of technical sciences, associate professor
E-mail: 447044@list.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1
Morozov V.P. – doctor of geological and mineralogical science, professor
E-mail: Vladimir.Morozov@kpfu.ru
Kazan Federal University
The organization address: 420008, Russia, Kazan, Kremlyovskaya st., 18

Dehydration of the clays of different mineral composition at calcination

Resume

Further development of the production and use of Portland cement to a certain extent is linked to the expansion range of the supplementary cementitious materials and their application volumes. The most significant kind of this supplementary material in terms of raw materials base is ubiquitous and cheap raw clay, which is used in the calcined and a ground form.

Pozzolanic activities of local raw materials depend on its composition, calcination temperature and features of hydration. This article presents the results of the thermal analysis of clays with different polymineral composition of 7 different deposits.

The intervals and peaks of the 5 endothermic effects related to mass change due to water loss of the different coherence and to decomposition of the certain non-clay minerals and pozzolanic activity are determined.

The dehydration kinetics of the clays with determined for each temperature peak and weight loss in different intervals is studied. The kinetics of dehydration of clays of different mineral composition with loss of free, adsorptive, zeolite, crystal and constitutional water is connected with pozzolanic activity of calcination products, which is caused by changes in state and form of crystal lattice, breaking of certain bonds, partial destruction of crystal lattice of clay minerals and their disintegration on separate oxides.

Keywords: clay, composition, mineral analysis, thermal, endothermic effect, temperature, mineral, peak, mass.

References list

1. Ludwig H.-M. CO_2 – arme Zement furnachhaltige Betone // Jbausil 2015, 16-19 sebtember 2015. – Weimar Deutschland, 2015, Band 2. – P. 7-32.
2. Ramachandran V.S. (ed) Concrete Admixtures Handbook – Properties, Science and Technology, 2nd ed. William Andrew Publishing. – New York, 1999. – 964 p.
3. Rakhimov R.Z., Rakhimova N.R. The autumn marathon of the building materials science // Architecture, 2016, № 2. – P. 45-49.
4. Scrivener K.L., Nonut A. Hydratation of cementations materials, present and future // Cement and concrete research, 2011, 41. – P. 651-665.
5. Glinit-cement // Sbornik statey VNIITS. Edited by Aksenov V.I. Issue 11. Glavn. red. str. lit. – M.-L., 1935. – 171 p.
6. Kantsepolsky I.E. Gliezh as active mineral admixture. – Tashkent.: Publisher UZFan. 1961. – 87 p.
7. Khigina G.I. Building materials made of burnt rocks. – M.: Building literature publisher, 1966. – 207 p.
8. 1st International Conference on Calcined Glays for sustainable Concrete. – Losanna, 2015. – P. 270.
9. Rakhimov R.Z., Rakhimova N.R., Gaifullin A.R. Properties of Portland cement paste incorporated with glinite admixtures // Building materials, 2015, № 5. – P. 24-26.
10. Rakhimov R.Z., Rakhimova N.R., Gaifullin A.R. The influence of glinite made of polymineral clay on the properties of Portland cement paste // Equipment and technology of silicates, 2015, № 2. – P. 141-144.
11. Ivanov I.A., Shal B.V., Uklein E.D. The influence of dispersity of clay on the quality of the bloating clay aggregate // Building materials, 1976, № 1. – P. 9-10.
12. Kanaev V.K. New technology of building ceramics. – M.: Stroyizdat, 1990. – 264 p.
13. Crim P.E. Clay mineralogy // Mc Graw – Hill series in geology. – New York. – London. – Toronto, 1953. – 384 p.
14. Langier-Kazniarowa A. Termogramy mineralow ilastych Warchawa. 1967. – 316 p.
15. Rakhimov R.Z., Rakhimova N.R., Gaifullin A.R., Stoyanov O.V., Yakovlev G.I. Differential thermal analysis of clays of different composition // Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta, 2015, T. 18, № 3. – P. 67-70.
16. Spiel S., Berkelheimer L., Paskigp. Differential thermal analysis – ist appliecation to clays and other aluminous minerals // U.S. Bur. Min. Thern. Pap., 1945. – 664 p.
17. Fernandez R., Martirena F., Scrivener K.L. The origin of the pozzolanic activity of calcined clay minerals: A comparison between Kaolinite, illite and montmorillonite // Cement and Concrete Research, 2001, № 41 (1). – P. 113-122.
18. Kozlova V.K., Manucha A.M., Skakun V.P., Malova E.U., Bojek E.V. The features of the hydration products composition of blended Portland cements introduced with carbonate admixtures // Tsement i yego primeneniye, 2014, № 4. – P. 102-105.
19. Timashev V.V., Kolbasov V.M. Properties of Portland cements introduced with carbonate additives // Tsement, 1981, № 10. – P. 10-12.

УДК 691.54: 691.535
Файзрахманов И.И. – аспирант
E-mail: faizrakhmanov92@gmail.com
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
Леклу А.-Н. – кандидат технических наук, доцент
E-mail: Ali-Nordine.Leklou@univ-nantes.fr
Амири О. – доктор технических наук, профессор
E-mail: Ouali.Amiri@univ-nantes.fr
Политехнический университет Нанта
Адрес организации: BP 50609, Франция, г. Нант, ул. Кристиан Фаук, д. 1

Использование тонкодисперсных отсевов бетонного лома в цементных композициях для получения строительных растворов

Аннотация

Исследовано влияния введения тонкодисперсного отсева бетонного лома взамен части портландцемента в составе вяжущего для получения строительных растворов на основные физико-механические свойства растворов. Установлена возможность получения строительных растворов без существенного снижения прочностных показателей и не уступающих соответствующим показателям свойств промышленных аналогов с заменой до 15 % портландцемента в составе вяжущего на тонкодисперсный отсев бетонного лома. Сохранение прочности искусственного камня при введении добавки тонкодисперсного отсева бетонного лома в состав вяжущего при замене части портландцемента обусловлена проявлением эффекта стерического стеснения и процесса твердения ранее негидратировавших частиц портландцементного клинкера в составе добавки.

Ключевые слова: отсев бетонного лома, раствор, портландцемент, сухие строительные смеси, искусственный камень, калориметрия.

Введение

Стремительное развитие мирового промышленного потенциала приводит как к значительному увеличению потребления природных ресурсов, так и существенному росту объемов промышленных отходов. На долю строительной отрасли приходится до 30 % от всего объема добываемых природных ресурсов планеты, кроме того, она является крупнейшим источником промышленных отходов.

В результате сноса аварийных и устаревших с точки зрения современных градостроительных норм, организации производственных процессов, представлений о комфортности жилых и общественных помещений промышленных, общественных и жилых зданий, а также их разрушения строительных объектов при стихийных бедствиях и вооруженных конфликтах образуются большие объемы бетонного лома.

Только в Российской Федерации ежегодный объем образующихся отходов бетона и железобетона составляет более 6 миллионов тонн, с перспективой роста до 15-17 миллионов тонн в год.

Вовлечение бетонного лома в строительное производство является одним из перспективных направлений утилизации данного отхода при сокращении потребления природных минеральных ресурсов.

Отечественными и зарубежными учеными проведено значительное количество работ по исследованию эффективности использования добавок молотого боя различных видов бетонов для получения строительных материалов на основе портландцемента, шлакощелочных и гипсовых вяжущих [1-7]. Вместе с тем, с учетом многообразия составов и структуры утилизируемых бетонов вопросы применения тонкодисперсных отсевов бетонного лома в вяжущих композициях для получения строительных материалов остаются недостаточно изученными.

Целью настоящей работы являлось исследование влияния введения тонкодисперсного отсева бетонного лома взамен части портландцемента в составе вяжущего для получения строительных материалов, в частности строительных растворов, на основные физико-механические свойства растворов.

Методы и материалы

В качестве базового вяжущего в работе использовался портландцемент CEM I 52,5 N в соответствии с EN 197-1 (ЦЕМ I 52,5Н в соответствии с ГОСТ 31108), производства компании «Ciments Calcia S.A.» (Франция). Химический состав портландцемента представлен в табл. 1.

Таблица 1

Минеральный состав портландцемента (в % по массе)

CaO	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	TiO_2	MnO	MgO	SO_3	K_2O	Na_2O	CO_2	P_2O_5	SrO	ппп
64,35	20,2	4,85	2,8	-	-	0,9	3,05	0,98	0,16	0,9	-	-	-

В состав вяжущего вводился тонкодисперсный отсев бетонного лома, отобранного со строительных объектов г. Парижа (Франция). Пробы бетонного лома дробились на лабораторной щековой дробилке до фракции менее 20 мм. Дробленный бетонный лом просеивали через сито с размером ячеек 80 мкм. В работе использовался продукт, прошедший через сито, объем которого составил около 10 % от первоначальной массы бетонного лома. Отсев бетонного лома высушивали в течение 24 часов при температуре 105 ^{0}C. Химический состав отсевов лома бетона представлен в табл. 2.

Таблица 2

Минеральный состав отсевов лома бетона (в % по массе)

CaO	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	TiO_2	MnO	MgO	SO_3	K_2O	Na_2O	CO_2	P_2O_5	SrO	ппп
64,35	20,2	4,85	2,8	-	-	0,9	3,05	0,98	0,16	0,9	-	-	-

Для приготовления образцов цементно-песчаного раствора использовался стандартный кварцевый песок в соответствии с EN196-1. Зерновой состав песка представлен в табл. 3.

Таблица 3

Зерновой состав песка

Размер ячейки сетки, мм	>2	1,6	1,0	0,5	0,16	0,08	<0,08
Полный остаток на сите, в % по массе	0	7	33	67	87	99	100

В работе использовалась гиперпластификатор на поликарбоксилатной основе CIMFLUID DUO 3032 производства компании Sika AG (Швейцария) в соответствии с NF EN 934-2.

В работе в качестве аналога для оценки достигнутых показателей физико-механических свойств рассматриваемых растворов применялась цементная напольная самовыравнивающаяся сухая строительная смесь для наружных работ «RAGREAGE EXTERIEUR», изготовленная компанией «PAREXLANKO S.A.» (Франция) в соответствии с EN 13813.

Изготовление и испытания образцов осуществлялось в соответствии с EN 196-1, EN 1015-2, EN 1015-3, EN 1015-10, EN 1015-11.

Пористость образцов раствора определялась в соответствии с рекомендациями Французской Ассоциации строительства (AFPC) и Французской Ассоциации исследований и испытаний строительных материалов (AFREM) [8].

Исследования кинетики тепловыделения затворенной водой пробы тонкодисперсного отсева бетонного лома выполнялось по ГОСТ 310.5 с использованием 8-канального изотермического калориметра TAM AIR производства фирмы «TA Instruments» при постоянной температуре внутри измерительного канала, равной 20 ^{0}C [9].

Результаты и обсуждение результатов

На первом этапе исследования выполнен подбор гранулометрического состава и содержания вяжущего и песка для исследуемых растворных смесей, исходя из условия соответствия данных показателей принятой в качестве аналога цементной напольной

самовыравнивающейся сухой строительной смеси для наружных работ «RAGREAGE EXTERIEUR».

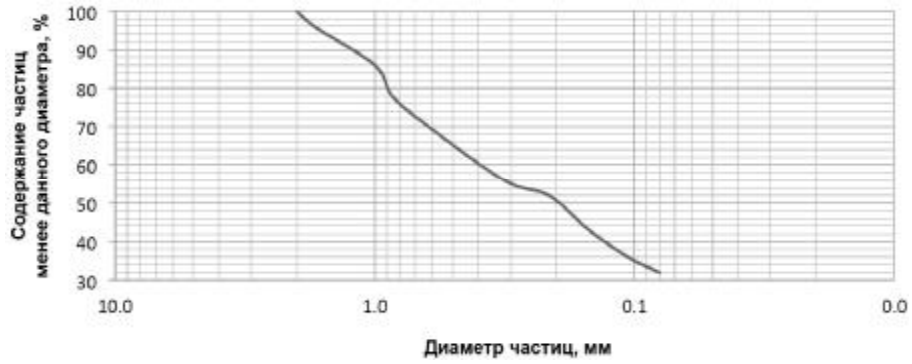


Рис. 1. Интегральная кривая распределения частиц сухой строительной смеси «RAGREAGE EXTERIEUR»

На рис. 1 представлены результаты исследований гранулометрического состава пробы сухой смеси «RAGREAGE EXTERIEUR», выполненные методом ситового анализа. Согласно представленным результатам исследований суммарное содержание частиц размером не менее 0,08 мм в составе сухой смеси, отнесенных к песку, составляет 68 % по массе. Остальные частицы размером менее 0,8 мм, суммарное содержание которых в составе сухой смеси составляет 32 % по массе, могут быть отнесены к вяжущему. Полученные результаты соответствуют данным, приведенным в работе [10].

На рис. 2 представлены результаты исследований гранулометрического состава песка в составе пробы сухой смеси «RAGREAGE EXTERIEUR», принятых для формирование гранулометрического состава песка в составе исследуемых растворных смесей, которое осуществлялось смешением взятых в соответствующих количествах фракций стандартного кварцевого песка в соответствии с EN196-1.

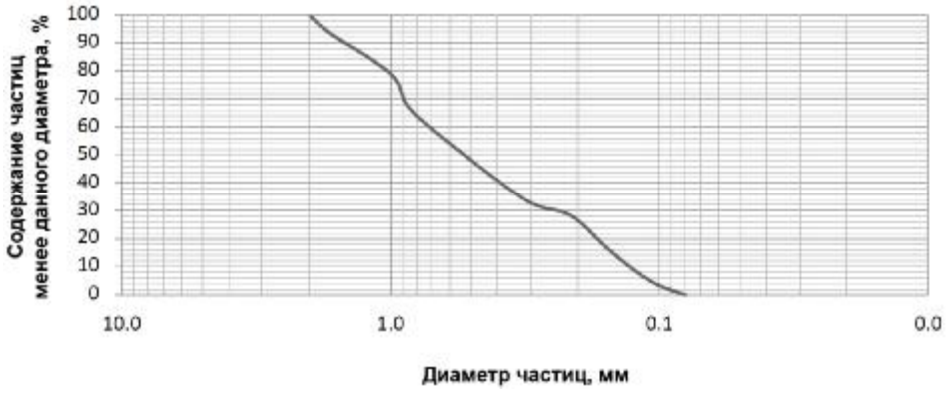


Рис. 2. Интегральная кривая распределения зерен песка в составе сухой строительной смеси «RAGREAGE EXTERIEUR»

Для изучения влияния добавки тонкодисперсного отсева бетонного лома в составе вяжущего при замене части портландцемента на свойства растворов, изготавливались составы, представленные в табл. 4. Количество пластифицирующей добавки подбиралось из расчета получения растворной смеси стандартной консистенции в соответствии с EN 1015-3 при постоянном водовяжущем отношении 0,42. В составах 2 и 3 содержание тонкодисперсного отсева бетонного лома в суммарном количестве вяжущего, включающего портландцемент и отсев бетонного лома, составило, соответственно, 5 и 15 % по массе. Состав 4 изготавливался на основе сухой смеси «RAGREAGE EXTERIEUR».

Таблица 4

Составы растворов (в % по массе)

№ составов	1	2	3	4
Портландцемент	32	30,4	27,8	32
Отсев бетонного лома	-	1,6	4,8	-
Песок	68	68	68	68
Пластификатор CIMFLUID DUO 3032*	-	0,1	1,7	-

*Примечание: количество пластификатора представлено в % от общей массы вяжущего

На рис. 3-6 представлены результаты исследований плотности, пористости, прочности при сжатии и при изгибе растворов при различном содержании добавки тонкодисперсного отсева бетонного лома в составе вяжущего.

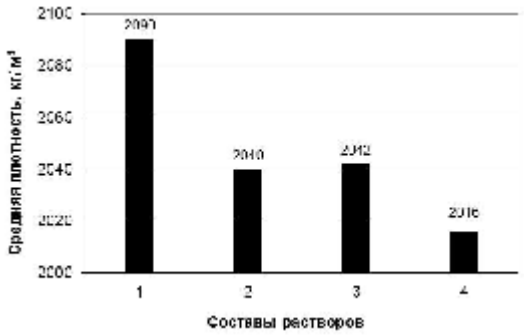


Рис. 3. Изменение плотности растворов в зависимости от содержания добавки тонкодисперсного отсева бетонного лома в составе вяжущего

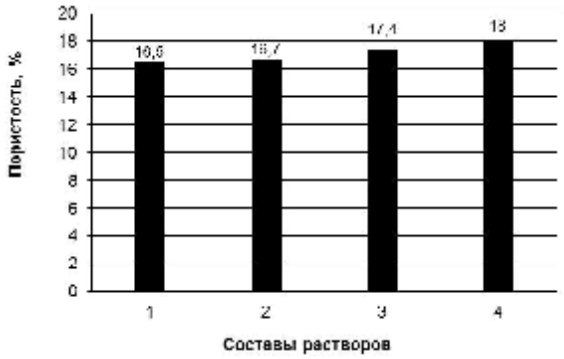


Рис. 4. Изменение пористости растворов в зависимости от содержания добавки тонкодисперсного отсева бетонного лома в составе вяжущего

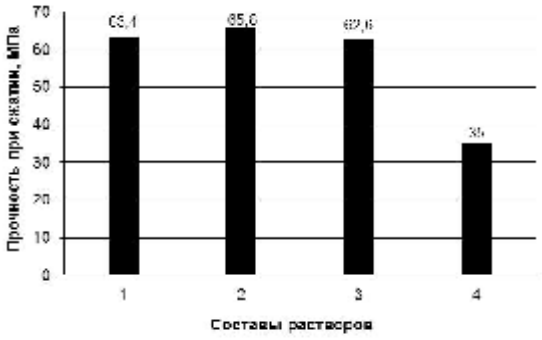


Рис. 5. Изменение прочности при сжатии растворов в зависимости от содержания добавки тонкодисперсного отсева бетонного лома в составе вяжущего

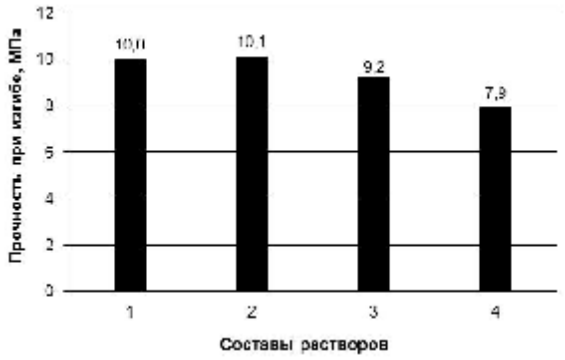


Рис. 6. Изменение прочности при изгибе растворов в зависимости от содержания добавки тонкодисперсного отсева бетонного лома в составе вяжущего

Результаты исследований изменения плотности растворов (рис. 1) демонстрируют снижение при увеличении добавки тонкодисперсного отсева бетонного лома в составе вяжущего (с 2090 кг/м^3 у контрольного бездобавочного образца до 2040-2042 кг/м^3 у образцов с содержанием до 5-15 % добавки, соответственно. Данное явление, по-видимому, связано с меньшей плотностью частиц добавки, по сравнению с плотностью затвердевшего цементного камня.

Результаты исследований изменения прочностных показателей растворов в зависимости от изменения содержания добавки тонкодисперсного отсева бетонного лома в составе вяжущего, представленные на рисунках 3-4, показывают следующее. Замена до 5 % портландцемента на добавку приводит к некоторому повышению прочности при сжатии и изгибе растворов по сравнению с контрольным бездобавочным образцом, что может объясняться эффектом стерического стеснения при введении наполнителя, когда определенный объем наполнителя, заполняя межзерновые пустоты, участвует в образовании каркаса в сочетании с частицами вяжущего [11, 12]. Кроме того, определенный вклад в повышение прочности может быть связан с процессом твердения ранее негидратировавших частиц портландцементного клинкера в составе отсева бетонного лома. О возможности гидратации таких частиц может свидетельствовать процесс тепловыделения наблюдающийся при исследовании методом калориметрии затворенной водой пробы тонкодисперсного отсева бетонного лома с достижением максимальных значений тепловыделения через 50 часов после смешения пробы с водой (рис. 7).

При замене до 15 % портландцемента прочность растворов понижается до показателей на уровне прочности контрольного образца.

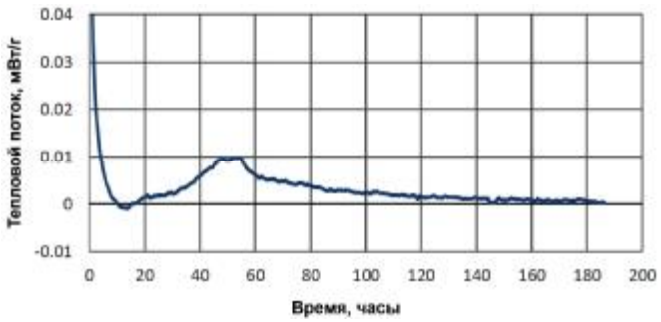


Рис. 7. Кинетика тепловыделения затворенной водой пробы тонкодисперсного отсева бетонного лома

Заключение

Таким образом, в результате выполненных исследований установлена возможность получения строительных растворов с заменой до 15 % портландцемента в составе вяжущего на тонкодисперсный отсев бетонного лома без существенного снижения прочностных показателей раствора и не уступающие показателям свойств промышленных аналогов.

Сохранение прочности искусственного камня при введении добавки тонкодисперсного отсева бетонного лома в состав вяжущего, при замене части портландцемента, обусловлена проявлением эффекта стерического стеснения и процесса твердения ранее негидратировавших частиц портландцементного клинкера в составе добавки.

Список библиографических ссылок

1. Головин Н.Г., Алимов Л.А., Воронин В.В. Использование отсевов дробления бетонного лома // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века, 2005, № 9. – С. 26-27.
2. Баженов Ю.М., Демьянова В.С., Калашников В.Н. Модифицированные высококачественные бетоны. – М.: Изд-во АСВ, 2006. – 368 с.
3. Недавний О.И., Петров Г.Г., Герасимов А.В. Использование молотого некондиционного и демонтируемого керамзитобетона в качестве вяжущего // Известия вузов. Строительство, 1999, № 12. – С. 43-44.
4. Рахимов Р.З., Рахимова Н.Р., Фатыхов Г.А. К комплексному использованию шлаков и бетонного лома в производстве шлакощелочных вяжущих // Известия КГАСУ, 2011, № 2 (16). – С. 218-223.
5. Чернышева Н.В., Дребезгова М.Ю. Композиционное гипсовое вяжущее с минеральной добавкой бетонного лома // Повышение эффективности производства и применения гипсовых материалов и изделий. – Материалы VII Международной научно-практической конференции по гипсу. – М.: Изд-во «Де Нова», 2014. – С. 239-243.
6. Mymrin M., Correa S.H. New construction material from concrete production and demolition wastes and lime production waste // Construction and Building materials, 2007, № 3. – P. 578-582.
7. Mobius A., Muller A. Untersuchungen zur Nutzung von zementgebundenem Recyclingmaterial als Primar und Sekundarbindemittel. – Ibausil: 14 International Baustofftagung. – Weimar, 2000. – P. 2/0351-2/0360.
8. Ganeshwaran P.A., Suji D. Behavioural Studies on Potential Aspects of Self Compacting Concrete with M-Sand and Fly ASH // International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering, 2013, № 3 (11). – P. 192-197.
9. Адамцевич А.О., Пашкевич С.А., Пустовгар А.П. Использование калориметрии для прогнозирования роста прочности цементных систем ускоренного твердения // Инженерно-строительный журнал, № 3, 2013. – С. 36-42.
10. Patural L., Marchal P., Govin A., Grosseau P., Ruot B., Devès O. Celluloze ethers influence on water retention and consistency in cement – based mortars // Cement and Concrete Research, 2011, № 41 (1). – P. 46-55.
11. Дворкин Л.И., Соломатов В.И., Выровой В.Н., Чудновский С.М. Цементные бетоны с минеральными наполнителями. – Киев: Будивельник, 1996. – 136 с.
12. Braga M., de Brito J., Veiga R. Incorporation of fine concret aggregates in mortars // Construction and Building Materials, 2012, № 36. – P. 960-968.

Faizrakhmanov I.I. – post-graduate student
E-mail: faizrakhmanov92@gmail.com
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
Leklou A.-N. – candidate of technical sciences, associate professor
E-mail: Ali-Nordine.Leklou@univ-nantes.fr
Amiri O. – doctor of technical science, professor
E-mail: Ouali.Amiri@univ-nantes.fr
Polytech Nantes
The organization address: BP 50609, France, Nantes, Christian Pauc st., 1

The use of fine screenings of concrete waste in a cement composition for producing mortar

Resume

The involvement of concrete waste in construction is one of the promising areas of recycling this waste while reducing the consumption of natural mineral resources. The aim of this work was to study the effects of the introduction of fine screening concrete waste to replace a portion of Portland cement in the binder for construction materials, in particular mortar, on primary physical-mechanical properties of solutions. The result of the executed researches is to establish the possibility of obtaining a mortar with replacement of up to 15 % of Portland cement in the binder for fine screening of concrete waste without significant reduction in strength characteristics of the solution and not inferior to the performance properties of industrial analogues. Maintaining the strength of the artificial stone with the introduction of additives fine screening of concrete waste in the composition of the binder when replacing part of Portland cement is a manifestation of the effect of steric constraint and hardening process not previously hydrated particles of Portland cement clinker in the additive.

Keywords: screening of concrete waste, mortar, portland cement, dry mortar, artificial stone, calorimetry.

Reference list

1. Golovin N.G., Alimov L.A., Voronin V.V. Use of screenings of crushing concrete scrap // Building Materials, Equipment, Technologies of the XXI century, 2005, № 9. – P. 26-27.
2. Bazhenov Yu.M., Demyanova V.S., Kalashnikov V.N. Modified high-quality concrete. – M.: Publishers ASV, 2006. – 368 p.
3. Nedavniy O.I., Petrov G.G. Gerasimov A.V. The use of ground substandard and dismantled keramsit as a binder // Izvestiya vuzov. Stroitel'stvo, 1999, № 12. – C. 43-44.
4. Rakhimov R.Z., Rakhimova N.R., Fatykhov G.A. To the complex use of slags and concretewaste in production of slag-alkaline bindings // Izvestiya KGASU, 2011, № 2 (16). – P. 218-223.
5. Chernysheva N.V., Drebezgova M.Y. Composite gypsum binder with the mineral additive of concrete scrap // The collection of proceedings «Proceedings of the VII International scientific-practical conference «Improving efficiency of production and application of gypsum materials and products». – M: Publishers De Novo, 2014. – P. 239-243.
6. Mymrin M., Correa S.H. New construction material from concrete production and demolition wastes and lime production waste // Construction and Building materials, 2007, № 3. – P. 578-582.
7. Mobius A., Muller A. Untersuchungen zur Nutzung von zementgebundenem Recyclingmaterial als Primar und Sekundarbindemittel. – Ibausil: 14 International Baustofftagung. – Weimar, 2000. – P. 2/0351-2/0360.
8. Ganeshwaran P.A., Suji D. Behavioural Studies on Potential Aspects of Self Compacting Concrete with M-Sand and Fly ASH // International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering, 2013, № 3 (11). – P. 192-197.
9. Adamtsevich A.O., Pashkevich S.A., Pustovgar A.P. Application of calorimetry for prognosticating strength increase of fast-curinr cement systems // Inzhenerno-stroitel'nyy zhurnal, 2013, № 3. – P. 36-42.
10. Patural L., Marchal P., Govin A., Grosseau P., Ruot B., Devès O. Celluloze ethers influence on water retention and consistency in cement – based mortars // Cement and Concrete Research, 2011, № 41 (1). – P. 46-55.
11. Dvorkin L.I., Solomatov V.I., Vyrovoj V.N., Chudnovsky S.M. Cement concrete with mineral fillers. – Kiev: Budivelnik, 1996. – 136 p.
12. Braga M., de Brito J., Veiga R. Incorporation of fine concret aggregates in mortars // Construction and Building Materials, 2012, № 36. – P. 960-968.

УДК 678.743.22, 678.046.3
Шарипов Б.Ф. – студент
E-mail: charpe@yandex.ru
Абдрахманова Л.А. – доктор технических наук, профессор
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1
Артамонов А.В. – кандидат технических наук
Гаркави М.С. – доктор технических наук, профессор
ЗАО «Урал-Омега»
Адрес организации: 455037, Россия, г. Магнитогорск, пр. Ленина, 89, стр. 7
Нефедьев А.П. – директор
Немых Г.А. – химик-технолог
ООО «Евросинтез»
Адрес организации: 457415, Россия, п. Желтинский, ул. Степная, д. 1/1

Влияние гидроксидов металлов на свойства ПВХ-композиции

Аннотация

В работе исследована эффективность антипиренов в составе пластифицированных поливинилхлоридных композиций, предназначенных для переработки методом экструзии. Выявлено влияние антипиренов на горючесть композитов, на физико-механические характеристики, установлены зависимости от концентрации антипиренов, степени их дисперсности и гидрофобности. Определены оптимальные концентрации антипиренов в составе полимерных материалов с точки зрения влияния их на эксплуатационные свойства и перерабатываемость.

Ключевые слова: гидроксиды алюминия и магния, поливинилхлорид, гидрофобизация, наполнение, антипирен.

Введение

Основные промышленные полимерные композиты получены на основе органических полимеров или содержат в своем составе органические функциональные компоненты, которые воспламеняются и горят. Согласно общепринятой классификации полимерные материалы делят на сгораемые, трудносгораемые и несгораемые. Из сгораемых выделяют трудновоспламеняемые, а из трудносгораемых – самозатухающие.

Для оценки горючести существует большое разнообразие методов, каждый из которых характеризует горючесть полимерных материалов по различным параметрам: кинетическим, тепловым или концентрационным. Обычно полимерные материалы располагают в ряд по горючести, основываясь на показателе кислородного индекса. Но однако, корреляции между процессом горения материала в открытом пламене с этим показателем не выявлено. Это касается и других многочисленных методов оценки горючести полимеров. Поэтому в каждом конкретном случае необходимо проводить сравнительные данные, особенно, если речь идет об оценке эффективности антипиренов в составе полимерных композиций.

Показатели горючести определяют и по качественным показателям, а также оценивают различные количественные параметры.

Для сравнения горючести различных полимерных материалов необходимо выбирать равные размеры и формы образцов и длительность и условия поджигания. В зависимости от природы полимера условия проведения эксперимента могут быть различными. На горючесть полимерных материалов оказывают влияние компоненты – наполнители, пластификаторы и другие технологические и эксплуатационные добавки.

Проблемы окружающей среды и здоровья человека, возникающие при использовании полимерных материалов, приводят к поиску новых экологически безопасных антипиренов для полимеров. Среди новых направлений в замедлении горения можно отметить следующие: интумесцентные (вспучивающиеся) системы, полимерные нанокомпозиты, предкерамические добавки, легкоплавкие стекла, различные типы коксообразователей, а также системы, модифицирующие морфологию полимера.

Основные пути снижения горючести полимерных материалов опубликованы в ряде монографий и обзорных статей [1-7].

В обзоре [8] рассмотрены основные показатели, характеризующие огнезащитные свойства полимерных материалов и композитов на их основе: кислородный индекс, скорость распространения пламени, дымовыделение, способность образовывать коксовый слой и т.д. Выделены несколько групп методов, позволяющих повышать огнезащитные свойства полимеров и композитов. Обсуждается механизмы действия антипиренов и интумесцентные свойства добавок.

Наиболее эффективным, практически реализуемым, способом увеличения огнестойкости является введение антипиренов в ходе изготовления полимерного материала или изделия. Антипирены могут быть инертны или химически активны по отношению к полимеру [1]. Практически всегда влияние антипиренов на горение полимерных материалов является множественным.

Антипирены не применяются для предотвращения возгорания материала, их действие основано на предотвращении распространения пламени, и замедлении вмешательства в тепловое разложение полимерного материала.

Из наиболее широко распространенных известны антипирены, механизм действия которых основан на разложении с выделением негорючих газов, снижающих температуру материала при горении и концентрацию горючих продуктов в зоне горения. К ним относятся гидроксиды алюминия и магния, занимающие более 40 % от объема всех антипиренов. Механизм антипирирующего действия связан с процессами, протекающими при горении в конденсированной среде, так как они не являются летучими в нормальных условиях горения.

При воздействии высоких температур они разлагаются с выделением воды. При этом внешняя температура полимера уменьшается и держится ниже эндотермической деградации:

$$2Al(OH)_3 \rightarrow Al_2O_3 + 3H_2O$$

$$2Mg(OH)_2 \rightarrow 2MgO + H_2O.$$

Кроме того, гидроксиды металлов образуют защитный слой и при тепловом разложении ограждают поверхность полимера, уменьшают нагрев и перенос тепловой энергии к полимеру и доступ кислорода к полимеру.

Гидроксид алюминия разлагается при температурах 190-230°С с выделением воды в зависимости от размера частиц. Частицы имеют размер от 0,25 до 3 мкм. В исходном состоянии они агрегированы. Гидроксид магния имеет размер исходных частиц от 0,5 до 5 мкм. Температура его разложения выше (порядка 300°С).

Эффективны они в составе композиций в количестве 50-70 %. Практически эти антипирены играют роль наполнителей неорганической природы.

Введение больших эффективных количеств антипиренов приводит часто к трудностям при переработке, а также к снижению механических свойств. Выявлено характерное монотонное снижение прочностных показателей по мере увеличения объемной доли антипиренов. Поэтому основные исследования направлены на уменьшение размера частиц и снижение агрегирования. Вообще, влияние размеров частиц дисперсных антипиренов на прочностные свойства не однозначно.

Таким образом, все дисперсные наполнители-антипирены при создании полимерных композиций могут по-разному влиять на свойства полимера: ухудшать или улучшать их свойства. В связи с этим, наряду с оценкой горючести важно изучение эксплуатационных свойств композитов, в первую очередь, деформационно-прочностных.

Объекты и методы исследований

Базовый состав экструдированной ПВХ композиции, использованной в работе, представлен в табл. 1.

В качестве антипиренов выбраны следующие гидроксиды металлов:

- Гидрофобизированный гидроксид магния с размером частиц $d_{98} \leq 20$мкм $d_{98} \leq 100$ мкм;
- Гидрофобизированный гидроксид алюминия с размером частиц $d_{98} \leq 40$ мкм и $d_{98} \leq 100$ мкм;
- Исходный (негидрофобизированный) гидроксид алюминия с размером частиц $d_{98} \leq 40$ мкм и $d_{98} \leq 100$ мкм.

Таблица 1

Состав ПВХ-композиции

Компонент	Содержание, масс.ч.
Суспензионный ПВХ С7059М	100
Термостабилизатор – двухосновный стеарат свинца	5
Пластификатор – диоктилфталат	40
Наполнитель – антипирен	25, 50, 75

Образцы готовились на лабораторном двухшнековом экструдере Lab Tech Scientific LTE 16-40 с фильерой круглого сечения (диаметр 3 мм). Температурный режим процесса экструзии регулировался по десяти зонам цилиндра и подбирался таким образом, чтобы при одинаковых скоростях вращения шнеков (14-16 об/мин) композиция экструдировалась с оптимальной мощностью загрузки двигателя (30-50 % от max). Время нахождения композиции в экструдере составляло 8-10 минут. Образцы представляли собой стренги – жгуты круглого сечения диаметром 3-5 мм (в зависимости от коэффициента разбухания расплава) и длинной 20-25 см.

В работе для оценки эффективности различных антипиренов пластифицированных ПВХ-композитов принята методика, заключающаяся в установлении продолжительности горения и тления образца после удаления источника загорания, потери массы испытуемого образца, максимальной длины обугленного участка и других параметров. При горении полимерных материалов, особенно применяемых в транспорте, строительстве и авиации, важна оценка и дымообразования. Полимерные материалы, у которых остаточное время самостоятельного горения длится не более 15 с, относят к самозатухающим.

Техника определения горючести ПВХ-пластикатов состоит в следующем. Пламя газовой горелки регулируют так, чтобы высота его равнялась 10 см, и устанавливают горелку под углом 45°. Образец из испытуемого материала укрепляют на штативе в горизонтальном положении, внося его в пламя горелки на 10 с. По истечении 10с кран горелки закрывают и по секундомеру отмечают время горения (tг) образца вне пламени горелки до его затухания. Если пламя не гаснет через 15 с, то пламя задувают. После самостоятельного погасания материала или его задувания измеряют длину сгоревшего участка. Кроме того, при горении материала определяют: 1) наличие падающих горящих капель, 2) степень дымовыделения. Степень дымовыделения определяют зрительно по трехбалльной системе: слабое, умеренное, сильное.

Прочность при растяжении и относительное удлинение определялись на шести предварительно вырезанных образцах-стренгах длиной 150 мм на разрывной машине РМ-250 при скорости растяжения образцов 100 мм/мин.

Проведены эксперименты по определению энтальпии смачивания антипиренов диоктилфталатом. Эксперименты проводились на калориметре С80 с реверсивным устройством. 100 мг образца смешивалось с 0,9 см^3 ДОФ при 30^{0}С. Для каждого образца эксперимент проводился не менее 3 раз (до 6 измерений). Знак «–» свидетельствует об экзотермической, «+» об эндотермической реакции смачивания.

Обсуждение результатов

ПВХ сам по себе относится к самозатухающим материалам с кислородным индексом 47, однако в пластикатах эта величина снижается до 22 и менее [9]. Наличие пластификатора приводит к изменению условий взаимодействия полимера и наполнителя, что связано с его влиянием на подвижность цепей и конкурирующим взаимодействием растворителя с поверхностью наполнителя. Данные по энергии смачивания антипиренов пластификаторами позволяют оценить качество их поверхности и качество гидрофобизации. Результаты представлены в табл. 2.

Таблица 2

Данные измерений смачиваемости антипиренов диоктилфталатом

№ п/п	Образец	Величина энтальпии смачивания, Дж/г						
		1	2	3	4	5	6	**Среднее**
1	$Mg(OH)_2$ г. 20 мкм	0,36	0,94	0,04	–0,79	–0,25	–0,34	**–0,01**
2	$Mg(OH)_2$ г. 100 мкм	–0,11	–0,06	–0,46	–0,06			**–0,17**
3	$AL(OH)_3$ 40 мкм	–0,15	0,20	2,83	1,77			**1,16**
4	$AL(OH)_3$ 100 мкм	0,28	0,31	0,03	0,30	–0,36		**0,23**
5	$AL(OH)_3$ г. 40 мкм	1,61	1,75	0,19	1,09			**0,91**
6	$AL(OH)_3$г. 100 мкм	0,34	0,67	–0,05	0,41			**0,34**

Из представленных данных следует, что поверхностные свойства, как исходных, так и гидрофобизированных образцов антипиренов неоднородны. Причем, в гидрофобизированных образцах неоднородность проявляется даже в большей степени. Гидроксид магния приобретает большую степень гидрофобности по сравнению с гидроксидом алюминия (хотя для образца с размером частиц 20 мкм разброс показателей большой и противоречивый, который показывает, что есть участки гидрофобизированные, но есть и участки не содержащие гидрофобизатор).

В табл. 3 приведены данные по оценке влияния антипиренов на горючесть в ПВХ-пластикатах.

Таблица 3

Результаты влияния антипиренов на ПВХ-пластикат

Антипирены в композиции 100 м.ч. ПВХ + 40 м.ч. ДОФ + 5 м.ч. стабилизатора ДОСС	Содержание антипиренов, м.ч.	Время самостоятельного горения, сек	Потеря массы при горении, %	Наличие горящих падающих капель (есть/нет)	Степень дымовыделения (слабое, умеренное, сильное)
Без антипирена	-	3,5	5	есть	сильное
$Al(OH)_3$ 40 мкм	25	2,5	3,8	нет	умеренное
	50	1,3	3,4	нет	умеренное
	75	2,8	3,0	нет	умеренное
$Al(OH)_3$ 100 мкм	25	1,6	2,8	нет	умеренное
	50	1,1	2,7	нет	умеренное
	75	2,6	2,5	нет	умеренное
$Al(OH)_{3\ гидроф}$. 40 мкм	25	1,8	3,0	нет	умеренное
	50	1,5	2,4	нет	умеренное
	75	1,5	2,2	нет	умеренное
$Al(OH)_{3\ гидроф}$. 100 мкм	25	1,6	2,8	нет	умеренное
	50	1,1	2,1	нет	умеренное
	75	1,3	3,2	нет	сильное
$Mg(OH)_{2\ гидроф}$. 20 мкм	25	2,5	3,6	нет	сильное
	50	1,5	2,5	нет	сильное
	75	2,0	4,0	нет	сильное
$Mg(OH)_{2\ гидроф}$. 100 мкм	25	1,6	2,8	нет	сильное
	50	1,4	2,7	нет	сильное
	75	1,2	3,5	нет	сильное

Во всех образцах с антипиренами наблюдается образование коксовой корки с последующим золообразованием. Из данных табл. 3 следует, что с увеличением содержания антипиренов их эффективность повышается по всем показателям огнестойкости.

Следует отметить, что гидрат окиси алюминия $Al(OH)_3$ относят к наиболее перспективным антипиренам-наполнителям пластифицированного ПВХ, механизм защитного действия которого основан на его эндотермическом разложении. Однако, введение даже 25 мас.ч. $Al(OH)_3$ ведет к снижению разрывной прочности ПВХ-композиций на 14 %, а при содержании 50 мас.ч. более чем на 20 % [10,11]. Установлено, что получить самозатухающий материал можно при концентрациях до 50 мас.ч. $Al(OH)_3$ только с размером частиц до 5 мкм, но при этом для $Al(OH)_3$ характерна сильная агрегация частиц, что ограничивает его применение.

Из данных табл. 3 следует, что эффективность антипиренов выше для более тонкодисперсных образцов, как для гидроксида алюминия, так и гидроксида магния. Причем, эта тенденция сохраняется и для гидрофобизированных образцов.

Далее представлены результаты по оценке деформационно-прочностных свойств композиций (табл. 4).

Таблица 4

Изменение деформационно-прочностных свойств наполненных ПВХ-пластикатов

Антипирены в композиции 100 м.ч. ПВХ + 40 м.ч. ДОФ + 5 м.ч. стабилизатора ДОСС	Содержание антипиренов, м.ч.	Разрывная прочность, МПа	Относительное удлинение при разрыве, %
Без антипирена	-	16,0	235
$Al(OH)_3$ 40 мкм	25	13,5	210
	50	10,0	185
	75	15,0	175
$Al(OH)_3$ 100 мкм	25	12,2	175
	50	10,8	160
	75	11,8	150
$Al(OH)_{3\ гидроф}$. 40 мкм	25	12,2	180
	50	9,6	165
	75	12,5	150
$Al(OH)_{3\ гидроф}$. 100 мкм	25	11,8	170
	50	9,0	162
	75	11,7	155
$Mg(OH)_{2\ гидроф}$. 20 мкм	25	13,7	215
	50	11,7	205
	75	16,0	190
$Mg(OH)_{2\ гидроф}$. 100 мкм	25	11,5	205
	50	10,5	165
	75	14,0	160

Действительно, оказалось, что увеличение содержания антипиренов-наполнителей приводит к закономерному снижению механических свойств. Однако, образцы, содержащие 25 м.ч. гидроксида алюминия с размером частиц 40 мкм и 25-50 м.ч. гидроксида магния с размером частиц 20 мкм вполне удовлетворяют требованиям ПВХ-пластикатов, содержащих 30-40 м.ч. пластификатора. При введении 75 м.ч. антипиренов наблюдается увеличение прочности. В этих образцах выражена некоторая тенденция к росту горючести и к увеличению потере массы при горении для некоторых из них. При этом, увеличение прочности сопровождается дальнейшим падением деформативности образцов. Очевидно, что введение такого количества неорганического наполнителя приводит к деструктивным процессам в ПВХ, приводящим уже в процессе экструзии к структурированию макромолекул ПВХ, а потому и к росту прочности. С точки зрения перерабатываемости композиций более эффективно применение гидроксида магния, т.к. он разлагается при температурах выше 300^0С, что дает возможность перерабатывать при температурах 200^0С без разложения и потому без отрицательного влияния на качество экструдата. Кроме того, для гидроксида магния и степень гидрофобности выше.

Гидрофобизированный гидроксид магния с наименьшим размером частиц, показывает лучшие физико-механические свойства, по сравнению с гидроксидом алюминия.

Что касается, качества поверхности экструдатов при наполнении их антипиренами, то следует отметить следующее:

- применение гидроксида магния позволяет при всех концентрациях и при разной степени дисперсности получать материал с гладкой блестящей совершенной поверхностью, что связано с возможностью более качественной гомогенизации расплава за счет более эффективной гидрофобизации;

- при введении исходного негидрофобизированного гидроксида алюминия во всех случаях образуется матовая поверхность экструдата. Однако, при введении частиц с размером 100 мкм формируется шероховатая поверхность композита;

- в случае использования гидрофобизированного гидроксида алюминия во всех случаях образуется шероховатая поверхность, однако при размере частиц 100 мкм поверхность образцов блестящая, а при использовании частиц с размером 40 мкм поверхность матовая.

Заключение

Установлено, что с увеличением содержания антипиренов по всем показателям огнестойкости их эффективность повышается, время самостоятельного горения было снижено в среднем на 65 %.

Обработка гидрофобизатором при помоле более эффективна для гидроксида магния по сравнению с гидрофобизированными образцами гидроксида алюминия.

Однако, с точки зрения антипирирующих свойств более эффективен гидроксид алюминия (можно сравнить данные для двух видов антипиренов с размером частиц 100 мкм, табл. 3), причем гидрофобизация оказывает положительное влияние на эффективность его как антипирена, но, в основном, для мелкодисперсных частиц. Для композиций с размером частиц 100 мкм гидрофобизация практически не оказывает влияние на показатели огнестойкости.

Таким образом, при производстве пленочных материалов каландрированием на основе пластифицированного ПВХ желательно применение наполнителей-антипиренов с минимальным размером частиц (20 и 40 мкм). Все использованные антипирены могут быть рекомендованы в качестве наполнителей ПВХ, в том числе, скорее всего и для жестких изделий, где антиперирующая роль не столь принципиальна.

Список библиографических ссылок

1. Кодолов В.И. Горючесть и огнестойкость полимерных материалов. – М.: Химия, 1976. – 220 с.
2. Кодолов В.И. Замедлители горения полимерных материалов. – М.: Химия, 1980. – 274 с.
3. Асеева Р.М., Заиков Г.Е. Горение полимерных материалов. – М.: Наука, 1981. – 280 с.
4. Михайлин Ю.А. Тепло-, термо- и огнестойкость полимерных материалов – СПб.: Научные основы и технологии, 2011. – 416 с.
5. Халтуринский И.А., Берлин А.А. Современные представления о горении полимеров и механизм действия ингибиторов // Матер. IV Межд. Конф. «Полимерные материалы пониженной горючести». – Волгоград: РПК «Политехник», 2000. – С. 123-142.
6. Заиков Г.Е., Арцис М.И. Антипирены для полимерной промышленности // Химическая промышленность, 2000, № 5. – 50 с.
7. Систер В.Г., Иванникова Е.М., Ломакин С.М. Экологический аспект снижения горючести полимерных материалов // Альтернативная энергетика и экология, 2011, № 9. – С. 156-169.
8. Перминов Я.О., Лысенко В.А., Асташкина О.В., Лысенко А.А. Огнезащитные полимерные материалы. Обзор. // Дизайн. Материалы. Технология, 2013, Т. 5, № 30. – С. 82-89.
9. Уилки Ч., Саммерс Дж., Даниелс Ч. Поливинилхлорид. – СПб.: Профессия, 2007. – С. 467-530.
10. Гукепшева Л.М., Тхакахов Р.Б., Бегретов М.М., Тхакахов Э.Р. Влияние концентрации и степени измельчения антипиреннаполнителя на физические свойства ПВХ-композиций // Пластические массы, 2006, № 6. – С. 13-14.
11. Абдрахманова Л.А., Низамов Р.К., Галеев Р.Р., Хозин В.Г. Разработка пластифицированных поливинилхлоридных композиций пониженной горючести // Тезисы X международной конференции «Олигомеры-X». – Волгоград, 2009. – 192 с.

Sharipov B.F. – student
E-mail: charpe@yandex.ru
Abdrakhmanov L.A. – doctor of technical sciences, professor
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1
Artamonov A.V. – candidate of technical sciences
Garkavi M.S. – doctor of technical sciences, professor
CJSC «Ural-Omega»
The organization address: 455037, Russia, Magnitogorsk, Lenina, 89, p. 7

Nefed'ev A.P. – director
Nemyh G.A. – chemical engineer
LTD «Evrosintez»
The organization address: 457415, Russia, Zheltinsky vil., Stepnaya st., 1/1

The influence on the properties of metal hydroxides PVC-composition

Resume

We have studied the effectiveness of flame retardants in the composition of plasticized polyvinyl chloride compositions, intended for processing by extrusion, which was carried out on a twin screw extruder. The influence of fire retardants on the flammability of composites on the physical and mechanical properties, are set depending on the concentration of flame retardants, the degree of dispersion and hydrophobicity. It was found that with increasing content of flame retardants in all indicators of fire resistance of their efficiency is improved, while self-combustion was reduced by an average of 65 %. Indeed, it was found that an increase in the content of flame retardant fillers leads to a natural reduction in the mechanical properties. However, the samples containing aluminum hydroxide and magnesium hydroxide with a small particle size quite satisfy the requirements of plasticized PVC containing 30-40 pbw plasticizer. Thus, in the production of film-based materials calendering PVC plasticized-retardants is desirable to use fillers with a minimum grain size (20 and 40 microns). All the used flame retardants can be recommended as PVC excipients, including most likely hard and products where no such role antiperiruyuschaya schematic.

Keywords: hydroxides of aluminum and magnesium, polyvinyl chloride, hydrophobization, filler, flame retardant.

Reference list

1. Kodolov V.I. Fire resistance and combustibility of polymer materials. – M.: Chemistry, 1976. – 220 p.
2. Kodolov V.I. Flame retardants polymeric materials. – M.: Chemistry, 1980. – 274 p.
3. Aseeva R.M., stammering GE Combustion of polymeric materials. – M.: Nauka, 1981. – 280 p.
4. Mihailin Y.A. Heat, heat and flame resistance of polymeric materials. – SPb.: Nauchnyye osnovy i tekhnologii, 2011. – 416 p.
5. Khalturinsky I.A., Berlin A.A. Modern views on the burning of polymers and the mechanism of action of inhibitors // Proc. IV Int. Conf. «Polymeric materials low flammability». – Volgograd: Polytechnic, 2000. – P. 123-142.
6. Zaikov G.E., Artsis M.I. Flame retardants for plastics industry // Khimicheskaya promyshlennost', 2000, № 5. – 50 p.
7. Sister V.G., Ivannikova E.M., Lomakin S.M. The environmental aspect of reducing the flammability of polymeric materials // Al'ternativnaya energetika i ekologiya, 2011, № 9. – P. 156-169.
8. Perminov Y.O., Lysenko V.A., Astashkina O.V., Lysenko A.A. Fire retardant polymer materials. Overview // Design. Materials. Technology, 2013, 5 T., № 30. – P. 82-89.
9. C. Wilkie, J. Summers, Daniels J. PVC. – SPb.: Professiya, 2007. – P. 467-530.
10. Gukepsheva L.M., Thakahov R.B., Begretov M.M., Thakahov E.R., Influence of concentration and fineness antipirennapolnitelya on the physical properties of PVC-compounds // Plasticheskiye massy 2006, № 6. – P. 13-14.
11. Abdrakhmanov L.A., Nizams R.K., Galeev R.R., Khozin V.G. Development of plasticized PVC compositions of the lowered combustibility // Abstracts of the X International Conference «Oligomers-X». – Volgograd, 2009. – 192 p.

УДК 691541
Шелихов Н.С. – кандидат технических наук, профессор
E-mail: shelihov@kgasu.ru
Зарезнов Д.А. – аспирант
E-mail: zareznov.amex@mail.ru
Сагдиев Р.Р. – кандидат технических наук, старший преподаватель
E-mail: ruslan-kgasu@yandex.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1

Модификация гидравлических вяжущих низкотемпературного обжига

Аннотация

Проведен обзор научно–технической литературы в области романцементов и гидравлицесих известей. Приведены данные о составах вяжущих и их физико-технических характеристиках. Установлено что, в действующих на сегодняшний день отечественных нормах вообще отсутствует упоминание о романцементе. Отдельные сведения имеются только в учебной и научной литературе

Проанализированы возможности модификации низкообжиговых гидравлических вяжущих химиескими добавками – ускорителями твердения, пластификаторами и кольматирующими добавками. В результате проведенного анализа установлено, что многие аспекты получения, состава и свойств низкообжиговых гидравлических вяжущих, остаются нераскрытыми, а ограничивающим моментом их производства и применения является недостаточная прочность. По данному направлению научные исследования крайне ограничены.

Ключевые слова: романцемент, гидравлическая известь, пластификаторы, ускорители твердения, кольматирующие добавки.

Понятие гидравлических вяжущих низкотемпературного обжига

Это вяжущие представляющие собой продукт обжига мергеля, мергелистых известняков, или искусственных смесей известняка с глиной без спекания (то есть образованию клинкера). К данным материалам относятся романцементы и гидравлические извести, полученные на различном минеральном сырье. Считается, что открытие основы для всех вяжущих – воздушной извести произошло, задолго до открытия металлов, ещё в доисторическом периоде одновременно с открытием других естественных связующих материалов, гипса и глин.

Состав и физико-технические характеристики романцементов и гидравлических известей

Гидравлические извести в основном состоят из оксидов кальция и магния и некоторого количества силикатов и алюминатов кальция, присутствие которых обуславливает водостойкость данного связующего. В соответствии с российским стандартом (ГОСТ 9179-77 Известь строительная. Технические условия) гидравлические извести делится на слабогидравлические и сильногидравлические и по химическому составу должны соответствовать требованиям (табл.).

Прочности гидравлических известей в возрасте 28 суток при твердении по установленным нормам (ГОСТ 22688-77 Известь строительная. Методы испытания) должны быть не менее:

- при изгибе 0,4 МПа для слабогидравлических; 1,0 МПа для сильногидравлических;
- при сжатии 1,7 МПа для слабогидравлических; 5,0 МПа для сильногидравлических известей.

Основной модуль по данным отечественной научно-технической литературы [1-4] находится в пределах 1,7-9 (сильногидравлические извести – 1,7-4,5, слабогидравлические – 4,5-9). Причем, если по некоторым параметрам гидравлическая

известь относится к одновременно к нескольким видам, то вид извести назначается по прочности при сжатии. В настоящее время термин романцемент относится к продукту полученному обжигом сильно мергелизованного известняка или мергеля, содержащих столь значительное количество силикатных составляющих, что в результате обжига, без спекания, в продуктах обжига уже совершенно не содержится свободной извести и вся она оказывается связанной в силикаты, алюминаты и алюмоферриты.

Таблица

Требования к химическому составу гидравлических известей

Активные оксиды	Содержание компонентов в % по массе	
	слабогидравлической	сильногидравлической
CaO+MgO	40-65	5-40
MgO	не более 6	не более 6
CO_2	не более 6	не более 5

В некоторых странах, например в США и Бельгии [5], термин романцемент не употреблялся, и рассматриваемый продукт называли натуральным цементом. Общая химическая характеристика романцемента, по мнению В.Н. Юнга [5], заключается в том, что гидравлический модуль должен лежать в пределах от 1,7 до 1,3 и ни в каком случае не ниже 1,2.

При обжиге не доводящем мергель до спекания ориентировочно можно считать, что известь связывается в количестве примерно 1,7-1,8 вес. ч. на 1 вес. ч. силикатных составляющих, т. е. суммы кремнезема и полуторных окислов. Таким образом, даже при наиболее высоком (из указанных) основном (гидравлическом) модуле в романцементе не будет содержаться свободной извести.

Обычно романцемент содержит от 35 до 45 % силикатных составляющих (включая полуторные окислы). По данным К. Шоха [6], кроме CaO в состав романцемента может входить также в значительном количестве MgO, причем основные его свойства от этого не изменяются. Подтверждая возможности использования сырья с высоким содержанием MgO в работах [7, 8] предложено гидравлическое вяжущее на основе глины и доломита (MgO=21 %).

Наиболее высокие прочностные показатели получены при содержании доломита 30% и температуре обжига 750 С. После гидравлического твердения прочность глино-доломитовых композиционных материалов соответствуют свойствам керамических материалов, обожженных при 1000-1200 С.

Следует отметить, что работ по исследованию низкообжиговых гидравлических вяжущих, в частности, романцемента мало и в действующих на сегодняшний день отечественных нормах вообще отсутствует упоминание о романцементе.

Отдельные сведения имеются в учебно-научной литературе [1-4], а также в старых нормах (СНиП I-В-2-69 «Вяжущие материалы неорганические и добавки для бетонов и растворов», ГОСТ 2542-44. «Романцемент. ТУ»).

Романцемент с близкими к этим нормам показателями впервые был получен из мергелей Чишмабашского месторождения РТ в 2001 году [9].

Гидравлические извести и романцементы могут успешно заменять портландцемент при изготовлении сухих строительных растворов, низкомарочных бетонов и растворов.

Влияние химических добавок на гидравлические вяжущие низкотемпературного обжига

Одним из направлений регулирования свойств вяжущих является введение химических добавок модификаторов. Рассмотрим это направление для гидравлических вяжущих низкотемпературного обжига.

Основными недостатками романцементов и гидравлических известей являются низкие прочности и замедленная скорость твердения. Прочность гидравлических известей ограничена 5 МПа, а романцементы достигают своей максимальной прочности (до 25 МПа) к 3-м месяцам твердения.

Исправить эти недостатки возможно лишь при широком и всестороннем использовании романцементов и гидравлических известей в сочетании с современными добавками. Под добавками понимаются продукты различной природы, вводимые в вяжущие с целью придания специфичных свойств или улучшения их технических показателей.

Для гидравлических вяжущих низкотемпературного обжига целесообразно использовать добавки для цементов (по причине схожести их минерального состава).

С точки зрения повышения прочностных свойств и скорости твердения гидравлических вяжущих низкотемпературного обжига нас интересуют добавки, регулирующие их основные строительно-технические свойства:

1) регуляторы сроков схватывания;

2) ускорители твердения;

3) повышающие прочность;

4) снижающие водопотребность;

5) снижающие проницаемость;

Основные добавки, отвечающие этим назначениям, разработанные для цемента и цементных бетонов [10]:

1) МФ – Сульфированные меламино-формальдегидные смолы (10-03, МФАС, С-3, MELMENT;

2) НФ – Сульфированные нафталин–формальдегидные смолы (Полипласт, 30-03, 40-03, STAHEMENT, ЛИНАМИКС;

3) Модифицированные лигносульфонаты (МЛС, ЛСТ, МТС-1, НИЛ-20, ХДСК-1, КОД-С, BETOFLUID,STACHEPLAST;

4) П Поликарбоксилаты и полиакрилаты (Melflux);

5) Активные минеральные добавки (кремнеземистые и глиноземистые).

В научно-технической литературе известны отдельные примеры использования добавок для гидравлических вяжущих низкотемпературного обжига.

Например, в работе [11] представлено вяжущее на основе гидравлической извести и добавки из кремнеземистого известняка, содержащего 30-40 % опалкристобалита. Прочность вяжущего при содержании добавки 61-77 % – 11,5-25,1 МПа и водостойкостью 0,83-0,98.

Недостатком этого вяжущего является недостаточная прочность в условиях нормального твердения, что ограничивает возможность использования данное вяжущее при изготовлении бетонов и строительных растворов твердеющих в обычных условиях.

Вяжущее, состоящее из смеси доломитизированных карбонатных пород с глиной при соотношении 3:1 и минеральную добавку представлено в работе [12]. Недостатками представленного вяжущего является малая прочность, а также возможное неравномерное изменение объема в результате запоздалой гидратации MgO. В работе [13] предложено вяжущее, которое в качестве известь содержащего компонента содержит обожженный доломитизированный известняк при следующем составе в масс. %: обожженный доломитизированный известняк – 9-25; хлористый натрий – 0,2-0,3; молотый электротермофосфорный шлак – остальное. Недостаток вяжущего малая прочность в нормальных условиях твердения.

Рассмотрим потенциальные возможности повышения характеристик романцементов и гидравлических известей, введением различных добавок, основываясь на исследованиях портландцемента, и других вяжущих.

Для понимания механизма действия добавок рассмотрим по отдельности действие добавок на известковую и гидравлическую составляющие.

Влияние добавок на известковую составляющую

На известь (CaO) в составе вяжущих оказывают влияние добавки пластификаторы и различные минеральные добавки. Проведенное комплексное исследование известковых растворов Ю.А. Барщевским [14], установило влияние на свойства известковых растворов различных химических добавок.

Введение двуводного гипса способствует замедлению сроков схватывания извести. Устраняет неравномерность изменения объема и повышает прочность.

Введение органических солей значительно замедляет скорость схватывания, но не устраняет объёмные деформации. При введении известняка и тонкомолотых гидравлических добавок сроки схватывания замедляются незначительно. При совместном использовании добавок наблюдается значительное повышение прочности и уменьшение объёмных деформаций. К недостаткам работы следует отнести отсутствие данных о водостойкости.

Пластифицирующие добавки способствуют уменьшению воды затворения, что, как правило, приводит к повышению прочности вяжущих. Считается [10, 15], что разжижающее действие пластификатора связано с адсорбцией полярных молекул на поверхности частиц вяжущих. Образование адсорбционного слоя на поверхности твердой фазы вызывает изменение электрокинетического потенциала и увеличение сил электростатического отталкивания, приводящего к распаду агрегатов и высвобождение мобилизированной во флоккулы воды.

Согласно работе И.Л. Чулковой, при введении пластификаторов в известковые системы, их вязкость резко снижается (до 60 %). Данный автор установил, что наилучшим эффектом обладают суперпластификаторы на основе нафталина и многоядерных углеводородов. К недостаткам работы следует отнести отсутствие данных при введении пластификаторов на основе поликарбоксилатов.

Влияние добавок на гидравлическую составляющую

Влияние добавок на гидравлически активные минералы не однозначно. При исследовании влияния суперпластификаторов на основе меламина, нафталина и многоядерных ароматических углеводородов на свойства клинкерных минералов C3S, β-C2S, C3A, C4AF установлено, что наибольшее превышение прочности при введении суперпластификаторов 10-3 и С-3 наблюдается у белита (β-C2S).

Ведение в цемент пластификаторов на основе эфиров поликарбоксилатов обеспечивает существенное повышение плотности, прочности, водонепроницаемости и морозостойкости, однако замедляет процессы твердения в ранние сроки.

Анализ технической литературы, касающейся исследований механизмов действия химических добавок, показал, что добавки – ускорители схватывания и твердения цемента активируют процессы гидратации минералов, что приводит к ускоренному образованию продуктов гидратации, обладающих высокой прочностью. Многие из добавок – ускорителей твердения в результате обменных реакций с гидроксидом кальция или с минералами вяжущего влияют на гидролиз силиката кальция, повышают содержание в жидкой фазе цемента ионов кальция и гидроксида, что приводит к пересыщению системы этими ионами и ускоряет коагуляционное, а затем и кристаллизационное структурообразование гидратных новообразований. Ускорители твердения при введении в количествах 0,5-3,0 % от массы вяжущего интенсифицируют процессы гидратации и оказывают положительное влияние на формирование структуры цементного камня [16].

Наиболее эффективным ускорителем твердения цементов является хлорид кальция, что подтверждается многими работами, но в наши дни его применение ограничивается из-за коррозии арматуры и эмиссии свободного хлора из изделий.

Ускоряющее действие добавки соды (Na_2CO_3) известно с прошлого века [17]. Добавка соды очень сильно ускоряет процессы твердения цементов, ускорение твердения происходит в раннем возрасте. Механизм действия основан на связывании содой свободных ионов 2-х валентного кальция и повышении, тем самым, степени гидратации силикатов кальция. Сода хорошо подходит для C3S, но не подходит для C2S, так как при гидратации белита, 2-х валентных ионов кальция выделяется мало, сода их связывает, пересыщенный раствор не образуется и C2S не твердеет. Выше сказанное распространяется также и на другие карбонаты.

Нитрит кальция, кроме влияния на теплоту гидратации цемента, действует так же, как ускоритель схватывания и твердения цемента. Тиосульфат кальция повышает прочность в раннем возрасте. Тиосульфат натрия действует как ускоритель схватывания цемента, но незначительно снижает прочность при сжатии, если его содержится 0,5-1 % . Нитрит натрия, в зависимости от его дозировки, может сократить сроки схватывания на 0,5-2,3 ч. Введение 0,1-1 % этой добавки оставляет неизменной или несколько понижает прочность при сжатии в возрасте до 7 суток [16].

Добавки сульфата натрия в состав жидкой фазы в процессе гидратации клинкерных минералов алита и белита ускоряют процесс твердения, особенно на ранних стадиях.

Оптимальным вариантом для ускорения процесса твердения бесклинкерных вяжущих может стать формиат кальция, который повышает содержание двух валентных ионов кальция и тем самым ускоряет гидратацию. Это было установлено В.М. Москвиным [17]. Повысить скорость твердения возможно введением «затравок», – продуктов гидратации цемента, введенных в количестве 2 %. По ускоряющему действию они эквивалентны добавке 2 % хлорида кальция.

Гидравлические вяжущие низкотемпературного обжига с кольматирующими добавками

В настоящее время возникла проблема создания материалов не только с высокими прочностными характеристиками но и с высокой долговечностью и возможностью восстанавливать повреждения в их структуре. Получение материалов обладающих подобными свойствами возможно при использовании кольматирующих добавок. Кольматирующие добавки увеличивают плотность бетонов и растворов, что приводит к повышению их долговечности, особенно когда факторы агрессивной среды органические, неорганические жидкие, а также газообразные среды.

Кольматирующие добавки – вещества, способные заполнять поры в бетоне водонерастворимыми продуктами (ГОСТ 24211-91. Добавки для бетонов. Технические требования).

Добавки кольматирующие могут представлять собой соли неорганического происхождения – СА (сульфат алюминия), СЖ (сульфат железа), ХЖ (хлорид железа), которые при введении в бетон в количестве 1-3 % массы цемента вступают в химимическое взаимодействие с $Ca(OH)_2$ с образованием аморфных гидроксидов соответствующих металлов, уплотняющих поры бетона. Добавки кольматирующие повышают коррозионную стойкость бетона за счет снижения его проницаемости.

Результатом введения добавок данной группы является возникновения высокодисперсных трудно- или нерастворимых новообразований происходящих к кольматациия пор цементного камня, что приводит к повышению непроницаемости и долговечности.

Заключение:

1. На основе проведенного обзора следует что, производство романцементов и гидравлических известей в РФ практически отсутствует, а научные исследования редки и не систематичны. Тем не менее, гидравлические вяжущие низкотемпературного обжига могут быть альтернативой портландцементу по целому ряду показателей.

2. Прочностные показатели гидравлических известей невысокие, а содержание MgO ограничено шестью процентами. Ограничение содержания MgO связано, очевидно, с опасностью его пережога при использовании обычных обжиговых схем с температурой обжига 1000-11000 С.

3. Одним из перспективных путей, ведущих к повышению технических свойств гидравлических известей и романцементов, полученных на основе карбонатно-глинистого сырья является модификация вяжущих химическими добавками: ускорителями твердения, пластификаторами, кольматирующими добавками.

Список библиографических ссылок

1. Бутт Ю.М., Сычев М.М., Тимашев В.В. Химическая технология вяжущих веществ. – М.: Высшая школа, 1980. – 472 с.
2. Пащенко А.А., Сербин В.П., Старчевская Е.А. Вяжущие материалы. – Киев: Вища школа, 1985. – 440 с.
3. Волженский А.В., Буров Ю.С., Колокольников В.С. Минеральные вяжущие вещества. – М.: Стройиздат, 1979. – 476 с.

4. Юнг В.Н., Бутт Ю.М., Журавлев В.Ф., Окороков С.Д. Технология вяжущих веществ. – М.: Госстройиздат, 1952. – 608 с.
5. Юнг В.Н. Введение в технологию цемента. – М.: Госстройиздат, 1938. – 404 с.
6. Шох К. Строительные вяжущие вещества. Пер. с нем. Ч. 1. – М.: Госстройиздат, 1934. – 303 с.
7. Шелихов Н.С., Сагдиев Р.Р., Рахимов Р.З., Стоянов О.В. Романцемент низкотемпературного обжига // Вестник Казанского технологического университета, 2013, № 19. – С. 62-66.
8. Сагдиев Р.Р., Шелихов Н.С. Бесклинкерные гидравлические вяжущие на основе карбонатно-глинистого сырья с повышенным содержанием карбоната магния // Известия КГАСУ, 2012, № 2 (20). – С. 194-200.
9. Шелихов Н.С., Сагдиев Р.Р., Рахимов Р.З., Стоянов О.В. Низкообжиговые гидравлические вяжущие. Проблемы и решения // Вестник Казанского технологического университета, 2014, № 2. – С. 59-65.
10. Изотов В.С., Соколова Ю.А. Химические добавки для модификации бетона. – М.: КГАСУ: Издательство «Палеотип». 2006, – 244 с.
11. Вяжущее: пат. 2023697 Рос. федерация. Кл. С 04 В 7/34, 1994; опубл.: 30.11.1994, бюлл. № 22. – 4 с.
12. Hughesa. D.C., Jaglina D., Kozłowskib R., Muchab D. Roman cements - belite cements calcined at low temperature // Cement and Concrete Research, 2009, № 39. – P. 77-89.
13. Вяжущее: пат. 591424 Рос. Федерация. кл. С 04 В 7/20. Опубл. 2. 10. 1978. Бюл. № 22. – 4 с.
14. Барщевский Ю.А. Строительные растворы на основе молотой негашеной извести, автореферат дисс. к.т.н., – Киев, 1955. – 12 с.
15. Ратинов В.Б., Розенберг Т.Н. Добавки в бетон. – М.: Стройиздат, 1989. – 188 с.
16. Афанасьев Н.Ф., Целуйко М.К. Добавки в бетоны и растворы. – Киев: Будивельник,1989. – 128 с.
17. Москвин В.М. Добавки – ускорители твердения бетона – М.: Издательство ГРСЛ, 1937. – 128 с.

Shelikhov N.S. – candidate of technical sciences, professor
E-mail: shelihov@kgasu.ru
Zareznov D.A. – post-graduate student
E-mail: zareznov.amex@mail.ru
Sagdiev R.R. – candidate of technical sciences professor
E-mail: ruslan-kgasu@yandex.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Modification of hydraulic binders of low temperature burning

Resume

A review of the scientific and technical literature in the field of romantconcrete and hydraulic lime was conducted.

The data about the composition of binders and its physical and technical characteristics showed. It was found that in existing at the date national standards romantconcrete is not mentioned. Some information is available only in the educational and scientific literature. Romantconcrete and hydraulic lime can be an alternative to cement by energy and metal consumption of production, environmental friendliness, cost, especially in regions where there is no production of cement or there is a deficit, as well as 5-7 % lower concrete consumption of construction.

One of the promising methods, leading to an increase in the technical properties of hydraulic lime and romantconcrete, derived from carbonate-clay raw materials, is the modification of binders with individual and complex chemical and mineral additives. The possibilities of modifying of low burning hydraulic binders by chemical supplements – hardening accelerators,

plasticizers and bridging supplements. The analysis found that many aspects of the production, the composition and properties of low burning hydraulic binders, remain unsolved, and the limiting factor of their production and use is the lack of strength. In this direction the research is extremely limited.

Keywords: romantconcrete, hydraulic lime, plasticizers, accelerators of hardening, bridging supplements.

Reference list

1. Butt Yu.M., Sychev M.M., Timashev V.V. Chemical technology binders. – M.: Vysshaya shkola, 1980. – 472 p.
2. Pashchenko A.A., Serbin V.P., Starchevskaya Ye.A. Cementing materials. – Kiev: Vishcha shkola, 1985. – 440 p.
3. Volzhenskiy A.V., Burov Yu.S., Kolokol'nikov V.S. Mineral binders. – M.: Stroyizdat, 1979. – 476 p.
4. Yung V.N., Butt Yu.M., Zhuravlev V.F., Okorokov S.D. Introduction to the cement technology. – M.: Gosstroyizdat, 1952. – 608 p.
5. Yung V.N. Introduction to the technology of cement. – M.: Gosstroyizdat, 1938. – 404 p.
6. Shokh K. Building binders. Transl. from German. Ch. 1. – M.: Gosstroyizdat, 1934. – 303 p.
7. Shelikhov N.S., Sagdiyev R.R., Rakhimov R.Z., Stoyanov O.V. Romantconcrete low-temperature firing // Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta, 2013, № 19. – P. 62-66.
8. Sagdiyev R.R., Shelikhov N.S. Clinkerless hydraulic binders based on carbonate-clay raw materials with a high content of magnesium carbonate // Izvestiya KGASU, 2012, № 2 (20). – P. 194-200.
9. Shelikhov N.S., Sagdiev R.R., Rakhimov R.Z., Stoyanov O.V. Low burning hydraulic binders. Problems and solutions // Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta, 2014, № 2. – P. 59-65.
10. Izotov V.S., Sokolova Yu.A. Chemical additives for concrete modifications. – M.: KGASU: Publisher «Paleotip», 2006. – 244 p.
11. Binder: pat. 2023697 of the Rus. Federation. Kl. S 04 V 7/34, 1994; opubl.: 30.11.1994, byull. № 22. – 4 p.
12. Hughesa. D.C., Jaglina D., Kozłowskib R., Muchab D. Roman cements – belite cements calcined at low temperature // Cement and Concrete Research, 2009, № 39. – P. 77-89.
13. Binder: pat. 591424 of the Rus. Federation. kl. S 04 V 7/20. Publ. 2. 10. 1978. Bul. № 22. – 4 p.
14. Barshchevskiy Yu.A. Building solutions based on ground burnt lime, abstract diss. c.t.s. – Kiev, 1955. – 12 p.
15. Ratinov V.B., Rozenberg T.N. Concrete admixtures. – M.: Stroyizdat, 1989. – 188 p.
16. Afanas'yev N.F., Tseluyko M.K. Additive in concrete and mortar. – Kiev: Budivel'nik, 1989. – 128 p.
17. Moskvin V.M. Additives – accelerators of concrete hardening – M.: Publihser GRSL, 1937. – 128 p.

УДК 69.055
Ибрагимов Р.А. – кандидат технических наук, доцент
E-mail: rusmag007@yandex.com
Богданов Р.Р. – ассистент
E-mail: bogdanov.r.r@yandex.ru
Шебанова С.Н. – студент
E-mail: fenechca1@mail.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

Анализ современных технологических решений напольных покрытий промышленных зданий

Аннотация

В настоящее время наблюдается необходимость увеличения объемов строительства промышленных зданий. Учитывая большое разнообразие видов напольных покрытий, возникает проблема выбора оптимального варианта по механическим и эксплуатационным свойствам, при условии, что соотношение «цена-качество» будет рациональным. При этом поиск новых видов покрытий, а также технологий их устройства направлены снижение трудоемкости и стоимости работ, на повышение их качества и долговечности.

Ключевые слова: полы, промышленные здания, самоуплотняющийся бетон, технология устройства полов.

В последние годы наблюдается увеличение объемов возведения промышленных объектов [1]. Как следствие, возрастает количество квадратных метров покрываемых полов промышленных зданий. При этом поиск новых материалов и технологий бетонирования покрытий направлен на сокращение продолжительности, трудоемкости и стоимости работ, на повышение качества верхних слоев покрытий [2].

На современном этапе развития строительства применяются традиционные технологии устройства покрытий промышленных полов из бетона (железнение, цементно-песчаное покрытие, мозаичный пол, шлифование сухого бетона). Однако все чаще оказывается, что они не вполне удовлетворяют современным тенденциям развития технологических решений возведения объектов промышленного строительства из-за ряда проблем, связанных с недолговечностью конструкций, применением некачественных материалов, несоблюдением технологии производства работ [3].

Для решения данных проблем необходимо разработать технологические решения и режимы устройства индустриальных полов промышленных зданий при одновременном снижении трудоемкости и времени производства работ, а также повышении их эксплуатационных качеств. В данном случае внимание специалистов обращается на возможность использования технологий с применением современных строительных материалов [4].

Классификации полов можно разделить по двум основным критериям. Первый – по материалу, применяемому в качестве слоя поверхности. В эту классификацию входят 8 видов промышленных полов: окрасочные, наливные, магнезиальные, асфальтобетонные, упрочненные, высоконаполненные, бетонные и фибробетонные стяжки.

Согласно второй классификации, полы промышленных зданий бывают однослойными и многослойными [8].

Результаты исследований

Авторами проведен анализ отечественной литературы по технологии устройства полов промышленных зданий. На основе анализа литературы получен график (рис. 1) по продолжительности операций по устройству пола. Выделены основные этапы устройства пола. К ним относятся: подготовка основания, устройство покрытия, ожидание готовности покрытия к эксплуатации. Как видно из графика, больше всего времени, в основном,

уходит на ожидание готовности покрытия к эксплуатации. Также из графика видно, что самым быстро устраиваемым видом покрытия является модульное ПВХ-покрытие. Устройство иных рассматриваемых видов покрытия занимает от 18 до 23 дней (рис. 2).

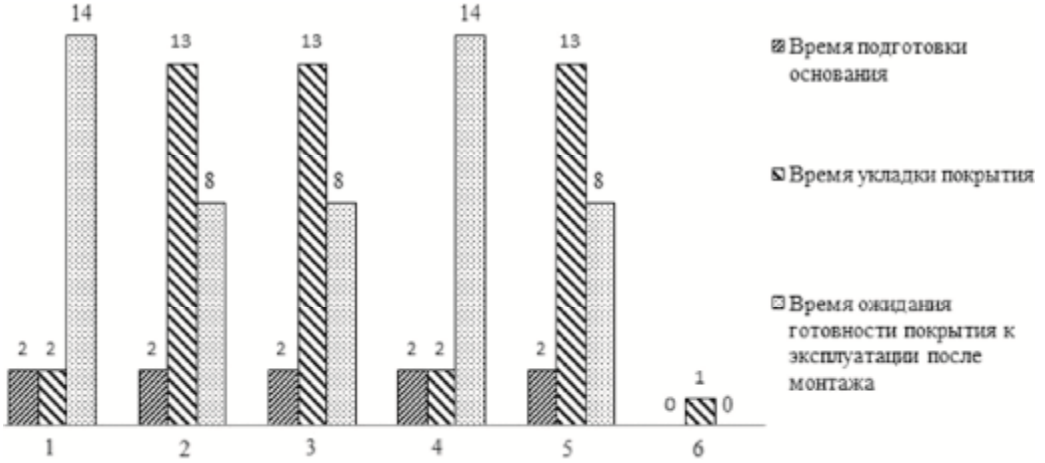


Рис. 1. Продолжительность операций по устройству пола (дни):
1 – полимерный пол; 2 – керамическая плитка; 3 – керамогранит; 4 – эпоксидный пол;
5 – клинкерная плитка; 6 – модульное ПВХ-покрытие

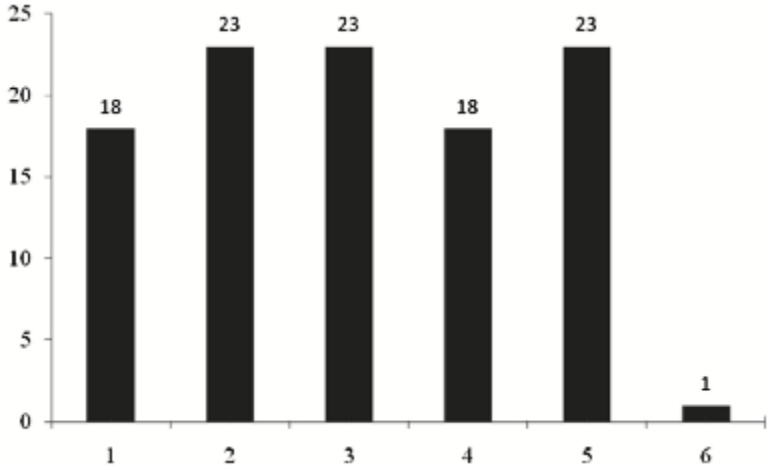


Рис. 2. Общая продолжительность работ по устройству пола (дни):
виды полов 1-6 (описание к рис. 1)

Для исследования некоторых видов напольных покрытий проведена их оценка по следующим критериям: физико-механические свойства, эксплуатационные свойства, технология устройства. Результаты представлены в табл. 1.

Как видно из табл. 1, лучшими вариантами напольных покрытий являются модульное ПВХ-покрытие и бетонная стяжка.

Не менее актуальной является экономическая сторона, непосредственно влияющая на выбор покрытия пола промышленного здания. Благодаря большому многообразию современных видов покрытий можно выбрать наилучшее для определенной задачи, при этом подобрав оптимальное соотношение «цена-качество». Была проанализирована стоимость операций по устройству напольного покрытия различного вида на 1000 м^2 (рис. 3). На графике видно, что основная часть затрат уходит на ремонт пола. Также затратным на фоне остальных операций является устройство покрытия.

Таблица 1

Оценка напольных покрытий по критериям

Группы свойств	Характеристика	Бетонная стяжка	Керамическая плитка	Клинкерная плитка	Керамогранит	Полимерный пол	Эпоксидный пол	Промышленный линолеум	Модульное ПВХ-покрытие
Физико-механические свойства	Устойчивость к статическим нагрузкам	НН	+	+	+	+	+	НН	+
	Устойчивость к ударным нагрузкам	+	-	-	-	-	-	+	+
	Износостойкость	+	+	+	+	+	+	НН	+
	Герметичность	+	+*	+*	+*	+*	+	+*	+*
Эксплуатация	Устойчивость к температурным перепадам	+	+	+	+	-	-	-	-
	Устойчивость к загрязнению	-	+	+	+	+	+	+	+
Технология	Простота монтажа	+	-	-	-	-	-	+	+
	Возможность демонтажа и последующего использования	-	-	-	-	-	-	+	+
	Антискользящая поверхность	+	+*	+*	+*	+*	+*	+*	+

Примечание: НН – отвечает требованию при незначительных нагрузках; +* – свойство нестандартно для данного покрытия и несет дополнительные расходы

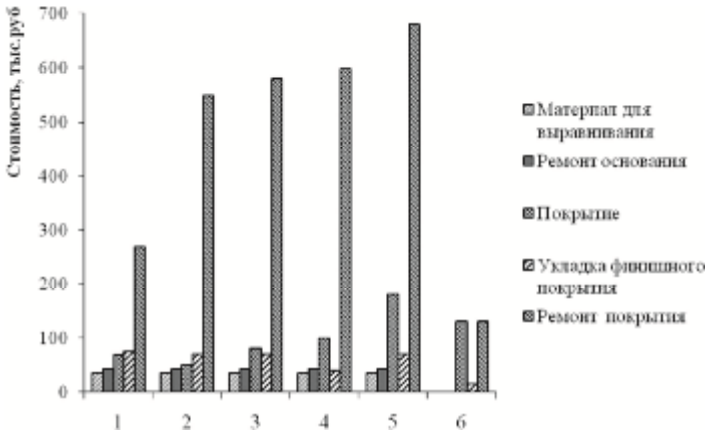


Рис. 3. Стоимость операций для различных видов полов на 1000 м^2:
виды полов 1-6 (описание к рис. 1)

Проанализирована общая стоимость устройства покрытия: наиболее экономичным является устройство модульного ПВХ-покрытия, а также полимерного пола. При этом устройство покрытия из клинкерной плитки является самым дорогим (рис. 4).

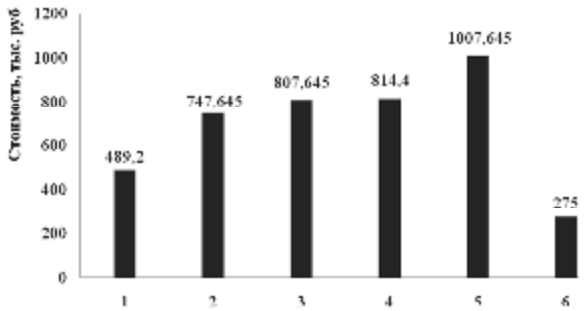


Рис. 4. Общая стоимость устройства и ремонта различного вида полов на 1000 м^2:
виды полов 1-6 (описание к рис. 1)

Для уточнения стоимостных затрат и вычисления трудозатрат были составлены локальные сметные расчеты на 4 вида напольных покрытий (из расчета на 1 м^2): покрытие полиуретановое, покрытие эпоксидное, бетонное покрытие, бетонное покрытие с применением самоуплотняющегося бетона [5, 6, 7]. Результаты сведены в табл. 2. Исходя из данных смет, можно утверждать, что наименее затратным и, что немаловажно, наименее трудозатратным является бетонное покрытие, а именно покрытие из самоуплотняющегося бетона. Стоимость устройства такого покрытия (1 м^2) в ценах 3-его квартала 2016 года составляет 2 849,94 руб. при трудозатратах 2,62 чел.-час. Наиболее трудоемким является устройство пола с эпоксидным покрытием – 3,1 чел.-час., а самым дорогостоящим – полиуретановое покрытие – 4 302,70 руб.

Таблица 2

Сравнительная таблица трудозатрат полов с различным покрытием

Наименование работ	**Полы с эпоксидным покрытием**		**Полы с покрытием из СУБ**		**Полы с полиуретановым покрытием**		**Полы с бетонным покрытием**	
	ЗТ*	Стоим.**	ЗТ	Стоим.	ЗТ	Стоим.	ЗТ	Стоим.
Уплотнение грунта	0,08	91,5	0,08	91,5	0,08	91,5	0,08	91,5
Изоляция изделиями из пенопласта	0,47	260,32	0,47	260,32	0,47	260,32	0,47	260,32
Устройство бетонных покрытий (200 мм)	0,73	846,47	0,73	846,47	0,73	846,47	0,73	846,47
Армирование подстилающих слоев	0,01	30,39	0,01	30,39	0,01	30,39	0,01	30,39
Устройство оклеечной гидроизоляции	0,46	250,04	0,46	250,04	0,46	250,04	0,46	250,04
Устройство подстилающих бетонных слоев (120 мм)	0,44	507,88	0,44	507,88	0,44	507,88	0,44	507,88
Железнение цементных покрытий	0,11	13,87	–	–	–	–	–	–
Устройство бетонных полов методом вакуумирования (100 мм)	–	–	–	–	–	–	0,3	434,89
Устройство бетонных стяжек из СУБ (400 мм)	–	–	0,43	272,26	–	–	–	–
Наливной слой (эпоксидный компаунд)	0,8	1345,05	–	–	–	–	–	–
Устройство полимерных наливных полов из полиуретана	–	–	–	–	0,55	1696,49	–	–
ИТОГО	**3,1**	**4023,01**	**2,62**	**2 849,9**	**2,74**	**4 302,70**	**2,79**	**3 027,9**

Примечание: * – трудозатраты, чел.-час; ** – стоимость работ, руб/м^2

Заключение

При достаточно большом количестве видов покрытий промышленных зданий на основе анализа литературы и проведенных исследований можно выявить несколько видов полов, наиболее практичных в эксплуатации, наименее трудоемких и затратных.

По эксплуатационным, физико-механическим свойствам, технологии устройства ПВХ-покрытие и бетонное покрытие являются лучшими вариантами напольного покрытия [8]. В отношении экономической стороны рассматриваемого вопроса ремонт любого вида покрытия будет самым дорогим по сравнению с другими технологическими операциями. Самым дорогим по общей стоимости является устройство пола из клинкерной плитки, а устройство бетонного пола с полимерным покрытием и ПВХ-покрытием – самым экономичным. Исходя из полученных данных, можно сказать, что бетонное покрытие – одно из самых предпочтительных по техническим и экономическим параметрам. Уточненные данные, полученные при составлении локального сметного расчета, показали, что данное покрытие с применением самоуплотняющегося бетона является также наименее трудозатратным (2,62 чел.-час на устройство 1 м^2 пола) и самым экономичным (2 849,94 руб. на устройство 1 м^2 пола).

Список библиографических ссылок

1. Евтюкова К.С., Смирнов Е.Б. Состояние строительной отрасли в Российской Федерации // Современные проблемы науки и образования, 2012, № 5. – С. 105-107.
2. Войлоков И.А. Сталефибробетон в слоях износа покрытий промышленных полов // Промышленное и гражданское строительство, 2010, № 9. – С. 58.
3. Горб А. Состояние, проблемы и основные факторы, влияющие на устройство качественных бетонных полов на объектах промышленно-складского назначения // Склад и Техника, 2013, № 10. – С. 21-23
4. Потапов А.А., Акчурин Т.К. Разработка эффективных полимерцементных высокопрочных мелкозернистых бетонов для монолитных полов промышленных зданий // Вестник ВолгГАСУ, 2013, № 2 (27). – С. 24.
5. Усов Б.А., Сидельникова Е.В. Промышленные полы со слоем износа из фибробетона // Системные технологии, 2015, № 4 (17). – С. 70-83.
6. Богданов Р.Р., Ибрагимов Р.А., Изотов В.С. Исследование влияния супер и гиперпластификаторов на основные свойства цементного теста // Известия КГАСУ, 2013, № 2 (24). – С. 221-225.
7. Богданов Р.Р., Мустафин А.А., Шебанова С.Н. Влияние гидрофобизирующих добавок на свойства цементных композиций // Вестник казанского технологического университета, 2015, № 21. – С. 64-66.
8. Дегтев И.А. Полы гражданских и промышленных зданий. – М.: Изд-во Ассоц. строит. вузов, 2002. – 159 с.

Ibragimov R.A. – candidate of technical sciences, associate professor
E-mail: rusmag007@yandex.com;
Bogdanov R.R. – assistant
E-mail: bogdanov.r.r@yandex.ru
Shebanova S.N. – student
E-mail: fenechca1@mail.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

The analysis of modern technological concepts of flooring in the industrial building

Resume

There is an increasing of building industrial installations all over the world at the present day. The constructions of these buildings have to be up to qualities of consumers. The floor covering is paid special attention, because the floors take different loads. The comparison of the main types of the plant buildings' floors is listed in the article. These types are: ceramic tile floor, vinyl floor covering, concrete floor, epoxy coating, polyurethane coating, brick tile floor etc. The comparison study is made concerning the cost, the time of floor making and some properties of the floor (physical and mechanical, operating abilities). The process of flooring by vinyl is the quickest. As for physical and mechanical properties, concrete floor and vinyl floor covering are the best. Concrete floor is also the most economic and the least labour-consuming. Using self-consolidating concrete helps to simplify the technology of concrete floor construction in plant buildings.

Keywords: plant buildings, floor covering, concrete floor, self-consolidating concrete, technology construction.

Reference list

1. Evtyukova K.S., Smirnov E.B. The position of construction industry in Russia Federation // Sovremennyie problemyi nauki i obrazovaniya, 2012, № 5. – P. 105-107.
2. Voilokov I.A. Steel Fiber Reinforced Concrete in the Layers of the Wear of Coating of Industrial Floor // Promyishlennoe I grazhdanskoe stroitelstvo, 2010, № 9. – P. 58.
3. Gorb A. The position, problems and main factors, which influence on goon concrete flooring of industrial buildings // Sklad i Tehnika, 2013, № 10. – P. 21-23.
4. Potapov A.A., Akchurin T.K. The development of functional polymer-cement high-strength fine-dispersed concrete for monolithic floors in industrial buildings // Vestnik VolgGASU, 2013, № 2 (27). – P. 24.
5. Usov B.A., Sidelnikova E.V. Industrial flooring with a wear layer of fiber reinforced concrete // Sistemnyie tehnologii, 2015, № 4 (17). – P. 70-83.
6. Bogdanov R.R., Ibragimov R.A., Izotov V.S. Studies of the influence of superand hyper plasticizers on the basic properties of cement paste // Izvestiya KGASU, 2013, № 2 (24). – P. 221-225.
7. Bogdanov R.R., Mustafin A.A., Shebanova S.N. The influence of the water-soluble and water-insoluble compounds on the cement slurry // Vestnik kazanskogo tehnologicheskogo universiteta, 2015, № 21. – P. 64-66.
8. Degtev I.A. Floors of the civil and industrial buildings. – M.: Publishers Assots. stroit. vuzov, 2002. – 159 p.

УДК 69.055
Ибрагимов Р.А. – кандидат технических наук, доцент
E-mail: rusmag007@yandex.com;
Салимова Г.Р. – студент
E-mail: guzel-salimova16.06@mail.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

Анализ и оптимизация нормирования продолжительности строительства крупнопанельных жилых зданий в г. Казань

Аннотация

В работе проведен анализ, сопоставление фактической и нормативных документов по СНиП 1.04.03-85* и МДС 12-43.2008, программных комплексов Microsoft Project и Spider Project продолжительностей строительства крупнопанельных жилых зданий, проанализирован определенный процент статистических данных типовых серий зданий, возводимых в г. Казань с 2010 года. С учетом полученного материала необходимо разработать коэффициент совместимости при производстве работ.

Ключевые слова: продолжительность строительства, крупнопанельные жилые здания, нормативный срок, оптимизация, календарный график.

Для проведения анализа крупнопанельных жилых зданий проанализирован определенный процент статистических данных типовых серий зданий, широко применяемых зданий в г. Казань с 2010 года.

Исходный объем информации производился на основе конструктивных решений, где включены параметры здания, количество секций, наличия пристроенных помещений, зданий с переменной этажностью; проект производства работ – разбивка зданий на захватки, выбор основного монтажного механизма и его привязка к объекту [1-6].

В результате рассмотрены базовые серии жилых зданий и их модификаций, которые строились в г. Казань с 2010 г. Данные представлены в табл. 1.

В строительстве сроки возведения зданий и сооружений зависят от многих факторов: производительности работ, ресурсов, источника финансирования и др. При отсутствии причин, срывов сроков строительства возможно избежать и продолжительность строительства определенная по нормативным документам, где значения по СНиП 1.04.03-85* и МДС 12-43.2008 будет совпадать с фактической, а порой и опережать [7-9]. Известно, что в нормативных документах продолжительность определяется поточным, последовательным методом, благодаря человеческим возможностям и новым технологиям, можно оптимизировать календарное планирование [12, 14]. Основными элементами для решения задачи оптимизации календарных графиков, позволяющий достигнуть максимального эффекта является:

- совмещение строительных процессов;
- увеличение сменности бригад, рабочих;
- увеличение количества ведущих машиномеханизмов;
- использование высокоэффективного оборудования и новых технологий;
- введение коэффициента трудового участия (КТУ);
- учет процента перевыполнение норм;
- привлечение квалифицированных работников.

В табл. 2 представлены нормы продолжительности жилых зданий четырех известных серий, применяемых в г. Казань: серия АБД-9000К, серия 90, серия 83, серия 125 Волжская по известным нормативным документам, такие как СНиП 1.04.03-85* и МДС 12-43.2008.

Таблица 1

Наиболее применяемые серии жилых зданий в г. Казань

Наименование серий	Характеристика		
	конструктивное решение	этажность	
		до 10	от 12 до 17
АБД-9000К.14	панельный	–	+
АБД-9000К.17	панельный	–	+
90-05 (Казгражданпроект)	панельный	+	–
125 Волжская Башня	панельный	–	+
125 Волжская	панельный	+	–
83-120	панельный	+	–
83-НЧ (-014, -015, -016, -018, -022(1), -023)	панельный	+	–

Таблица 2

Продолжительность строительства типовых серий по СНиП 1.04.03-85* и МДС 12-43.2008

Типовые серии	Модификация, площадь, этажность	Нормы продолжительности строительства, мес.:				
		общая	в том числе			
			подготовительный период	подземная часть	надземная часть	отделка
Серия АБД-9000К	АБД-9000К.14 крупнопанельный 14 этажный Общая площадь 2860,1 м^2	7,3 7,6	1,0 1,0	1,5 1,3	3,3 3,8	1,5 1,5
Серия АБД-9000К	АБД-9000К.17 крупнопанельный 17 этажный Общая площадь 2860,1 м^2	7,7 7,7	1,0 1,0	1,5 1,5	3,3 3,3	1,5 1,5
Серия 90	90-05 (Казгражданпроект) крупнопанельный 10 этажный Общая площадь 1180,8 м^2	5,3 5,1	1,0 1,0	1,0 1,0	2,3 2,1	1,0 1,0
Серия 125 Волжская	125 Волжская Башня крупнопанельный 16 этажный Общая площадь 676 м^2	7,1 7,1	1,0 1,0	1,5 1,5	3,1 3,1	1,5 1,5
Серия 83	83-НЧ (-014, -015, -016, -018, -022(1), -023) крупнопанельный 10 этажный Общая площадь 885,6 м^2	5,2 5,0	1,0 1,0	1,0 1,0	2,2 2,0	1,0 1,0

Примечание: значения продолжительности строительства в числителе по СНиП 1.04.03-85*, в знаменателе по МДС 12-43.2008

Как видно из табл. 2 показатели продолжительности по нормативам СНиП 1.04.03-85* и МДС 12-43.2008 имеют небольшие различие и схожесть, так подготовительный период строительства составляет всего один месяц, хотя начало строительства четырнадцати этажного здания общей площадью 2860,1 м^2 серии АБД-9000К.14 пришлось на зимний период, что не отражает действительность на графике производства. Также последовательное выполнения строительных процессов существенно увеличивает продолжительность, если здание 3-х секционное и более, то возможно совместить подземную часть с надземной, и надземную с отделочными работами, при этом возможно достичь желаемого результата в сокращении сроков строительства.

В современном строительстве демонстрировать календарный график на бумаге, при этом рассчитывать технологические процессы вручную нецелесообразно, так как это неудобно и затрачивается много времени при необходимости корректирования. Поэтому для укрупненной модели нормирования продолжительности строительства крупнопанельных жилых зданий в г. Казань применены известные программы для расчета календарного планирования: Microsoft Project и Spider Project.

Данные программы дают возможность укрупнить модель нормирования, наглядно продемонстрировать календарное планирование с возможными совмещениями производства работ, что существенно влияет на показатель продолжительности строительства.

Программа Microsoft Project предназначена для решения задач по управлению проектами на всех стадиях его жизненного цикла. В программе имеется возможность структурировать технологический процесс возведения здания путем выделения подэтапов, задач и подзадач, определить критический путь, получить график технологических процессов, распределить трудовые и материальные ресурсы [10, 11].

Программа Spider Project – разработана отечественными специалистами, предназначена для использования новых технологий по управлению проектами. Возможности программы позволяют оперативно управлять стоимостью, ресурсами и т.д. В программе имеется возможность изменять длительность выполнения работ, планировать сроки выполнения работ, опираясь на объемы и трудоемкость решаемых ресурсов [13].

Выполнен календарный график нормирования продолжительности строительства крупнопанельных жилых зданий серий АБД-9000К.14, АБД-9000К.17, 90-05 (Казгражданпроект) и 83-НЧ в Microsoft Project и Spider Project (рис. 1, 2).

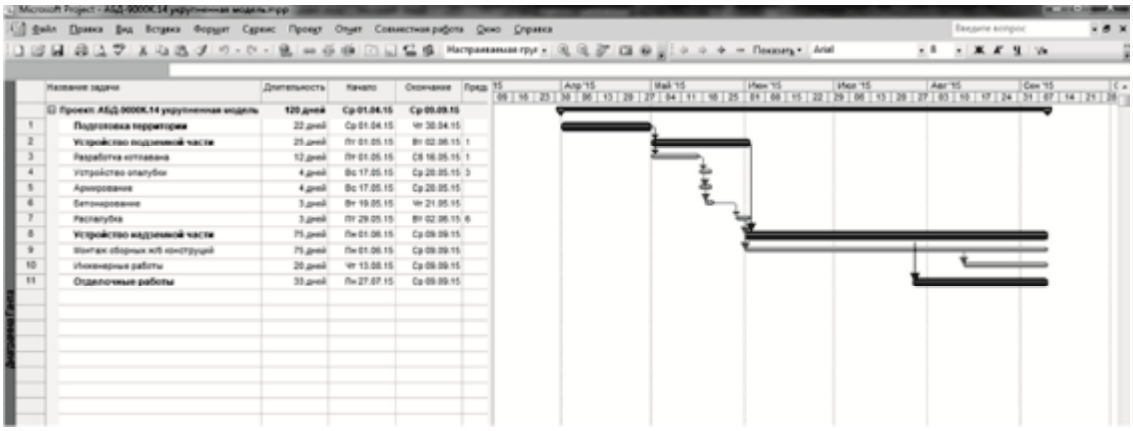


Рис. 1. Продолжительность строительства крупнопанельного жилого здания серии АБД-9000К.14 (укрупненная модель в Microsoft Project)

Примечание: программа Microsoft Project не позволила избежать расчета без выходных дней, поэтому было решено принять 22 дня за 1 месяц, так при получении результата 120 дней – продолжительность строительства в месяцах равна 5,5.

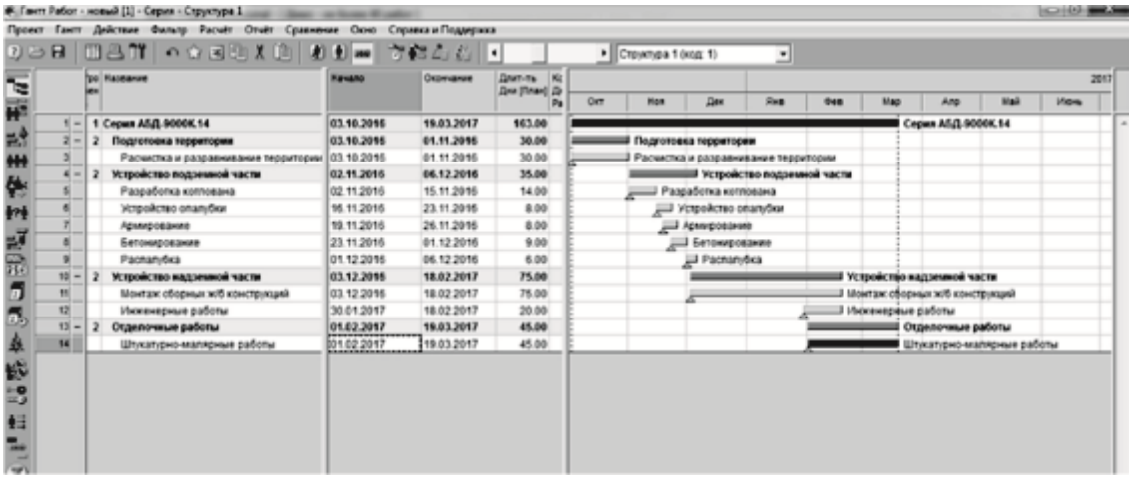


Рис. 2. Продолжительность строительства крупнопанельного жилого здания серии АБД-9000К.14 (укрупненная модель в Spider Project)

Как видно из диаграмм Ганта (рис. 1, 2), построенная укрупненная модель наглядно демонстрирует насколько возможно сокращение продолжительности строительства.

Результаты исследований приведены в табл. 3.

Таблица 3

Сравнение продолжительностей строительства панельных жилых зданий серий: АБД-9000К.14, АБД-9000К.17, 90-05 (Казгражданпроект), 83-НЧ

Серия/модификация	СНиП 1.04.03-85*	МДС 12-43.2008	Фактическая продолжительность	Microsoft Project	Spider Project
АБД-9000К.14	7,3	7,6	7,0	5,5	5,4
АБД-9000К.17	7,7	7,7	9,0	5,8	5,7
90-05 (Казгрждапроект)	5,3	5,1	5,2	4,2	4,3
83-НЧ	5,2	5,0	6,8	4,2	4,0

Полученная укрупненная модель в программных комплексах показало, что значения продолжительности в программе Spider Project имеют небольшие различия от Microsoft Project, средняя разница составляет 0,05месяца.

Также табл. 3 дает возможность сравнить показатели программных комплексов с нормативными значениями и фактической продолжительностью строительства, значениями полученные Microsoft Project и Spider Project. В результате продолжительность строительства в программных комплексах значительно ниже, чем сроки определённые по СНиП 1.04.03-85*, МДС 12-43.2008 и фактической.

Если сравнить нормативную продолжительность по СНиП 1.04.03-85* с укрупненной определенной в Microsoft Project , тогда:

$$\Delta = T_H - T_{ms\ project}, \quad (1)$$

АБД-9000К.14: Δ=7,3-5,5=1,8 месяца;

АБД-9000К.17: Δ=7,7-5,8=1,9 месяца;

90-05 (Казгрждапроект): Δ=5,3-4,2=1,1 месяца;

83-НЧ: Δ=5,2-4,2=1,0 месяца.

Тогда видно, что разница составляет от 1 до 1,9 месяца, хоть и значение не существенное, но для сферы строительства сокращение продолжительности строительства на один день играет большую роль, так как ведет к уменьшению потребляемого ресурса, человеческого труда, расхода материла, также требуемая аренда на машинно-механизмы и оборудования будет меньше, значит все это способствует к снижению себестоимости строительства. Также быстрота возведения одного здания и перехода на следующий объект даст возможность охватывать строителям больше площадей и обеспечивать население необходимым жильем.

Заключение

Проведенный и полученный анализ показал, что при реализации инвестиционных проектов, отличающихся между собой конструктивными и объемно-планировочными решениями, общей организацией производства и технологии строительных процессов, возникает необходимость в максимально допустимом сокращении производства работ и в совершенствовании нормативной базы продолжительности строительства, возможно с учетом региональных особенностей.

Сравнительный анализ норм продолжительности строительства с нормативными значениями (СНиП 1.04.03-85*, МДС 12-43.2008) и фактической продолжительностью строительства, в сравнении с результатами в Microsoft Project и Spider Project показывает, что продолжительность строительства в программных комплексах гораздо меньше, чем у нормативных показателей, что наглядно демонстрирует возможность сократить время строительства. Таким образом, при определении продолжительности строительства по СНиП 1.04.03-85* и МДС 12-43.2008 используется последовательный метод. В большинстве случаев технология строительства определяется поточным методом, что не соответствует современным методам и срокам возведения зданий.

На основе проведенного анализа и полученных результатов, появилась необходимость в определении общей продолжительности строительства для крупнопанельных жилых зданий в г. Казань с учетом территориальных особенностей и разработать коэффициент, учитывающий возможность совмещения при производстве работ.

Список библиографических ссылок

1. Григорьев, В.А. Оценка фактической продолжительности строительства жилых зданий // Актуальные вопросы технических наук в современных условиях: сборник материалов Международной научно-практической конференции (14 января 2015 г., Санкт-Петербург), вып. 2, 2015. – С. 165-168.
2. Григорьев, В.А. Сравнительный анализ параметров строительства жилых зданий // Строительство, дизайн, архитектура: проектные решения XXI века: сборник материалов Международного научного е-симпозиума (27-28 декабря 2014 г., Москва) под ред. проф. И.К. Данилова. – Киров: МЦНИП, 2015.
3. Олейник П.П., Манукянц Д.Я. Анализ и оценка продолжительности строительства жилых зданий в Москве. РЖ 20Т. Экономика строительства, 2007, № 11. – 55 с.
4. Байбурин А.Х. Влияние качества строительства на эксплуатационную надежность крупнопанельных зданий. Жилищное строительство, 2006, № 7.– С. 5-6.
5. Байбурин А.Х. Оценка качества возведения крупнопанельных зданий. Жилищное строительство, 2002, № 10. – 10 с.
6. Киреева Э.И., Дубынин Н.В. Модернизация крупнопанельных зданий типовых серий. Жилищное строительство, 2015, № 5. – С. 9-21.
7. Байбурин А.Х. Комплексная оценка качества строительно-монтажных работ. Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Строительство и архитектура, 2005, № 13 (53).– С. 68-70.
8. Могильникова Н.В. Панельные перспективы. В сборнике: Традиции и инновации в строительстве и архитектуре. – Самара: Самарский государственный архитектурно-строительный университет, 2016. – С. 150-154.
9. Бушмелев А.А., Шмаков С.Д. Технические решения и целесообразность реконструкции крупнопанельных домов массовых серий. В сборнике: Строительство – формирование среды жизнедеятельности // Сборник трудов Восемнадцатой Международной межвузовской научно-практической конференции студентов, магистрантов, аспирантов и молодых ученых, 2015. – С. 36-38.
10. Куперштейн В.И. Microsoft Project 2010 в управлении проектами. – СПб.: БХВ, 2011. – 416 с.
11. Дмитрий Антипов. Практика составления графика проекта в MS Project // Управление проектами URL: https://pmmagazine.ru/articles/praktika-sostavleniya-grafika-proekta-v-ms-project/ (дата обращения 03.10.2016).
12. Официальный сайт Microsoft Project. URL: http://microsoftproject.ru/ (дата обращения: 03.10.2016).
13. Официальный сайт Spider Project. URL: http://www.spiderproject.ru/ (дата обращения: 03.10.2016).
14. Ибрагимов Р.А., Салимова Г.Р. Анализ продолжительности строительства современных крупнопанельных жилых зданий в г. Казань // Известия КГАСУ, 2016, № 2 (36). – С. 228-232.

Ibragimov R.A. – candidate of technical sciences, associate professor
E-mail: rusmag007@yandex.com;
Salimova G.R. – student
E-mail: guzel-salimova16.06@mail.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Analysis and optimization of the duration of the valuation of large residential building construction in Kazan

Resume

The article presents data comparing the actual and the normative duration of the construction of large residential buildings in Kazan. Collected statistical array of background information for large-type series of buildings.

The analysis showed that the implementation of investment projects, the rich variety of new space-planning and design solutions, methods of organizing production and construction technology of construction and assembly works, we need to significantly improve the valuation methodology duration of the construction of buildings and structures.

On the basis of the analysis showed that the values of deviations of actual indicators of the duration of the construction of the standard lead to the conclusion that the period of construction of housing 14 and 17 storey buildings much higher than the normative terms of construction.

Comparative analysis of existing good practice and the duration of the construction of buildings and structures shows that the total duration of the construction of residential buildings is the sum of the durations of the preparatory period, the device underground and above ground parts finishing. This method of determining the duration of the construction is suitable for the organization of building a consistent method.

Keywords: duration of construction, large-panel residential buildings, the standard period.

Reference list

1. Grigoriev V.A. Assessment of the actual duration of the construction of residential buildings // Topical Issues of Technical Sciences in modern conditions: the collection of materials of the International scientific-practical conference, January 14, 2015. – SPb. Vol. 2, 2015. – P. 165-168.
2. Grigoriev V.A. A comparative analysis of the parameters of the construction of residential buildings // construction, design, architecture: the design decisions of the XXI century: proceedings of the International Scientific e-Symposium (27-28 December, 2014, Moscow) / edited. prof. I.K. Danilova. – Kirov: MTSNIP, 2015.
3. Oleynik P.P., Manukyants D.Y. Analysis and assessment of the duration of the construction of residential buildings in Moscow. RJ 20T. Construction Economics, 2007, № 11. – 55.p.
4. Baiburin A.H. Impact of construction quality on the operational reliability of large buildings. Housing construction, 2006, № 7. – P. 5-6.
5. Baiburin A.H. Quality assessment of the construction of large buildings. Housing construction, 2002, № 10. – 10 p.
6. Kireyev E.I., Dubinin N.V. The modernization of large-type series of buildings. Housing construction, 2015, № 5. – P. 9-21.
7. Baiburin A.H. Comprehensive assessment of quality of construction works. Bulletin of South Ural State University. Series: Construction and architecture, 2005, № 13 (53). – P. 68-70.
8. Mogilnikova N.V. Panel prospects. In: Tradition and innovation in construction and architecture. Tradition and innovation in construction and architecture. The architecture and design of a collection of articles Edited by: Samara State Architectural University. – Samara, 2016. – P. 150-154.
9. Bushmelev A.A., Shmakov S.D. Technical solutions and feasibility of reconstruction of large-mass series of buildings. In: Construction – the formation of living environment. Proceedings of the Eighteenth International interuniversity scientific-practical conference of students, undergraduates, graduate students and young scientists, 2015. – P. 36-38.
10. Kupershtein V.I. Microsoft Project 2010 in project management. – SPb.: BHV, 2011. – 416 p.
11. Dmitry Antipov. The practice of drawing up a project schedule in MS Project // Project Management URL: https://pmmagazine.ru/articles/praktika-sostavleniya-grafika-proekta-v-ms-project/ (reference date: 10.03.2016).
12. Official site of Microsoft Project. URL: http://microsoftproject.ru/ (reference date: 10.03.2016).
13. The official website for Spider Project. URL: http://www.spiderproject.ru/ (reference date: 10.03.2016).
14. Ibragimov R.A., Salimova G.R. Analysis of the duration of the construction of modern large-panel residential buildings in Kazan // Izvestiya KGASU, 2016, № 2 (36). – P. 228-232.

УДК 69.009
Коклюгина Л.А. – кандидат технических наук, доцент,
E-mail: the-lusy@mail.ru
Коклюгин А.В. – старший преподаватель
Шилова Е.А. – студент
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, Казань, ул. Зеленая, д. 1

Проблемы планирования и организации работ по капремонту и реконструкции

Аннотация

Основным направлением при выполнении работ по реконструкции и капитальном ремонте зданий массовой застройки 60-80-х годов должно быть массовое применение типовых конструкторских решений, унификация и типизация технологических разработок. Следующим шагом в работе по реконструкции и капремонту жилых домов типовых серий должен стать переход к типовым технологическим модулям заводского изготовления с обеспечением их комплектной поставки. При капитальном ремонте этих зданий процессы по ремонту и замене конструкций, проводимые непосредственно на строительной площадке должны выполняться с использованием типовых технологических карт, специально разработанных для каждой серии жилых зданий, что обеспечит выполнение работ в минимально короткие сроки.

Ключевые слова: капитальный ремонт, реконструкция, типовые технологические карты.

В последние годы реконструкция зданий и сооружений, построенных в 60-80-е годы по типовым проектам, стала одним из основных направлений в области капитального ремонта и реконструкции. Особенно актуальной стала задача ремонта объектов без прекращения эксплуатации, выселения жителей из занимаемой площади и ограничений для жителей близлежащих домов [1]. В связи с этим, необходимо проведение комплексного технического обследования объекта научными организациями, специализирующимися в области строительства и реконструкции с привлечением управляющих компаний и общественности с использованием передовых научных методов.

Возможные причины срыва сроков капремонта и реконструкции.

1. Несвоевременное начало работ из-за отсутствия исходно-разрешительной документации влечет за собой срыв сроков остальных работ. Учитывая сезонность работ, потерянное время, потребуется разработка дополнительных мероприятий, технологий и удорожания работ.

2. Заказчик, ответственный за проведение работ, иногда затягивает процесс отбора проектировщиков, подрядчиков, поставщиков материалов, конструкций. Изготовители не могут отпустить требуемое количество материалов из-за отсутствия заявок.

3. Нарушение технологии производства работ ведет к браку и требует времени на исправление.

4. Недобросовестные подрядчики могут заявить для оплаты работы, которых нет по факту. По решению суда может назначаться экспертиза, которая потребует незапланированного времени.

5.Несоблюдение сроков поставки материалов по утвержденному графику требует дополнительных организационно-технологических мероприятий.

6. Задержки выполнения работ в большинстве случаев вызваны недостатками планирования, когда подрядчик неверно оценивает свои силы и при прохождении тендеров непредумышленно называет заниженные сроки работ, в которые не может потом уложиться [4].

7. Финансирование объектов капремонта и реконструкции обеспечивается из разных источников, как с помощью федерального и местного бюджета, банковских кредитов, так и поступления денег от физических лиц. Необходим верный инвестиционный прогноз, чтобы свести к минимуму риск недофинансирования начатого объекта.

8. Нехватка профессиональных кадров как со стороны заказчика, так и подрядчика, несогласованность действий надзорных органов иногда приводит к судебным разбирательствам, что надолго может отодвинуть сроки окончания работ.

9. Недобросовестность генподрядчика, который выиграв тендер, нанимает цепочку субподрядчиков. Крайнего в этой цепочке субподрядчика трудно проконтролировать, т.к. официально он нигде не значится и даже надзорные органы в затруднении определить виновника.

1.1. Анализ жилищного фонда г. Казани

94,3 % жилищного фонда России составляют дома, введенные в эксплуатацию до 1995 г., в том числе 48,3 % – жилые здания, построенные с 1946 по 1970 г. [2]. Структура распределения жилищного фонда г. Казани по времени возведения зданий представлена на рис.

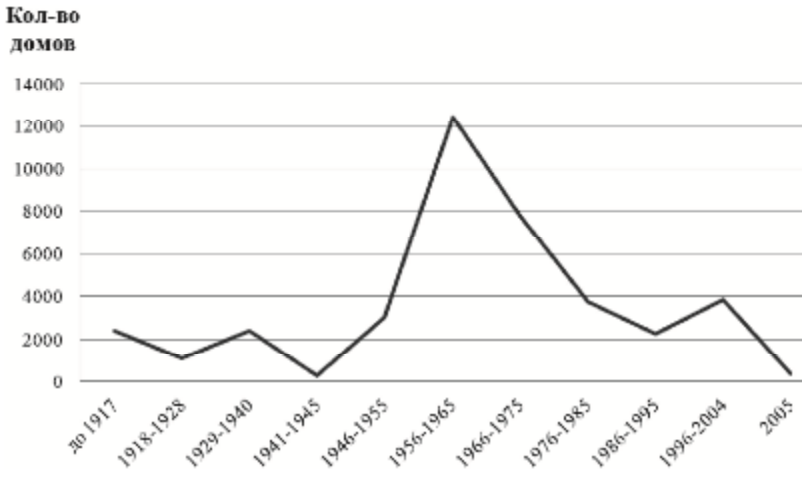


Рис. Распределение жилищного фонда г. Казани по годам застройки

Согласно приведенной таблицы установлено, что наибольший масштаб строительства приходился на период 1956-1965 годов. В данный период строились жилые дома массовых серий, т.н. «хрущевки», общая масса которых представляет более 10 % жилищного фонда всей страны. На сегодня эти дома нуждаются в капитальном ремонте и, по возможности, реконструкции. В Казани жилой фонд составляет более 5 074 домов, общей площадью более 24,41 млн. м^2, в которых зарегистрировано более 865 364 человек. Из них 15,2 млн. кв.м нуждаются в реконструкции [5]. По данным комитета по содержанию жилищного фонда площадь ветхого и аварийного жилья в Казани достигает 83,2 тыс. м^2; переселению из этого фонда подлежит 2425 семей (табл. 1).

Для решения проблемы обновления и сохранения жилищного фонда Казани требуется ежегодно реконструировать и капитально отремонтировать около 0,8-1,2 млн. кв.м жилья. Ежегодно выделяются средства на капитальный ремонт и реконструкцию из государственного бюджетами и за счет частных инвесторов. Однако последние финансируют лишь коммерчески выгодные проекты, направленные на создание бизнес-центров или элитного жилья.

Таблица 1

Состояние жилого фонда, нуждающегося в обновлении по районам г. Казани

Наименование районов	Количество домов	Общая площадь, м^2	Количество проживающих семей
Авиастроительный	13	4 452,9	142
Вахитовский	26	11 202,8	234
Кировский	152	30 992,34	959
Московский	12	9 368,6	267
Приволжский	31	18 210,7	555
Советский	25	8 974,2	268
ИТОГО:	**259**	**83 201,44**	**2 425**

Исследования показали, что темпы реконструкции малы из-за недостатка финансирования. Однако следует заметить, что своевременное принятие организационно-технологических решений, требующее взаимодействия всех участников строительного проекта, поможет оптимизировать ресурсы и сократить сроки и затраты.

Предлагается разработать модели для выбора оптимальных (рациональных) организационно-технологических решений.

Особенности реконструкции зданий, влияющие на выбор организационно-технологических решений

Конструктивные решения основных элементов жилых зданий, составляющих жилой фонд нашей страны, весьма разнообразны. Однако среди этого множества можно выделить пять основных групп, наиболее широко распространенных в зданиях жилищного фонда РТ (табл. 2).

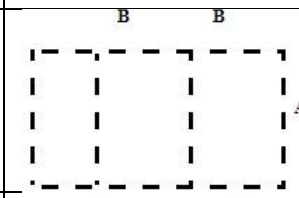
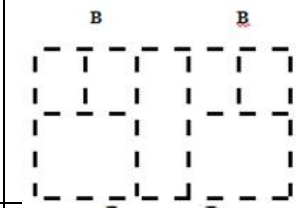
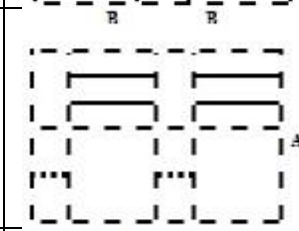
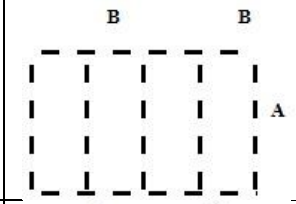
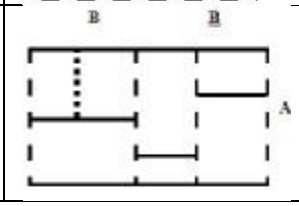
Таблица 2

Конструктивные схемы существующих зданий старой городской застройки

№ п/п	Конструктивная схема	Удельный вес в жилищном фонде, %
1.	Однопролетная с несущими продольными стенами	20,1
2.	Вариант однопролетной схемы с продольной перегородкой	3,1
3.	Двухпролетная с продольными несущими стенами	60,9
4.	Трехпролетная с продольными несущими стенами	9,7
5.	Поперечная	6,0

Таблица 3

Описание конструктивных схем

Тип конструктивной схемы	Конструктивная схема	Описание конструктивной схемы	Основные параметры, м		Повторяемость, %
			А	В	
I.		Пролетная поперечными несущими стенами	10-18	12-30	56
II.		Пролетная со средней продольной несущей стеной	4-16	12-20	11,8
III.		Пролетная с двумя продольными несущими стенами	4-14	12-22	15
IV.		Многопролетная с поперечными несущими стенами	12-24	12-38	12
V.		Смешанная схема	9-18	До 25	13

Многопролетные конструктивные схемы возникли позднее однопролетных схем. Однопролетные схемы чаще использовались в 60-70 годах XIX века. После в зданиях начали предусматривать междуэтажные опоры (стены, несущие перегородки, колонны). Так к концу XIX века двухпролетные конструктивные схемы стали основными.

Рассмотрим принципиальные конструктивные схемы крупнопанельных зданий городской застройки 60-80-х годов на примере города Казани, построенных на первых этапах массового жилищного строительства, так как именно дома данного типа в ближайшее время будут нуждаться в реконструкции (табл. 3).

На основании данных вышеуказанных таблиц можно сделать вывод, что для выполнения задачи по реконструкции или капремонту жилых зданий типовой застройки необходимо разработать типовые технологические карты на ремонт зданий, возведенных по типовым сериям. Выполнение работ по типовым технологическим картам значительно снизит сроки, трудоемкость и сметную стоимость необходимых к выполнению работ.

Список библиографических ссылок

1. Морозова Т.Ф., Заяшников Р.А., Якунина Ю.И. Выбор организационно-технологических решений при реконструкции объектов без прекращения эксплуатации // Молодой ученый, 2016, № 3. – С. 162-168.
2. Акуленкова И.В. Эффективность реконструкции жилых зданий: на примере Санкт-Петербурга // Дис. канд. экон.наук. – СПб.: СпбГАСУ, 2004. – 149 с.
3. Адам Ф.М., Бадьин Г.М., Шевченко Н.И. Современные возможности строительного мониторинга // СтройПРОФИль, 2007, № 5.
4. Коклюгина Л.А. Влияние фактора продолжительности строительства объектов при принятии управленческих решений на момент проведения тендеров // Известия КГАСУ, 2015, № 3 (33). – С. 262-268.
5. Научная библиотека диссертаций и авторефератов disserCat http://www.dissercat.com/content/povyshenie-effektivnosti-stroitelnogo-proizvodstva-v-monolitnom-domostroenii-na-osnove-otsen#ixzz46LZGc1Fe.
6. Караогланов В.Г. Оценка эффективности организационно-технологических решений при реконструкции зданий // Дис. канд. техн..наук. – М., 2006. – 178 с.
7. Khumpaisal, S., Chen, Z. Risk assessment in real estate development: an application of analytic network process // Planning Research and Studies, 2010, № 7 (1). – P. 103-116.
8. Murray S.L., Grantham K. Development of a Generic Risk Matrix to Manage Project Risks // Industrial and Systems Engineering, 2011, № 5 (1). – P. 35-51.

Kokliugina L.A. – candidate of technical sciences, associate professor
E-mail: the-lusy@mail.ru
Kokliugin A.V. – associate professor
Shilova E.A. – student
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

The problems of planning and work organization on capital repairing and reconstruction

Resume

The article deals with the currently existing problem of ensuring technological reliability of works on capital repair and reconstruction of buildings and structures of mass housing development, provided with large-panel apartment houses of typical series.

The article presents the data of housing in Kazan for the time of construction and maintenance. By analyzing them, we can conclude that the capital repair and reconstruction of housing in Kazan will last a long time.

In spite of the existing differences between clients, contractors and operators, the work must be performed both at the expense of budgets of different levels, and at the expense of private investors who finance only commercially profitable projects.

The time of work is influenced by many factors, both objective and subjective, and often even the weather. The current system of tenders for works on repairing and reconstruction did not take into account climatic conditions.

Therefore, the development of project documentation and acceptance of constructive and technological solutions needs to be considered to perform works in adverse weather conditions.

All additional work and costs, raise the price of construction and, accordingly, reduce the profits of the contractor, if possible, should be taken into account in advance at the design stage.

Thus, the development of organizational and technological documentation is encouraged to develop standard routings for each type series, subject to repair houses with the possibility of binding maps to the actual timing of the start of works and preliminary agreement with the relevant operational services.

Keywords: capital repairs, reconstruction, standard routings.

Reference list

1. Morozova T.F., Zayashnikov R.A., Yakunin Y.I. The choice of organizational and technological solutions for the reconstruction of objects without decommissioning // Molodoy uchenyy, 2016, № 3. – P. 162-168.
2. Akulenkova I.V. The effectiveness of reconstruction of residential buildings: the example of St. Petersburg // dissertation of the candidate of economic sciences. – SPb.: SpbGASU, 2004. – 149 p.
3. Adam F.M., Badin G.M., Shevchenko N.I. Modern possibilities of building monitoring // StroyPROFIl, 2007, № 5.
4. Koklyugina L.A. Impact factor of duration of construction projects in management decisions at the time of tendering // Izvestiya KGASU, 2015, № 3 (33). – P. 262-268.
5. Research Library of dissertations and essaysdisserCat http://www.dissercat.com/content/povyshenie-effektivnosti-stroitelnogo-proizvodstva-v-monolitnom-domostroenii-na-osnove-otsen#ixzz46LZGc1Fe.
6. Karaoglanov V.G. Evaluating the effectiveness of the organizational and technological decisions at reconstruction of buildings // Dis. cand. tehn..nauk. – M., 2006. – 178 p.
7. Khumpaisal S., Chen Z. Risk assessment in real estate development: an application of analytic network process // Planning Research and Studies, 2010, № 7 (1). – P. 103-116.
8. Murray S.L., Grantham K. Development of a Generic Risk Matrix to Manage Project Risks // Industrial and Systems Engineering, 2011, № 5 (1). – P. 35-51.

УДК 69.059
Ладнушкин А.А. – кандидат технических наук, соискатель
E-mail: bilder74@mail.ru
Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 190005, Россия, г. Санкт-Петербург, 2-я Красноармейская ул., д. 4

Технология бескранового монтажа при капитальном ремонте и модернизации башенных градирен ТЭЦ

Аннотация

Основной задачей исследования является разработка новых технологий и методов для упрощения и удешевления монтажных работ при модернизации действующих производств, в частности при модернизации градирен башенного типа. Разработанная технология бескранового монтажа для капитального ремонта или реконструкции металлических башенных градирен позволяет выполнить работы по замене аварийных строительных конструкций внутреннего каркаса, демонтажу системы водоводов, устаревших блоков орошения, обеспечивает монтаж новой водораспределительной системы и современных полимерных блоков орошения в стесненных условиях действующего производственного предприятия, с минимальными сроками подготовки и производства монтажных работ и значительно меньшими затратами относительно использования для данных работ башенных и стреловых кранов.

Ключевые слова: технология бескранового монтажа, башенная градирня, модернизация и капитальный ремонт, монтаж и демонтаж в стесненных условиях, способ монтажа, опорно-грузовая нагрузка.

Градирни являются важной частью производства тепла и электричества на теплоэлектростанциях, так как охлаждение воды является основным из условий для нормальной работы котлов и турбин. Основной объем эксплуатируемых сейчас градирен ТЭЦ построены в 1960-1980 гг. по типовым проектам, имеет схожую конструкцию и технические характеристики. Наибольшее распространение в России получили башенные градирни с металлическим каркасом.

Задачей модернизации градирен является повышения КПД системы охлаждения обратной воды, то есть увеличения разницы температуры воды до и после цикла охлаждения, либо увеличения объема охлаждаемой воды. При строительстве использовались блоки орошения из асбестоцементных листов собранные в пакеты и установленные вертикально в 2-3 яруса внутри градирни. В последующие годы на ряде объектов оросители были заменены на полимерные оросители первого поколения типа 1-С. На данный момент разработаны системы орошения из современных полимерных материалов, позволяющие увеличить производительность градирни на 30-50 %. Важным условием является минимальные сроки проведения работ, так как на данный период значительно снижается производства тепла и электроэнергии ТЭЦ.

Рассмотрим модернизацию на примере башенной градирни БГ-1600, наиболее распространенную в Татарстане площадью орошения 1600-2000 квадратных метров, которая выполнена по типовому проекту Ленинградского отделения Института «ТЕПЛОЭЛЕКТРОПРОЕКТ» и находится в эксплуатации в среднем составляет 30-50 лет.

Основными строительными конструкциями градирни являются вытяжная башня со стальным каркасом высотой 53,700 м (от уровня земли), выполненным в форме 12-ти гранного усеченного конуса, основные колонны которого размещены по торцам граней и опираются на отдельно стоящие железобетонные фундаменты, железобетонного каркаса оросительного устройства с водосборным бассейном (чашей), размещенным в зоне фундаментов. Пространственная жесткость каркаса башни обеспечивается горизонтальными решетчатыми кольцами, расположенными по ярусам в пяти уровнях, и диагональными связями. Обшивка башни выполнена из гофрированных алюминиевых плоских листов.

Модернизация водораспределительной системы и системы орошения, включает в себя замену аварийных строительных конструкций внутреннего каркаса (железобетонные балки и прогоны), магистральных, водораспределительных трубопроводов и форсунок, а также замену старых оросителей на ОКД-с типа «Косой Дождь – Сетчатый» или др. Основные водоводы выполнены из труб диаметром 1020х8, 720х7 и 325х8 мм.

При модернизации градирен башенного типа ТЭЦ большое распространение получил способ с установкой около нее башенного или стрелового крана и производством работ по монтажу и демонтажу строительных конструкций и технологического оборудования через верх вытяжной башни градирни. Требуемый вылет, обеспечивающий нормальное ведение работ по площади всей градирни составляет 40-50 м при высоте подъема 60-80 м. Данным характеристикам соответствует ограниченное число стандартных строительных кранов, например для стреловых это краны с грузоподъемностью более 60 тонн с гуськом. Использование таких кранов для данных условий не эффективно, так как масса монтажных элементов не превышает 2 тонн. Возникают значительные трудности, связанные с необходимостью ведения работ в мертвых монтажных зонах, так как башенная градирня имеет форму конуса.

Недостатками данного способа являются значительные финансовые затраты на производство подготовительных и монтажных работ, большой объем работ по монтажу и демонтажу самого крана, потребность в свободных площадях около реконструируемого объекта, что в условиях действующего предприятия не всегда возможно.

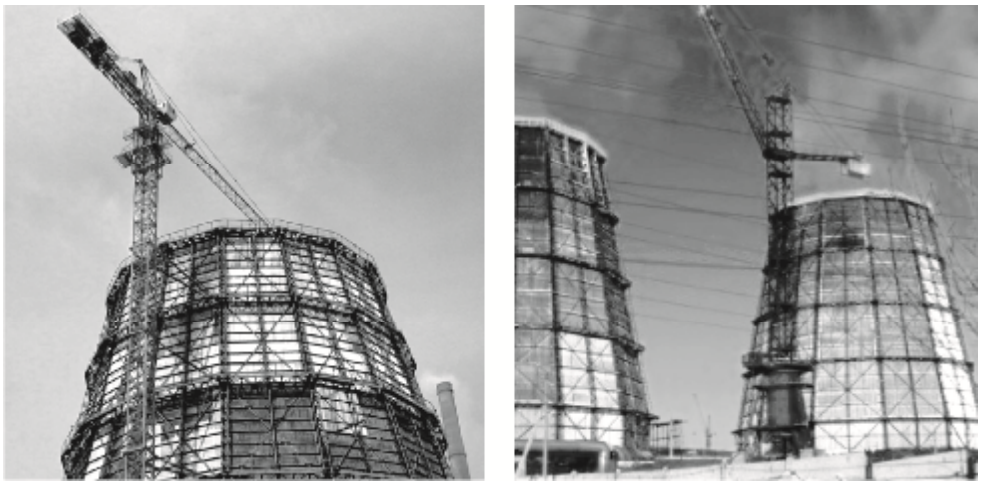


Рис. 1. Общий вид организации монтажных работ

Основными задачами исследования являлось упрощение и удешевление монтажных работ при капитальном ремонте, модернизации или реконструкции металлических градирен башенного типа, разработка и исследование технологических и организационных решений выполнения монтажных и демонтажных работ в труднодоступных местах внутри металлических градирен при замене внутренних строительных конструкций и технологического оборудования системы орошения.

Разработанный способ заключается в обеспечении проведении работ по монтажу и демонтажу строительных конструкций и технологического оборудования внутри металлических градирен преимущественно башенного типа с помощью распространенных в строительстве монтажных механизмов и приспособлений (электрические лебедки, монтажные блоки и канаты и др.). Способ включает в себя монтаж внутри градирни монтажной (канатно-блочной) системы. В качестве опоры монтажной системы используются элементы каркаса градирни. После крепления отводных блоков подъемного каната и оттяжки монтажной системы, подъем и перемещение конструкций внутри градирни осуществляется работой подъемной и оттяжной лебедок, расположенных на прилегающей территории градирни. Подача конструкции и элементов в зону действия монтажной системы выполняется через нижнюю часть градирни при помощи тележки и транспортной лебедки.

При отсутствии максимальных расчетных нагрузок от ветра каркас имеет значительный запас по несущей способности. При использовании технологии бескранового монтажа нагрузка от монтажной системы – опорно-грузовая является эквивалентом ветровой нагрузки предусмотренной на этапе проектирования.

На основании выполненных поверочных расчетов основные решетчатые конструкции каркаса в зависимости от высоты и места (в пролете или на опоре) крепления могут воспринимать опорно-грузовые нагрузки от 4 до 15 т в условиях напряжено-деформированного состояния предусмотренного проектом. Для предотвращения перегрузок на каркас градирни монтажные работы ограничиваются при ветре более 5 м/с. Масса наиболее тяжелого элемента монтажа составляла 1800 кг. Масса основного элемента монтажа – демонтируемого блока оросителя из асбестоволокнистых листов – 300 кг. Для достижения заявленного технического результата технология бескранового демонтажа и монтажа конструкций внутри металлических градирен включает в себя установку на прилегающей к объекту территории подъемной, тяговой и транспортной лебедок, устройство монтажной (канатно-блочной) системы внутри металлической градирни с креплением над монтажной зоной (захваткой) отводных монтажных блоков подъемного каната и оттяжки к несущему каркасу градирни, перемещение внутри градирни груза по направлению к монтажному проему при демонтаже и от проема при монтаже, попеременной работой подъемной и тяговой лебедок монтажной системы, выводом грузов через нижнюю часть сооружения с помощью транспортной лебедки и тележки, по завершении монтажных работ в зоне действия монтажной системы перевешиванием отводного монтажного блока подъемной лебедкой для расположения монтажной системы над новой захваткой.

Принципиальная схема работы монтажной системы технологии бескранового монтажа представлена на рис. 2.

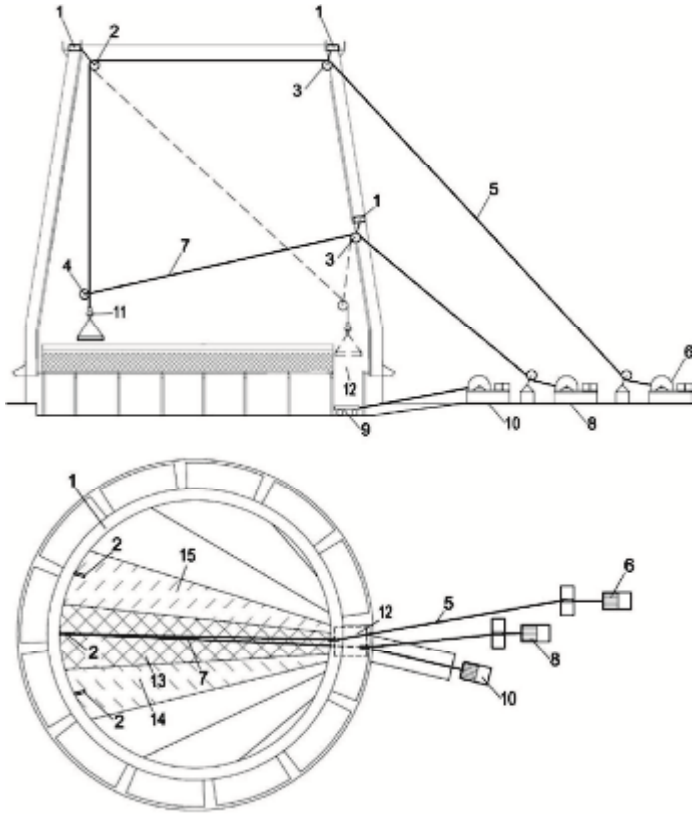


Рис. 2. Принципиальная схема работы монтажной системы:
1 – элемент каркаса градирни; 2 – отводной монтажный блок; 3 – обводной трос;
4 – монтажный блок; 5 – грузоподъемный канат; 6 – грузоподъемная лебедка; 7 – оттяжка;
8 – тяговая лебедка; 9 – тележка; 10 – транспортная лебедка; 11 – крюк с грузом;
12 – монтажный проем; 13 – захватка

Способ бескранового демонтажа и монтажа конструкций внутри металлических градирен осуществляется следующим образом: в соответствии предполагаемым местом монтажа и демонтажа конструкций собирается монтажная система, состоящая из подъемной лебедки 6, тяговой лебедки 8, подъемного каната 5, оттяжки 7 и отводных монтажных блоков 2 и 3 закрепленных на элементах каркаса градирни 1 (рис. 3).

Крепление (подвес) на элементах каркаса градирни 1 отводных монтажных блоков 2 и 3 выполняется над планируемой зоной производства работ 13 с помощью троса (рис. 2). Для предотвращения повреждения металлоконструкций каркаса градирни 1 под трос устанавливаются накладки из деревянных брусков или металлопроката, в случае значительных монтажных нагрузок элемент каркаса временно усиливается. В местах предполагаемого прохождения подъемного каната и оттяжки выполняется временный демонтаж части обшивки. Подъемную лебедку 6 и тяговую лебедку 8 через закрепленные отводные монтажные блоки 2 и 3 запасовывают подъемным канатом 5 и оттяжкой 7.

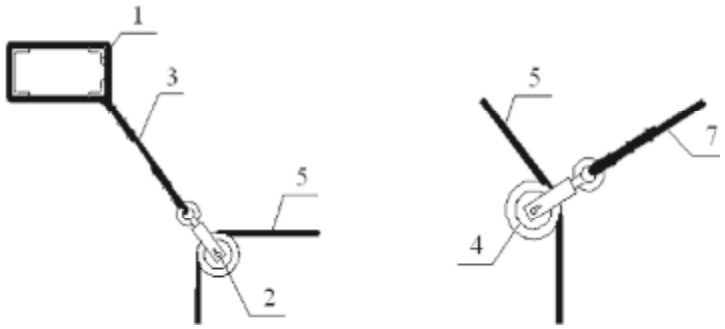


Рис. 3. Узлы монтажной системы: 1 – элемент каркаса градирни; 2 – отводной монтажный блок; 3 – обводной трос; 4 – монтажный блок; 5 – грузоподъемный канат; 7 – оттяжка

С помощью монтажной системы разбирают часть конструкций для обеспечения монтажного проема 12. Демонтируемые конструкции и оборудование временно складируется наверху в зоне действия монтажной системы. Положения крюка с грузом 11 определяется соотношением взаимных усилий в подъемном канате 5 и оттяжке 7. Перемещение крюка с грузом 11 происходит за счет скольжения монтажного блока 4 по подъемному канату 5 вследствие тягового усилия в оттяжке 7. Отсутствие жесткого взаимного крепления подъемного каната 5 и оттяжки 7 предотвращает возникновение значительных нагрузок на каркас градирни.

После готовности монтажного проема 12 осуществляют демонтаж конструкций или технологического оборудования в зоне действия (захватке) монтажной системы 13. Для этого, при помощи подъемного каната 5, крюк с грузом 11 поднимают на некоторую высоту, а при помощи натяжения оттяжки 7 перемещают в сторону монтажного проема 12. Для обеспечения безопасного производства работ и уменьшения усилий, возникающих в элементах каркаса 1, демонтируемую конструкцию перемещают с минимальным подъемом. Переменным включением в работу подъемной 6 и тяговой 8 лебедок, крюк с грузом 11 перемещают к монтажному проему 12 и опускают на транспортную тележку 9. Транспортную тележку 9 вытягивают из градирни по подготовленному съезду при помощи установленной на прилегающей территории транспортной лебедки 10. Процесс монтажа является обратным по последовательности операций демонтажу. После выполнения всех работ в зоне действия монтажной системы (захватке) 13 отводной монтажный блок 2 подъемного каната 5 перевешивается на несущие элементы каркаса 1 над следующей зоной (захваткой) для производства работ 14, 15.

Разработанная технология бескранового монтажа позволяет выполнить выборочную или полную замену внутренних строительных конструкций и технологического оборудования, системы орошения в труднодоступных местах внутри металлической градирни башенного типа в условиях повышенной стесненности действующего предприятия, с минимальными сроками подготовки и производства монтажных работ и значительно меньшими затратами относительно использования для данных работ башенных и стреловых кранов.

Технология внедрена и апробирована при капитальном ремонте и модернизации нескольких металлических башенных градирен теплоэлектростанций ОАО «Татэнерго» и ОАО ТГК 16.

Список библиографических ссылок

1. Броверман Г.В., Гитман И.Б., Гофштейн Г.Е. Монтаж стальных и железобетонных конструкций. – М.: Стройиздат, 1980. – 863 с.
2. Топчий В.Д., Гребенник Р.А., Клименко В.Г. Реконструкция промышленных предприятий в 2 томах. – М.: Стройиздат, 1990. – 591 с.
3. Бурман З.И., Артюхин Г.А., Зархин Б.Я. Программное обеспечение матричных алгоритмов и метода конечных элементов в инженерных расчетах. – М.: Машиностроение, 1988. – 256 с.
4. Вычислительный комплекс «Лира». Для прочностного расчета конструкций методом суперэлементов. – Киев: НИИАС, 2002.
5. Способ монтажа и демонтажа строительных конструкций: пат. 2190065 Рос. Федерация. № 2001116254/03; заявл. 18.06.2001; опубл. 27.09.2002. Бил. № RU (11) 2190065 (13) C1, (51) 7 E04B1/35, E04G23/00.
6. Юдина А.Ф., Ладнушкин А.А. Разработка контруктивно-технологических решений бескранового монтажа при реконструкции промышленных зданий // Доклады 68-й научной конференции профессоров, преподавателей, научных работников, инженеров и аспирантов университета, СПбГАСУ, В 5 ч. I. – СПб., 2011. – 240 с.
7. Ипатов П.П., Финкель А.В. Монтажные подъемно транспортные механизмы и такелажные работы. – М.: Стройиздат, 1975. – 343 с.
8. Шахпаронов В.В., Аблязов Л.П., Степанов И.В. Организация строительного производства (Справочник строителя.) – М.: Стройиздат, 1987. – 460 с.

Ladnushkin A.A. – candidate of technical sciences, researcher
E-mail: bilder74@mail.ru
Saint-Petersburg state University of Architecture and Engineering
The organization address: 190005, Russia, Saint-Petersburg, 2-ya Krasnoarmeyskaya ul., d. 4

Technology of installation without a crane use at overhaul and upgrade of CHP towers

Resume

The main objective of the study is to develop new technologies and methods to simplify and reduce the cost of installation work in modernization of existing production facilities, in particular in the modernization of cooling tower tower type. The developed technology of without crane installation for major repair or renovation of metal towers allows to perform works on replacement of emergency building structures of the inner frame, the dismantling of the system of conduits, outdated units irrigation provides installation of new water distribution system and advanced polymer blocks of irrigation in the cramped conditions of the existing production enterprises with minimal time for preparation and production installation and much lower cost on the use for these works of tower and Jib cranes.

The developed technology of without a crane installation allows you to perform a custom or complete replacement of internal building structures and technological equipment, irrigation systems in inaccessible places inside the tower type metal cooler.

The technology has been implemented and tested during the overhaul and modernization of several metal towers of thermal power plants of JSC «Tatenergo» and JSC TGC 16.

Keywords: technology of without a crane installation, tower cooling tower, upgrading and overhaul, assembly and disassembly in cramped conditions, the method of installation, reference-truck load.

Reference list

1. Broverman G.V., Gitman I.B., Gofshtejn G.E. Installation of steel and reinforced concrete structures. – M.: Strojizdat, 1980. – 863 p.
2. Topchij V.D., Grebennik R.A., Klimenko V.G. Reconstruction of the industrial enterprises in 2 vols. – M.: Strojizdat, 1990. – 591 p.
3. Burman Z.I., Artjuhin G.A., Zarhin B.Ja. Software matrix algorithms and the finite element method in engineering calculations. – M.: Mechanical, 1988. – 256 p.
4. Computing complex «Lira». For the strength calculation of structures using superelements. – Kiev: NIIAS, 2002.
5. Method of Assembly and disassembly of building structures: the patent 2190065 Russian Federation. N№ 2001116254/03; It is declared 18.06.2001; it is published 27.09.2002. The bulletin N№ EN (11) 2190065 (13) C1 (51) 7 E04B1/35, E04G23/00.
6. Yudina A.F., Ladoshkin A. Development of constructive-technological decisions of the ROS Assembly during the reconstruction of industrial buildings // Proceedings of the 68th scientific conference on the problems of professors, teachers, scientific workers, engineers and postgraduate students of the University of architecture and civil engineering, Ed. 5 part I. – SPb., 2011. – 240 p.
7. Ipatov P.P., Finkel A.V. Installation lifting and transport mechanisms and rigging works – M.: Stroyizdat, 1975. – 343 p.
8. Shakhparonov V.V., Ablyazov L.P., Stepanov I.V. Organization of building production (Guide Builder). – M.: Stroyizdat, 1987. – 460 p.

УДК 69.059
Мавлюбердинов А.Р. – кандидат технических наук, доцент
E-mail: mazatr73@mail.ru
Бирюлева Д.К. – кандидат технических наук, доцент
E-mail: dila899@mail.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

Эксплуатация надземных крановых путей на предприятиях строительной индустрии

Аннотация

В статье приводится изучение вопроса эксплуатации подъемных сооружений на предприятиях строительной отрасли, а именно на заводах по производству строительных материалов, конструкций и изделий, на площадках складирования. Также рассматриваются вопросы, касающиеся необходимости «восстановления» проектной документации на эксплуатируемые подкрановые конструкции. Для «восстановления» проектной документации на крановые пути необходимо провести обследование конструкций подкрановых путей.

Ключевые слова: предприятия строительной отрасли, крановые пути, подъемные сооружения.

Как известно, на предприятиях строительной отрасли, а именно на заводах по производству строительных материалов, конструкций и изделий широко используются подъемные сооружения (мостовые краны), предназначенные для подъема и перемещения грузов внутри цехов и на площадках складирования готовых изделий. Эксплуатация подъемных сооружений в безопасном режиме, а также, продолжительность их службы зависят от технического состояния подкрановых конструкций [1]. Для выполнения комплекса мероприятий, связанных с обследованием подкрановых конструкций, необходимо провести комплекс работ, включающих в себя сбор данных и анализ технического задания на обследовательские работы, натурного изучения объекта, техническую документацию и т. д.; провести визуализацию конструкций, включающую в себя обмерные работы, фиксацию отклонений от первоначальных или проектных решений, выявление возникших дефектов и повреждений); выявить частоту замены крановых путей (срока службы для конкретных условий эксплуатации) на участках обследуемых подкрановых конструкций; сопоставить ранее выполненные съемки геодезических отклонений с вновь выполненными в рамках проводимых обследований; сопоставить ранее выполненные результаты обследований с вновь произведенными и проанализировать влияние на работу конструкций ранее выполненных усилений; сопоставить фактические нагрузки и воздействия с прогнозируемыми; обследовать качество материалов конструкций; проанализировать конструктивные решения стыков и соединений; обработать и проанализировать материалы обследований, а также выполнить проверочные расчеты; проанализировать и оценить техническое состояние конструкций; составить техническое заключение. Большинство из этих пунктов выполнить не представляется возможным по причине отсутствия технической документации на подкрановые конструкции. Поэтому, в подобных случаях, возникает необходимость в «восстановлении» технической документации на подкрановые конструкции, одной из которых является «проект кранового пути», включающий в себя [2]: рабочую документацию в виде планов, разрезов, узлов и деталей элементов и конструкций кранового пути, в том числе чертежи на комплектующие, а при необходимости, на установку путевого оборудования; «технические условия» (ТУ) на устройство эксплуатацию крановых путей; прочностной расчет элементов кранового пути; расчет на устойчивость для элементов кранового пути с учетом коэффициентов, отражающих сложные сопротивления (вертикальный, горизонтальный изгиб и кручение); документация на упоры тупиковые; в том числе рабочие чертежи для устройства заземления.

Экспериментальная часть

При «восстановлении» проектной документации на подкрановые конструкции возникает необходимость выполнения комплекса работ, связанных с обследованием несущих конструкций [3], основным компонентом которых является визуальное освидетельствование, содержащее:

- внешний осмотр конструкций,
- поэлементный осмотр и инструментальную проверку технического состояния элементов и узлов, их замер и геодезическую съемку фактического положения исследуемых конструкций.

Внешний осмотр позволяет уточнить конструктивную схему конструкций, а также фактическое состояние элементов и узлов, то есть определить общее качественное состояние конструкций, характер накопившихся дефектов и зоны с наибольшей степенью поврежденности конструкций, выявить фактические нагрузки и воздействия. Большое внимание при полном осмотре необходимо уделить одному или нескольким факторам отсутствия, среди которых исключение при изготовлении в монтаже, удаление при эксплуатации и др. элементов несущих и связевых конструкций. На основании результатов общего осмотра, должны быть определены участки для поэлементного диагностирования технического состояния конструкций и корректируется методика их обследования [4, 5, 6, 7, 8]. Полный осмотр конструкций необходимо проводить с рабочих площадок, оборудования мостовых кранов и т.д. и по возможности без установки специальных устройств и приспособлений.

Для выполнения обследования, нормативной документацией рекомендовано использовать следующие средства измерений:

- для определения ширины колеи кранового пути – стальная рулетка (в настоящее время широко применяются лазерные дальномеры необходимого класса точности);
- для определения прямолинейности – теодолиты;
- для контроля горизонтальности пути – нивелиры (нивелировка по головке направляющей).

Как показывает практика, использование геодезических приборов для такого рода измерений связано с определенными трудностями, таких как:

- сложность установки и выверки измерительного прибора на подкрановых путях;
- вибрация, передающаяся на конструкции крановых путей от работы различного технологического оборудования;
- недостаточность естественного освещения, а также другие производственные факторы, снижающие дальность измерений;
- опасность работы на высоте, связанная с необходимостью перемещения персонала по крановым путям для выполнения измерений;
- необходимость «перестановок» (тем более многократных) измерительного оборудования при выполнении обследования крановых путей большой протяженности, что усложняет обработку и снижает точность полученных данных;
- необходимость перерыва в работе подъемного сооружения на время проведения обследования и планово-восстановительного ремонта на достаточно длительное время.

Использование более современных, более точных, устойчивых к внешним воздействиям геодезических приборов уменьшает трудности, перечисленные выше.

Принципиальная схема устройства подкрановых путей приведена на рис. 1. Важным при обследовании подкрановых путей является вопрос изучения конструкции и крепления подкрановых путей к опорным конструкциям. Различают крепление рельсовых путей к железобетонной (рис. 2), и к стальной балкам (рис. 3). Поэлементный осмотр конструкций должен производиться с целью выявления и оценки дефектов, повреждений элементов и узлов, а также измерения их величин и привязка места их расположения. В зависимости от состояния конструкций, выявленных при общем осмотре, который может быть выборочным или общим. При общем осмотре оцениваются все узлы и детали на обследуемом участке. При выборочном осмотре на участках осматриваются элементы и узлы только в пределах нескольких шагов основных рам (причем размер участка должен быть не менее 20 % площади), в зоне с наибольшей интенсивностью технологических воздействий. В случаях обнаружения при выборочном

осмотре в конструкциях большого числа дефектов или, если после реконструкции планируется увеличить нагрузки и воздействия, то на этом участке необходимо провести сплошной детальный осмотр, до начала выполнения которого, элементы необходимо обеспылить, очистить от ржавчины и коррозии. На основании выборочных замеров разрабатываются обмерочные чертежи основных несущих элементов, включая поверочные расчеты с размерами. При отсутствии технической документации, на каждом из участков обследования и для каждой из групп обследуемых конструкций необходимо произвести обмеры не менее трех конструктивных элементов. Для обеспечения большой точности каждый элемент должен замеряться не менее, чем в трех местах.

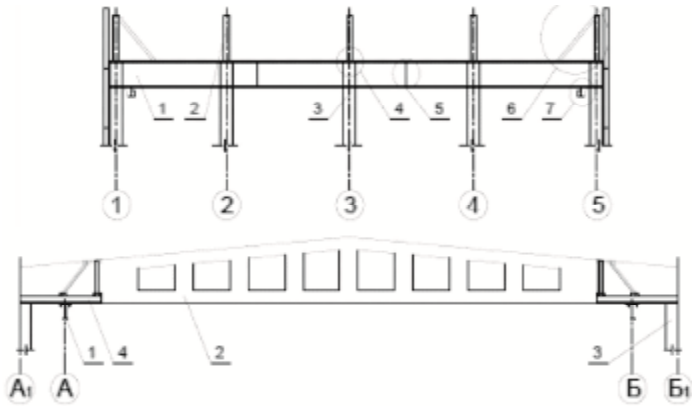


Рис. 1. Общий вид надземного кранового пути для мостовых кранов:
1 – направляющая кранового пути; 2 – стропильная ферма; 3 – колонна; 4– подвеска;
5 – стыковое скрепление; 6 – вертикальная связь; 7 –тупиковый упор;
А, А1, Б, Б1– продольные оси кранового пути; 1 … 5 – поперечные оси кранового пути

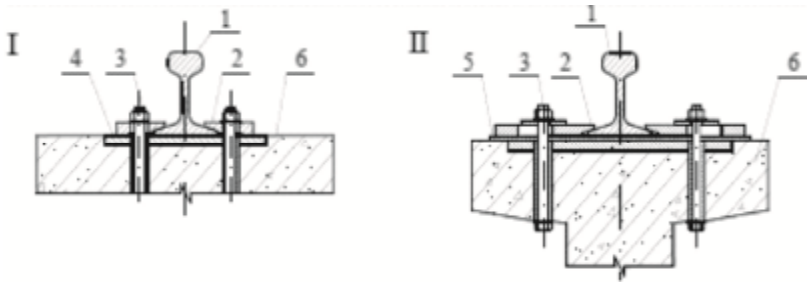


Рис. 2. Крепление рельсовых путей к железобетонной балке:
I нераздельно-разъемное жесткое; II – нераздельно-разъемное упругое; 1– направляющая (рельс);
2 – прижим; 3 – болтовое соединение; 4 – закладная деталь (подкладка);
5– упругая неметаллическая прокладка; 6 – ж/б балка кранового пути

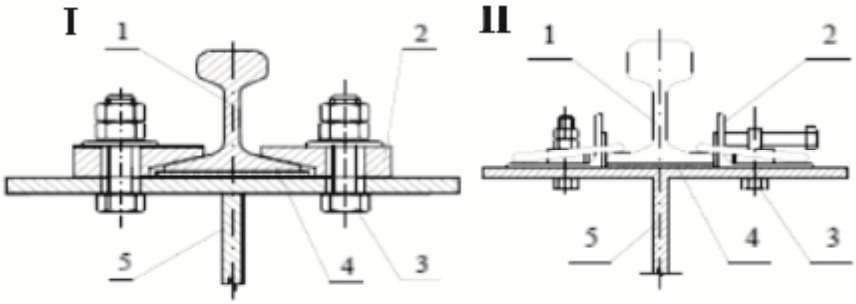


Рис. 3. Крепление рельсовых путей к металлической балке:
I – нераздельно-разъемное нерегулируемое; II – нераздельно-разъемное регулируемое;
1 – направляющая (рельс); 2 – прижим; 3 – болтовое соединение; 4 – упругая прокладка;
5 – стальная балка кранового пути

При «восстановлении» технической документации на подкрановые конструкции целесообразно совмещать работу экспертов, производящих комплексное обследование подкрановых конструкций, оценку их технического состояния, проектировщиков, а также работу специализированных аттестованных лабораторий для определения характеристик материалов из которых изготовлены основные элементы подкрановых конструкций. При составлении документации на основании обмеров возникают определенные сложности, связанные с тем, что в процессе многолетней эксплуатации подкрановые конструкции подвергались различной модернизации, зачастую идущей «в разрез» с современными нормами и требованиями по их проектированию и эксплуатации. Поэтому необходимо проведение поверочных расчетов фактически установленных подкрановых конструкций.

Таким образом, для проведения комплексного обследования подкрановых конструкций надземных крановых путей необходима проектная документация на них, которая зачастую отсутствует. «Восстановление» проектной документации на наш взгляд должно производиться при участии экспертов, производящих обследование технического состояния подкрановых конструкций.

Список библиографических ссылок

1. Приказ Ростехнадзора от 12.11.2013 № 533 (ред. от 12.04.2016) «Об утверждении Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Правила безопасности опасных производственных объектов, на которых используются подъемные сооружения» (Зарегистрировано в Минюсте России 31.12.2013 № 30992).
2. Кузьмишкин А.А. Выносливость металлических подкрановых конструкций – Пенза: Изд-во ПГУАС, 2009. – 164 с.
3. Дмитриев А.А., Мелешин Н.М., Первов Н.С., Гадальшин Н.М. Техническое диагностирование грузоподъемного крана как одно из критериев оценки его соответствия требованим промышленной безопасности // Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, 2016, № 2. – С. 48-49.
4. Анопин В.Н., Латенко В.Д. Особенности выполнения геодезических работ для оценки состояния подкрановых путей предприятий // Материалы Международной конференции, посвященной 80-летию строительного образования и 40-летию архитектурного образования Волгоградской области. – Волгоград, 2010. С. – 102-105.
5. Анненков Н.С., Черемисинов А.А. К вопросу об определении непрямолинейности рельсовых осей подкрановых путей. // Материалы межвузовской научно-практической конференции. – Волгоград, 2014. – С. 98-100.
6. Муганов С.А., Басов Э.В., Замуруев Н.В. Обследования и ремонт подкрановых путей // Международный научный журнал. Инновационная наука, 2016, № 2. – С. 115-117.
7. Логинов В.Л. Комплексной обследование надземных крановых путей // Промышленная и экологическая безопасность. Охрана труда, 2008, № 12. – С. 54-57
8. Аганичин А., Неелов В. Особенности комплексного обследования крановых путей // Промышленная и экологическая безопасность. Охрана труда, 2009, № 16. – С. 85-86.

Mavlyuberdinov A.R. – candidate of technical sciences, associate professor
E-mail: mazatr73@mail.ru
Biruleva D.K. – candidate of technical sciences, associate professor
E-mail: dila899@mail.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Operation of overhead crane tracks in enterprises of the construction industry

Resume

In the construction industry, namely in plants for the production of building materials, structures and products widely operating hoisting equipment (bridge cranes) are designed for lifting and moving loads inside plants and storage of finished products. Operation of lifting

equipment in a safe mode as well, the duration of their services mainly depends on the technical condition of crane structures. As a rule, many enterprises lack of project documentation in the crane design. In this regard, there is a need to «restore» the technical documentation on crane structures, one of which is «the project crane path».

When the «restoration» project documentation for the crane design is necessary to perform complex work related to inspection of supporting structures, the main component of which is the visual examination, including external examination of the structures, as well as detailed examination and instrumental inspection of technical condition of elements and components, their measurement, and surveying the actual situation of the investigated structures. In this case it is advisable to combine the work of experts, producing a comprehensive examination of the crane structures, assessment of their technical state, design engineers, as well as the specialized certified laboratories to determine the characteristics of the materials from which made the main elements of the crane structures. The result of this work is the design documentation for crane way.

Keywords: enterprises of construction industry, crane ways, overhead structure.

Referenc list

1. The order of Rostechnadzor dated 12.11.2013 No. 533 (ed. by 12.04.2016) «On approval of Federal norms and rules in the field of industrial safety safety Rules for hazardous production facilities which are used lifting facilities» (Registered in Ministry of justice of Russia 31.12.2013 № 30992).
2. Kuzmeski A.A. Endurance of metal crane structures. – Penza: publishing house of PGWS, 2009. – 164 p.
3. Dmitriev A.A., Malashin N.M. Pervov N.S., Gadelshin N.M. Technical diagnostics of load-lifting crane as one of the criteria for assessing its compliance trebovaniem industrial safety // Industrial and environmental safety, labor protection, 2016, №. 2. – P. 48-49.
4. Anopin V.N., Letenko V.D. Peculiarities of the geodetic work to assess the condition of runways, the enterprises // Materials of International conference dedicated to the 80th anniversary of the construction of education and the 40th anniversary of architectural education in Volgograd region. – Volgograd, 2010. – P. 102-105.
5. Annenkov N.S., Cheremisinov A.A. To the question of determining the misalignment of the axes of the rail crane tracks. // Proceedings of the interuniversity scientific-practical conference. – Volgograd, 2014. – P. 98-100.
6. Aganov S.A., Basov E.V., Zamuruev N.I. Inspection and repair of crane tracks // Mezhdunarodnyy nauchnyy zhurnal. Innovatsionnaya nauka, 2016, № 2. – P. 115-117.
7. Loginov V.L. Comprehensive survey of overhead crane tracks // Promyshlennaya i ekologicheskaya bezopasnost'. Okhrana truda, 2008, № 12. – P. 54-57.
8. Agaricin A., Neelov V. Features a comprehensive survey of crane rails // Promyshlennaya i ekologicheskaya bezopasnost'. Okhrana truda, 2009, № 16. – P. 85-86.

УДК. 621.8.028
Мудров А.Г. – доктор технических наук, профессор
E-mail: Alexmudrov42@rambler.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

Способ и устройство для приготовления цветного бетона

Аннотация

Предложены способ и устройство для приготовления цветного бетона. Способ основан на применении инерционного воздействия на смесь при сообщении ей пространственного движения с неравномерной угловой скоростью. Реализуется способ устройством, состоящем из двух спаренных пространственных механизмов со скрещенными осями шарниров и двух емкостей, совершающих встречное неравномерное движение, в результате чего под действием сложного движения и дополнительного инерционного воздействия интенсифицируется приготовление цветной бетонной смеси и одновременно уравновешивается устройство.

Ключевые слова: кривошипы, шатун, пространственный механизм, перемешивание, бетонная цветная смесь.

Введение

В строительной технологии находит применение цветной бетон при изготовлении тротуарной плитки, брусчатки, садовых бордюров, бортового камня и т.п. Придание определенного цвета бетону и изделий из него возможно в двух вариантах: окраска пигментами на стадии приготовления смеси, и внешняя окраска готового изделия красителем. Кратко отметим плюсы и минусы вариантов окрашивания.

При первом варианте происходит сквозное окрашивание пигментными красителями всего массива бетонной конструкции, чем обеспечивается долговечность окраски, сохранение цвета при истирании поверхности изделия, противодействие окружающей внешней среды: солнца, дождя, снега и т.д.

К недостатку этого способа относится большой расход красителя пигмента на стадии производства цветного бетона, но этот недостаток вполне окупается при использовании изделий.

При втором варианте краситель наносится только на поверхность готовых бетонных изделий. Этот способ дешевле первого, но при воздействии истирания, влаги, ультрафиолетовых лучей требует постоянной подкраски изделий.

Таким образом, для получения качественного цветного бетона предпочтительнее первый вариант окраски на стадии приготовления смеси, которому и посвящена данная статья.

Что касается способа приготовления смеси бетона, то в производстве используется способ перемешивания компонентов при постоянной режиме работы рабочей емкости, которая совершает вращение с постоянной угловой скоростью. При таком способе работы известные перемешивающие устройства не обеспечивают требований производства и технологий, так как процесс смешения протекает слабо и длителен во времени, энергоемок, а качество готовой смеси неудовлетворительное. Объясняется это тем, что обрабатываемый (перемешиваемый) материал имеет малую степень подвижности, а в центральной зоне объема емкости движение вообще незначительное (так называемая «мертвая зона»), т.е. некоторая часть материала не участвует в общем движении и не обрабатывается. Кроме всего, в устройствах этого типа имеются ограничения и на производительность, увеличение которой частотой вращения емкости не представляется возможным, поскольку выше критической частоты процесс обработки вообще прекращается.

Таким образом, неоспорима важность изыскания способов смешения материалов при более интенсивном взаимодействии компонентов с различными физико-механическими свойствами и эффективными устройствами для реализации этих способов.

Основная часть

Исходя из производственной потребности, нами предложен способ обработки (смешивание, механохимическая активация, измельчение и т.п.) материалов [1].

Суть способа заключается в том, что емкости, загруженной материалом, а при необходимости мелющими телами, сообщают сложное пространственное движение с неравномерной за оборот угловой скоростью. При этом амплитуду изменения угловой скорости на одном обороте выбирают в пределах 0,1…0,9 величины средней скорости, а частоту изменения в пределах 120…290 мин$^{-1}$.

Неравномерное пространственное сложное движение емкости способствует возникновению инерционных сил, которые улучшают условия взаимодействия частиц обрабатываемого материала, увеличивая силу воздействия на частицы материала, следовательно, ускоряется время обработки, одновременно повышается качество обработки конечного продукта. Силу дополнительного инерционного воздействия можно регулировать в широких пределах параметрами изменения угловой скорости: амплитудой, степенью неравномерности движения, частотой вращения емкости.

В результате энергонапряженность в обрабатываемой массе материала увеличивается и существенно интенсифицируется процесс обработки. В зависимости от физико-механических свойств материала и целей обработки выбирают режимы в пределах указанных диапазонов.

Предложенный способ с успехом можно применить и к образованию цветного бетона высокого качества на стадии приготовления смеси: практически стопроцентной однородности с глубоким проникновением пигментных красителей по всему объема массы цементной смеси.

Реализовать предложенный способ можно разными техническими средствами, из многообразия которых необходимо выбрать простое, надежное и эффективное устройство.

Из многочисленных плоских и пространственных механизмов будем изыскивать такой механизм, который бы удовлетворял всем требованиям реализации предложенного способа смесеобразования, т.е. рабочая емкость должна иметь сложное пространственное движение с переменной угловой скоростью в пределах одного оборота. Этим условиям отвечают пространственные механизмы, которые могут иметь в составе комбинацию кинематических соединений с цилиндрическими, вращательными, шаровыми и шаровыми с пальцем парами. Однако такие механизмы дороже в изготовлении, имеет ограниченную несущую силовую способность и низкий ресурс работы. Предпочтительнее иметь в составе механизмов только вращательные шарниры, оформляемые стандартными подшипниками качения, имеющими и высокий КПД.

Таким образом, для сообщения емкости устройства сложного пространственного движения будем изыскивать пространственный механизм только с вращательными шарнирами.

Для этой цели подходит механизм с тремя подвижными звеньями (два кривошипа и шатун) и стойкой.

Кинематическая схема механизма показана на рис. 1, модель механизма – на рис. 2.

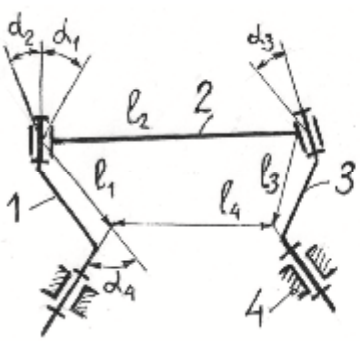


Рис. 1. Схема механизма

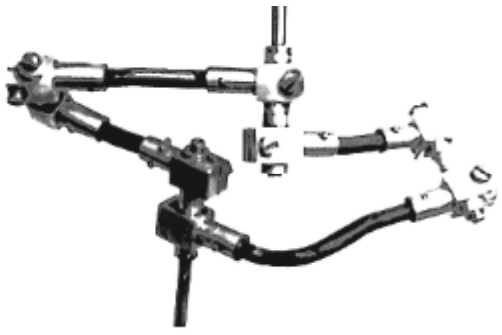


Рис. 2. Модель механизма

Механизм состоит из ведущего кривошипа 1 со скрещенными геометрическими осями шарниров под углом $\boldsymbol{\alpha_1}$, и отстоящими на кратчайшем расстоянии $\boldsymbol{\ell_1}$, шатуна 2, у которого оси шарниров скрещены под углом $\boldsymbol{\alpha_2}$ и расположены на длине $\boldsymbol{\ell_2}$.

Ведомый кривошип 3 имеет такие же параметры, как и ведущий кривошип 1, т.е. $a_3 = a_1$ и $\boldsymbol{\ell_3 = \ell_1}$. Оси вращения валов кривошипов 1 и 3 расположены шарнирно в стойке 4 под углом скрещивания $\boldsymbol{\alpha_4}$ и отстоят друг от друга на кратчайшем расстоянии $\boldsymbol{\ell_4}$, при этом параметры стойки и шатуна 2 одинаковы, т.е. $\boldsymbol{\ell_4 = \ell_2}$ **и** $a_4 = a_2$.

Параметры звеньев связаны между собой соотношением:

$$\boldsymbol{\ell_{1(3)} / \ell_{2(4)} = \sin a_{1(3)} / \sin \alpha_{2(4)}}. \quad (1)$$

В целях упрощения технологии изготовления звеньев целесообразно принимать угол скрещивания геометрических осей шарниров шатуна и стойки, равным 90^0, и кратчайшее расстояние между осями шарниров в пределах 150…250 мм.

При этом связь между параметрами звеньев определится выражением:

$$\boldsymbol{\ell_{1(3)} = \ell_{2(4)} \sin a_{1(3)}}. \quad (2)$$

При вращении ведущего кривошипа 1 с постоянной угловой скоростью, из-за структурных особенностей, ведомый кривошип 3 будет вращаться с переменной угловой скоростью, определяемой формулой:

$$w_3 = \frac{\cos a_1}{1 - \sin a_1 \cos j} w_1, \quad (3)$$

где α_1 –угол скрещивания геометрических осей шарниров кривошипов;

ω_1 – угловая скорость ведущего кривошипа;

φ – угол поворота ведущего кривошипа 1.

Характеризуется переменное движение ведомого кривошипа в пределах одного оборота коэффициентом неравномерности вращения, определяемое выражением:

$$d = \pm \frac{2 \sin a_1 \sin a_2}{\cos a_1 - \cos a_2} = \pm 2 tg a_1. \quad (4)$$

Как видно из выражения (4), коэффициент неравномерности зависит от значения угла α_1 скрещивания осей шарниров кривошипов.

Так как валы кривошипов 1 и 3 вращаются в перпендикулярно расположенных плоскостях, шатун 2, соединяющий шарнирно оба кривошипа, будет иметь сложное пространственное движение. При этом сторона шатуна, связанная с ведущим кривошипом имеет постоянную угловую скорость, а другая сторона, связанная с ведомым кривошипом, переменную угловую скорость в пределах одного оборота.

На базе этого механизма с тремя подвижными звеньями шатун будет выполнять функцию носителя рабочей емкости, которая будет крепиться к шатуну или сама емкость будет одновременно шатуном, к пальцам (цапфам) которой шарнирно будут соединяться кривошипы.

Однако при работе устройства неравномерное вращение ведомого кривошипа кроме положительного влияния на процесс обработки материала будет создавать неуравновешенный момент на станине устройства, создавая вибрации и колебания станины, что вредно и для обслуживающего персонала.

Для устранения колебаний от неравномерного вращения ведомого кривошипа и для увеличения производительности процесса обработки нами сконструировано устройство, в котором спарены два вышеописанных устройств с особыми конструктивными параметрами. Новизна устройства подтверждена авторским свидетельством на изобретение № 780871 [2]. Кинематическая схема устройства представлена на рис. 3.

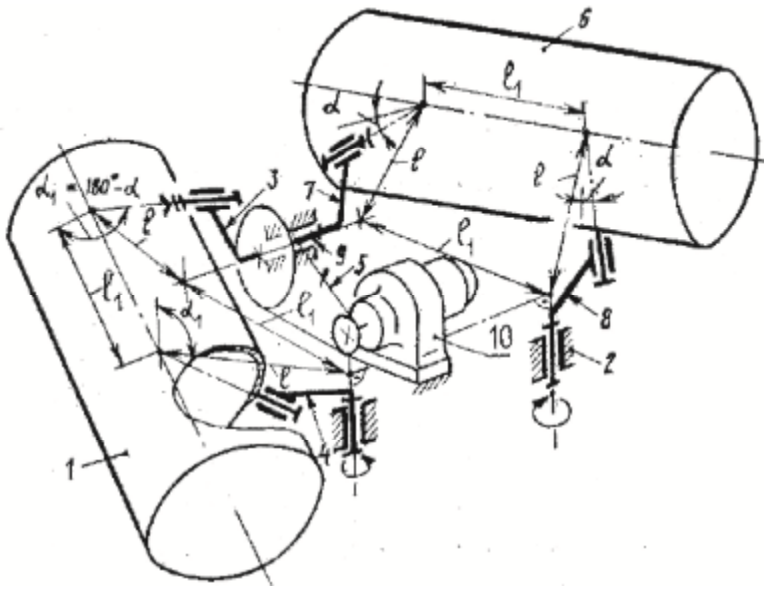


Рис. 3. Кинематическая схема устройства

Устройство содержит левую рабочую емкость 1, станину 2, в стаканах которой размещены валы вращения ведущего кривошипа 3 и ведомого 4. Вторая рабочая емкость (правая) 6 шарнирно соединена с ведущим кривошипом 7 и ведомым кривошипом 8. Вал ведущего кривошипа 3 левой емкости 1 и вал ведущего кривошипа 7 правой емкости 6 закреплены на общем ведущем валу 9. Привод устройства осуществляется от источника привода 10 (мотор-редуктор или электродвигатель с редуктором) через клиноременную передачу 5, один из шкивов которой закреплен на валу источника привода 10, а другой на общем валу 9.

Геометрическая ось общего вала 9 и геометрические оси валов ведомого кривошипа 4 и кривошипа 8 расположены под прямым углом и на кратчайшем расстоянии $\boldsymbol{\ell_1}$, так же расположены геометрические оси пальцев (цапф) емкостей 1 и 6, т.е. на расстоянии $\boldsymbol{\ell_1}$ и под прямым углом.

Параметры кривошипов 3 и 4 левой стороны и кривошипы 7 и 8 правой стороны имеют одинаковые кратчайшие расстояний $\boldsymbol{\ell}$ между геометрическими осями шарниров, угол скрещивания геометрических осей шарниров кривошипов 7 и 8 равен $\boldsymbol{\alpha}$, а таковой угол между геометрическими осями шарниров кривошипов 3 и 4 равен $\boldsymbol{(180^0 - \alpha)}$.

Параметры звеньев связаны между собой выражением $\boldsymbol{\ell = \ell_1 \sin\alpha}$ (здесь ℓ_1 – кратчайшее расстояние между пальцами (цапфами) емкостей 1 и 6 или расстояние между осями вращения валов ведущих и ведомых кривошипов).

При работе устройства вращение от источника привода 10 через клиноременную передачу 5 передается общему ведущему валу 9 с ведущими кривошипами 3 и 7, которые передают движение рабочим емкостям 1, 6 и ведомым кривошипам 4, 8. Благодаря структурным особенностям устройства рабочие емкости 1 и 6 имеют сложное пространственное движение, так как ведущие 3, 7 и ведомые 4, 8 кривошипы вращаются в перпендикулярных плоскостях, при этом одна из сторон емкостей вращается с постоянной угловой скоростью, а другая – с переменной, и вращение ведомых кривошипов происходит во встречном направлении.

Сложное пространственное неравномерное движение емкостей придает частицам материала турбулентное движение с дополнительным силовым инерционным воздействием, что и интенсифицирует процесс обработки смеси. Кроме этого, за счет структурного исполнения устройства, его ведомые кривошипы 4 и 8, с соединенными с ними частями емкостей 1 и 6, имеют встречное движение. В результате этого они создают одинаковые по величине, но противоположные по знаку инерционные моменты, которые уравновешивают друг друга и на станину не действуют.

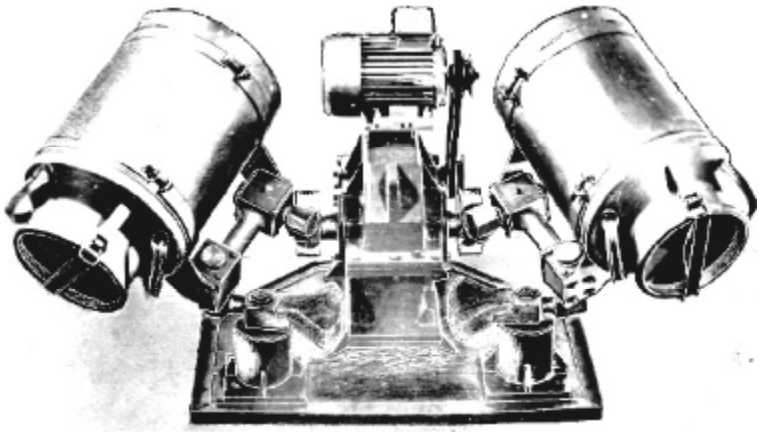


Рис. 4. Производственное устройство

На рис. 4 показано производственное устройство, которое упрощено в сравнении с кинематической схемой по рисунку 3 тем, что электродвигатель установлен на крышке редуктора, общий вал 9 со стойкой отсутствует, а ведущие кривошипы закреплены непосредственно на выходных валах редуктора.

Устройство включает: электродвигатель, клиноременную передачу, типовой редуктор с двумя выходными валами, на которых закреплены ведущие кривошипы, два шатуна, на которых закреплены две рабочие емкости (молочные бидоны), два ведомых кривошипа и станина с двумя стаканами.

Параметры устройства: $\alpha=22^0$, $\alpha_1=158^0$, $\ell=74{,}92$ мм, $\ell_1=200$ мм, вместимость емкостей 46 л (два молочных бидона), коэффициент неравномерности вращения ведомых кривошипов – 0,8, частота вращения ведущих кривошипов – 280 мин$^{-1}$.

Смешение бетонной смеси для изготовления отделочных плиток разного цветового оттенка проводилось в одном из кооперативов. Требуемое качество не получалось в смесителях с постоянной угловой скоростью. В данной конструкции устройства при частоте вращения кривошипов 280 мин$^{-1}$, коэффициенте заполнения 0,65 объема, смесь достигала требуемого качества за 2…3 мин работы. Эффективность работы устройства по всем показателям удовлетворила потребителя, и кооператив закупил два экземпляра, которые успешно использовались для изготовления отделочных плиток высокого качества.

Кроме приготовления цветного бетона устройство было успешно использовано: при смешении травяной муки с комбикормом, смешении поваренной соли с комбикормом, смешение жирорастворимых витаминов с комбикормом, протравливании зерна ядохимикатом, шлифовании семян сахарной свеклы, очистке и мойке корнеклубней (картофеля, свеклы, моркови и т.д.).

Подробные сведения о пространственных механизмах можно получить в литературе [3…7].

Выводы

1. Предложен высокоэффективный способ обработки материалов, заключающийся в том, что емкости, загруженной материалом, сообщают сложное пространственное движение с неравномерной за оборот угловой скоростью. При этом амплитуду изменения угловой скорости на одном обороте выбирают в пределах 0,1…0,9 величины средней скорости, а частоту изменения в пределах 120…290 мин$^{-1}$.

2. Предложено для реализации способа высокоэффективное многофункциональное устройство на базе двух объединенных определенным образом пространственных четырехзвенных механизмов с вращательными шарнирами, две емкости которых совершают сложное пространственное встречное неравномерное движение.

Следует отметить, что механизмы этой группы изучались отечественными и зарубежными учеными только теоретически. За 110 лет после открытия механизма (1903 г.) не было сведений об изготовлении не только производственного устройства, но и модели.

3. Многофункциональное устройство при производственной проверке показало высокие технико-экономические показатели на многих технологических процессах:

перемешивание бетонной смеси, перемешивание различных кормовых продуктов, протравливание семян, мойка корнеклубней, шлифование семян сахарной свеклы, откатка шкурок пушных зверей и т.п.

4. Хочется надеяться, что пространственные механизмы только с вращательными шарнирами войдут в арсенал создателей новой техники, будут внедряться в производство и будут раскрыты другие, новые и полезные функциональные свойства механизмов.

Список библиографических ссылок

1. Авт. св. СССР № 1292832. Способ механической обработки материалов / П.Г. Мудров, А.П. Гетманский, А.Г. Мудров и Ф.Д. Молчанов / МПК B 02 C 19/00, B 28 C 5/18. Заявлено 04.02.1985, опубл. 28.02.1987, Б.И. № 8. Заявители: Казанский сельскохозяйственный институт и Физико-технический институт АН УССР.
2. Авт. св. СССР № 780871. Смеситель / П.Г. Мудров, А.Г. Мудров. МПК B 01 F 9/02, заявка № 2586072/29-33; заявлено 03.03.1978, опубл. 23.11.1980, Бюл. № 43.
3. Мудров А.Г. Механизм Беннетта и использование его в технике: Изд-во КГСХА. – Казань, 1999. – 80 с.
4. Мудров А.Г. Пространственные механизмы с особой структурой: РИЦ «Школа», Казань, 2003. – 300 с.
5. Мудров А.Г. Пространственные механизмы с особой структурой (Исследование): РИЦ «Школа». – Казань, 2004. – 180 с.
6. Мудров А.Г. Практическое использование механизма Беннетта в технике / The Eigth IFToMM International Symposium on Theory of Machines and Mechanisms. SYROM 2001. Bucharest-ROMANIA, 2001, Vol. 11. – P. 221-228.
7. Мудров П.Г. Пространственные механизмы с вращательными парами: Изд-во Казанского университета. – Казань, 1976. – 264 с.

Mudrov A.G. – doctor of technical sciences, professor
E-mail: Alexmudrov42@rambler.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

A method and apparatus for making colored concrete

Resume

The article proposed method and device for the preparation of colored concrete.

The method is that the container loaded with material reported complex spatial motion with an irregular per revolution angular velocity. The amplitude of change of the angular velocity in a single revolution, selected in the range of 0,1...0,9 the value of the average speed and the frequency of the change within 120...290 min^{-1}.

The method is implemented by a device consisting of two coupled four-bar spatial mechanisms with crossed axes of hinges and two tanks, mounted on crank mechanisms. Sides of the housing, connected with the leading cranks have a constant angular velocity, and other parties associated with the slave cranks, a variable angular velocity, with capacity have opposite spin. As a result, they create the same in magnitude, but opposite in sign to the inertia moments, which balance each other on the bed and do not apply.

Under the action of complex, uneven spatial movement and an additional inertial effect intensify preparation of a colored concrete mix is balanced and at the same time the device. A method and apparatus are protected by copyright certificates on the invention.

Production test preparation colored concrete one hundred percent showed the uniform distribution of pigments of the dye throughout the volume of the mixture.

Multi-function device in addition to mixing the concrete mix showed high technical and economic indicators in other processes: mixing of different feed products, seed treatment, washing of root and tuber, grinding the seeds of sugar-beet haulage, skins of fur animals, etc.

Keywords: cranks, connecting rod, spatial mechanism, mixing, concrete color mix.

Reference list

1. Ed. SV. The USSR № 1292832. The method of mechanical processing of materials / P.G. Mudrov, A.P. Getmanskii, A.G. Mudrov and F.D. Molchanov / IPC 02 With 19/00, 28 With 5/18. Stated 04.02.1985, publ. 28.02.1987, B.I. № 8. Applicants: Kazan agricultural Institute and the Physico-technical Institute, Ukrainian Academy of Sciences.
2. Ed. St. USSR № 780871. Mixer / P.G. Mudrov, A.G. Mudrov, IPC F 01 B 9/02 application № 2586072/29-33. 03.03.1978, publ. 23.11.1980, bull. № 43.
3. Mudrov A.G. Bennett Mechanism and its use in engineering: publishing house KGSKHA. – Kazan, 1999. – 80 p.
4. Mudrov A.G. Spatial mechanisms with a special structure: RIC «SHKOLA». – Kazan, 2003. – 300 p.
5. Mudrov A.G. Spatial mechanisms with a special structure (Study): RIC «SHKOLA». – Kazan, 2004. – 180 p.
6. Mudrov A.G. The practical use of the mechanism of Bennett in the technique / The Eigth IFToMM International Symposium on Theory of Machines and Mechanisms. SYROM, 2001. – Bucharest: ROMANIA, 2001, Vol. 11. – P. 221-228.
7. Mudrov P.G. Spatial mechanisms with rotational pairs: Publishing house of Kazan University. – Kazan, 1976. – 264 p.

УДК 621.879.45
Семенов Д.А. – студент
E-mail: s7dmit@yandex.ru
Вахрушев С.И. – кандидат технических наук, доцент
E-mail: spstf@pstu.ac.ru
Пермский национальный исследовательский политехнический университет
Адрес организации: 614990, Россия, г. Пермь, ул. Комсомольский проспект, д. 29

Методика выбора земснаряда для выемки песчано-гравийной смеси со дна реки Кама

Аннотация

Приведена методика выбора земснаряда для выемки грунта (песчано-гравийной смеси, песка) со дна реки Кама по производительности. Представлена расчетная схема землесосного снаряда со всеми основными элементами. Описаны состав, принцип действия и область применения землесосных снарядов. Выявлен общий критерий при расчете землесосов – количество добытого материала за единицу времени.

На основе сравнения производительности и максимальной глубины выемки грунта отечественных землесосов Нижегородец-1, Нижегородец-2, ЗРС-М и зарубежного Beyer B550 даны рекомендации. На основании проведенного патентного исследования систематизированы основные пути увеличения производительности, описаны конкретные мероприятия по их осуществлению, а также выявлены преимущества и недостатки каждого способа.

Ключевые слова: земснаряд, производительность, пульпа, пульпопровод, напор, насос, рыхлитель, гидросмесь, намыв, грунт.

Несмотря на значительный опыт человечества в области выбора строительных машин, статистика аварий в добывающей промышленности наглядно демонстрирует необходимость в поэтапной комплексной системе выбора подходящего землесосного снаряда.

Подбор дноуглубительного снаряда наилучшего для определенной работы осуществляется по комбинации экономности, мощности и продуктивности.

Землесос применяется для добывания песка, глины, песчано-гравийной смеси и другого сырья. В Перми осуществляется добыча песчано-гравийной смеси на реках Чусовая и Косьва и речного песка на реке Кама. И от правильного выбора земснаряда зависит не только скорость выполнения работ, но и их стоимость.

Для проведения таких работ, как намыв грунтовых сооружений, очистка водоемов, сначала необходимо выбрать оптимальный по производительности земснаряд. Согласно государственному стандарту 17520-72 земснаряд – это механизм, предназначенный для добычи строительного сырья из русла водотока, функционирующий на основе поглощения пульпы и оснащенный различной аппаратурой, требующейся для выемки добываемого материала.

В основе действия землесосных снарядов лежит вытягивание гидросмеси со дна водоема. Устройство дноуглубительного снаряда продемонстрировано на рис. Основной рабочий орган землесоса – центростремительный насос, образующий вакуум и поднимающий пульпу через грунтосборный орган 1. Разработка нижних, более уплотненных слоев требует применения грунтозаборных устройств с различными типами рыхлителей. В практике механизации земляных работ широкое применение получили ковшовые чизели, состоящие из двух валов с перемещающейся между ними бриделью. При том части узлового соединенья ковшовой бридели драг (пальцев и втулок) при использовании значительно истираются, а благодаря необоснованному применению экологически опасной стали еще и наносится значительный материальный ущерб природе и обществу. Поэтому, необходимо использование других материалов для изготовления деталей черпаковой цепи либо применение грунтосборных приборов с другими видами рыхлителей [1-4]. Грунтосборный аппарат способен менять позицию (снижаться или повышаться) благодаря специальному подъемнику. По грунтосборному прибору

гидросмесь попадает в центробежную помпу 3, подающую пульпу в нагнетательный рефулер 4. Высота резорбции драг меняется в диапазоне от 2-3 до 40-50 м. Капилляры прикрываются металлической сеткой для защиты от камней и других объектов [5].

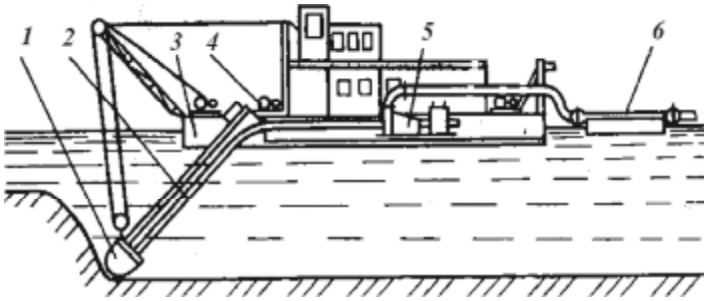


Рис. 1. Принципиальная схема землесосного снаряда:
1 – грунтозаборное устройство; 2 – всасывающий трубопровод; 3 – корпус;
4 – устройство для рабочих перемещений; 5 – грунтовый насос; 6 – напорный грунтопровод

На деятельность драги и сопутствующих строительных машин оказывает влияние множество обстоятельств: агрессивность окружающей среды, профессионализм работников, технология производства работ и др. Основную роль играют эксплуатационные расходы и количество выработанной продукции за единицу времени [6].

Основными параметрами ведения добычных работ земснарядом являются ширина заходки земснаряда, длина фронта работ, а также цикл работы и производительность земснаряда.

Ширина заходки земснаряда (м):

$$B = 2R_0 sin(\alpha/2), \quad (1)$$

где R_0 – расстояние между фрезой и осью напорной сваи при полностью выбранном ходе тележки (м);

α – угол поворота земснаряда вокруг оси сваи (град.).

Объём горных пород ($м^3$), который предстоит добыть из забоя, на месте одной стоянки земснаряда:

$$V_{заб} = B(R_0 - R_{min}), \quad (2)$$

где h_y – высота отрабатываемого уступа (м);

R_{min} – минимальное расстояние между фрезой и осью напорной сваи при черпании (м).

Длина фронта работ земснаряда обычно определяется, исходя из инвентарного парка понтонов плавучего пульповода (м):

$$L_ф = l_{зем} + nl_{зв} + l_{зв}/sin(\alpha/2) - \pi l_{зв}/(2d_1), \quad (3)$$

где $l_{зем}$ – длина корпуса земснаряда (м);

$l_{зв}$ – длина звена плавучего пульповода (м);

n – инвентарное количество звеньев плавучего пульповода;

α_1 – угол поворота шарового соединения плавучего пульповода (град.).

Экономически целесообразную длину фронта работ земснаряда необходимо определять из условия минимума суммы затрат, по статьям на которые оказывает влияние протяженность длины добычного фронта горных работ земснаряда:

$$\Sigma Z(L_ф) = A_0 + Z_т + Z_{рем} \rightarrow min, \quad (4)$$

где A_o – амортизационные отчисления на насосное и трубопроводное оборудование, стоимость которых определяется длиной фронта работ земснаряда (руб.);

$Z_Т$ – затраты на топливо, потребляемое насосным и транспортным оборудованием, объём потребления которого зависит от длины фронта работ земснаряда (руб.);

$Z_{рем}$ – избыточные затраты на ремонт насосного и трубопроводного оборудования, объём которых зависит от длины фронта работ земснаряда (руб.).

Цикл работы землесоса складывается из отработки дна выработки и передвижения к новому участку (мин):

$$T_{ц.зем} = T_{о.заб} + T_{пер.зем}, \quad (5)$$

где $T_{о.заб}$ – период времени, требующийся для передвижения земснаряда от забоя к забою (мин);

$T_{пер.зем}$ – период времени, требующийся для передвижения земснаряда от забоя к забою (мин).

Количество циклов работы земснаряда в течение смены:

$$N_{\text{ц.зем}} = T_{\text{см}} + T_{\text{ц.зем}}, \quad (6)$$

где $T_{\text{см}}$ – продолжительность рабочего времени смены (мин) [7].

Величина выработанной драгой продукции за единицу времени равна продуктивности центробежной помпы по водному раствору. Количество извлеченного из скважины водного раствора за единицу времени приводится в паспорте на помпу и обозначается – $Q_{\text{в}}$, м^3/ч.

Расчет $Q_{\text{гр}}$ – количества добытого земснарядом грунта за единицу времени следует производить в несколько стадий. Сначала определяется объем гидросмеси, перекачиваемой драгой за единицу времени – $Q_{\text{см}}$, (м^3/ч):

$$Q_{\text{см}} = \frac{Q_{\text{в}} r_{\text{в}}}{r_{\text{см}}}, \quad (7)$$

где $Q_{\text{в}}$ – количество извлеченного водного раствора за единицу времени, м^3/ч;
$\rho_{\text{в}}$ – отношение массы водного раствора к его объему, т/м^3;
$\rho_{\text{см}}$ – отношение массы гидросмеси к ее объему, т/м^3;

- при $\rho_{\text{в}}$ = 1,0 т/м^3:

$$Q_{\text{см}} = \frac{Q_{\text{в}}}{r_{\text{см}}}, \quad (8)$$

Определить отношение массы гидросмеси к ее объему возможно из выражения:

$$r_{\text{см}} = \frac{q + r_{\text{тв}}(1-m)}{q+(1-m)}, \quad (9)$$

где $\rho_{\text{тв}}$ – отношение массы извлекаемого материала к его объему, т/м^3;
q – предельные затраты водного раствора, м^3/ч;
m – доля объема пор материала, доли единицы.

Отношение массы гидросмеси к ее объему при добыче земляного сырья II сорта находится в интервале от 1,07 до 1,13 т/м^3. Это соответствует следующему интервалу значений количества извлеченной драгой гидросмеси за единицу времени:

$$Q_{\text{см max}} = \frac{Q_{\text{в}}}{r_{\text{см min}}}, \quad (10)$$

$$Q_{\text{см min}} = \frac{Q_{\text{в}}}{r_{\text{см max}}}. \quad (11)$$

Затем вычисляют количество грунта, извлеченного за час, (м^3/ч) по формуле:

$$Q_{\text{гр max}} = \frac{Q_{\text{см}}}{q+(1-m)}, \quad (12)$$

где q – предельные затраты водного раствора, м^3/ч;
m – доля объема пор материала, доли единицы.

Следующим шагом определяют количество добытого за месяц грунтового материала (м^3/ч) из выражения:

$$Q^{\text{м}}_{\text{гр}} = Q_{\text{гр}} N_{\text{дн}} n_{\text{см}} t K_{\text{см}} K_{\text{мс}} K_{\text{кар}}, \quad (13)$$

где $Q_{\text{гр}}$ – проектное количество извлеченного за час материала, м^3/ч;
$N_{\text{дн}}$ – число суток работы в месяц, определяется по дням недели с исключением 2-3 дней на предотвращение аварий;
$n_{\text{см}}$ – число дежурств в день (норма – 3 дежурства);
t – длительность дежурства, 8 ч;
$K_{\text{см}}$ – коэффициент расходования продолжительности смены, определяется методом перемещения материала;
$K_{\text{мс}}$ – коэффициент междусменных и других простоев (принимают 0,9);
$K_{\text{кар}}$ – коэффициент состояния вырабатываемого карьера.

Коэффициент применения драги в течение смены $K_{см}$ при методах гидронамыва: безмостовым и низконажимным (табл. 1):

$$K_{\text{кар}} = K_1 K_2 K_3, \quad (14)$$

где K_1 – коэффициент, учитывающий глубину водоема;
K_2 – коэффициент замусоренности водоема крупными объектами и корнями растений;

K_3 – корректирующий коэффициент по протяженности и высоте перемещения пульпы.

Величину глубины разрабатываемого слоя допускается принимать в зависимости от количества грунта, добытого за единицу времени (см. табл. 2).

Если глубина вырабатываемого слоя превышает 0,8 представленных значений, то $K_1 = 1,0$.

Если глубина слоя находится в пределах от 0,6 до 0,8 приведенных значений, то $K_2 = 0,95$.

Если глубина слоя разрабатываемого грунта опускается ниже 0,6 представленных значений, то $K_1 = 0,85$.

Таблица 1

Коэффициент применения землесоса в течение дежурства при безмостовым и низконажимным методах гидронамыва

Виды работ	$K_{см}$
Сбрасывание пульпы в водоем без обустройства ограждения	0,85
Перемещение грунта в насыпь с сооружением ограждения, с гидронамывом грунта на дно	0,8
Намывка широких объектов	0,75
Нанос узких сооружений	0,6

Таблица 2

Глубина разрабатываемого слоя для определенного количества добытого грунта

Количество добытого землесосом грунтового материала, м^3/ч	< 80	80-150	150-350	350-550
Глубина разрабатываемого слоя, м	2,4	3,2	4,8	6,4

Стандарты предусматривают использование землесосного снаряда в сравнительно чистых водоемах, где время очистки рефулера, центробежной помпы, черпаков в сумме менее 5 % продолжительности действия землесоса. В таком случае величина коэффициента $K_2 = 1,0$. В иных ситуациях K_2 изменяется в пределах от 0,79 до 0,98.

Наибольшую сложность представляет вычисление корректирующего коэффициента K_3. Этот показатель представляет собой смещение действительной точки работы пульповой помпы от проектной.

По ЕНиР на гидромеханизированные работы расстояние подачи гидросмеси по горизонтали и вертикали выявляется путем соотношения действительной и проектной удаленности и включением необходимых коэффициентов.

Корректирующий коэффициент K_3 принимает во внимание действительную протяженность прибрежного рефулера и его диаметр, зависящие от типа пульповой помпы, $K_3 = 0,85…1,1$.

Расчет протяженности пути транспортировки гидросмеси $L_п$, м с учетом ее передвижения по вертикали на величину h производят по формуле:

$$L_п = L_б + \Delta l h \pm 2\Delta L_{пл}, \quad (15)$$

где $L_δ$ – протяженность прибрежного рефулера, м, считая от пункта укладки грунта до места присоединения рефулера;

Δl – нормированная добавочная протяженность, учитывающая перемещение пульпы по высоте на 1 м;

h – расстояние подачи пульпы по вертикали, м;

$\Delta L_{пл}$ – разность действительной и проектной протяженностей рефулера;

2 – коэффициент, учитывающий соотношение предельных снижений давления в прибрежном и водном рефулерах.

В настоящее время на землесосах применяют пульповые помпы ГрАУ с количеством закаченного водного раствора за единицу времени $Q_в$ = 400, 800, 1600 м^3/ч.

Максимальные значения добычи грунтового материала II сорта за месяц для помп типа ГрАУ представлены с учетом корректирующих коэффициентов в табл. 3 в зависимости от состояния разрабатываемого водоема.

Таблица 3

Предельные объемы месячного намыва

Вид земснаряда	Пульповая помпа			Вычисленная величина добычи за месяц, м^3		Действительное значение добычи за месяц, м^3
	вид помпы	объем добытого водного раствора за единицу времени, м^3/ч	нажим, м	макс	мин	
Нижегородец-1	ГрАУ 400/20	400	20	24,2	5,6	19,2
Нижегородец-2	ГрАУ 800/40	800	40	48,4	11,2	36,0
ЗРС-М	ГрАУ 1600/25	1600	25	97,0	22,3	58,4

На основании требуемых месячных значений добычи материала $Q_{\text{пот гр}}{}^{\text{м}}$, (м^3/мес), подбирается вид и число землесосов, учитывая проектные технологические операции и продолжительности их выполнения:

$$Q_{\text{пот гр}}{}^{\text{м}} = \frac{W}{n_{\text{мес}}}, \quad (16)$$

где W – требуемое количество материала, м^3;

$n_{\text{мес}}$ – продолжительность выполнения технологических операций, месяц.

При подборе вида землесоса, в конечном объяснении требуется учитывать ряд вспомогательных показателей:

− величину погружения материалосборного устройства у конкретного землесоса;

− длину перемещения по разрабатываемому водоему;

− согласование геометрических параметров водоема и драги;

− возможность применения в месте добычи необходимого числа землесосов.

Необходимое число землесосов вычисляется по следующей формуле:

$$n_{\text{з}} = \frac{Q_{\text{пот гр}}{}^{\text{м}}}{Q_{\text{з гр}}{}^{\text{м}}}, \quad (17)$$

где $Q_{\text{пот гр}}{}^{\text{м}}$ – требуемое месячное значение добычи материала, м^3/мес;

$Q_{\text{з гр}}{}^{\text{м}}$ – количество, извлеченного за месяц материала, м^3/мес [8].

Анализируя приведенные выше методики расчета земснаряда, можно заметить, что в основе всех них лежит определение производительности.

Таким образом, при одинаковой максимальной глубине извлечения грунта и одинаковом напоре, выбор будет осуществляться по количеству выработанного земснарядом материала за единицу времени.

В Перми для разработки песчано-гравийных месторождений и добычи песка применяют разные виды землесосов, среди которых необходимо заметить землесосные снаряды фирмы Сапропель. Сравнение производительности и максимальной глубины выемки грунта отечественных землесосов Нижегородец-1, Нижегородец-2 и ЗРС-М с немецким земснарядом B550 компании Beyer GmbH представлено в табл. 4.

Таблица 4

Сравнительная характеристика земснарядов компании Сапропель и компании Beyer

Показатель	Тип землесосного снаряда			
	B550	Нижегородец-1	Нижегородец-2	ЗРС-М
Производительность по грунту, м^3/ч	600	40	80	160
Максимальная глубина разработки, м	100	8	11	16

Если невозможен более оптимальный выбор землесосного снаряда, то необходимо искать пути повышения производительности и максимальной глубины выемки грунта.

Будущее увеличение добычи землесосов, требующееся для развития всех отраслей промышленности, невообразимо без применения современных инновационных нетривиальных решений. Отечественные ученые уже начинают воплощать мечты в реальность [9].

На основе проведенного патентного исследования [10-19] можно выделить следующие методы повышения производительности:

− комплексная механизация и автоматизация систем управления земснарядом. Предусматривает установку контроллера порядка, суммирующего устройства, увеличителя сигнала, системы принятия решения, подключенной к измерителям нажима, герметичности, затрат гидросмеси. Производительность повышается за счет адаптации землесосного снаряда к реальным условиям. Основной недостаток – дороговизна;

− установка дополнительных грунтозаборных устройств. Например, установка второго нагнетателя, дополнительного грунтового насоса, устройство на всасывающей трубе шнекового конвейера, монтаж по всей длине грунтозаборного устройства ковшей, использование в качестве гидрорыхлителя нескольких гидроэкранов, оборудованных насадками для перемещения материала, ориентированными в направлении всасывающих зевов. Существенным минусом является то, что для установки такого оборудования потребуется дополнительное место, что приведет к увеличению размеров земснаряда и его стоимости;

− снижение потерь при транспортировке грунта за счет монтажа поплавков, поднимающих гидросмесь от места выемки до восходящего грунтопровода, закрепленного на подъемно-спусковом устройстве, оснащения черпаков каждого четного звена специальными вырезами для пропускания грунта из черпаков нечетных звеньев при их опорожнении. Минусом в данном случае будет смещение центра тяжести земснаряда из-за увеличения объема поднимаемого грунта, которое может привести к опрокидыванию земснаряда;

− монтаж защитных приспособлений (сеток) на грунтосборнике, сливного патрубка в верхней части поднимающей трубы, предохраняющих земснаряд от поломок и обеспечивающих более равномерную консистенцию гидросмеси.

Выводы

Приведена методика расчета и выбора земснаряда по объему работ и производительности по грунту. В результате анализа представленных методик расчета земснаряда было установлено, что решающим критерием при выборе землесосного снаряда является производительность. При сравнении отечественных земснарядов и их зарубежных аналогов был выявлен значительный разрыв в производительности и максимальной глубине выемки грунта. На основании патентного исследования были предложены различные способы повышения производительности, описаны конкретные мероприятия по их осуществлению, отмечены преимущества и недостатки каждого отдельного метода. Для увеличения объемов грунта, вынимаемого земснарядом со дна реки Кама и других водоемов города Перми, рекомендуется установка дополнительных грунтозаборных устройств (второго насоса), а также снижение потерь при транспортировке грунта путем монтажа специальных устройств (поплавков, черпаков с вырезами и др.). Максимальную глубину выемки грунта необходимости увеличивать нет, так как глубина реки Кама не превышает 29 м, а отечественные земснаряды способны работать на глубине до 30 м.

Список библиографических ссылок

1. Согин А.В., Штин С.М. Добыча сапропеля и возможности отечественных земснарядов // Горный информационно-аналитический бюллетень, 2011, Т. 6, № 1. – С. 130-137.
2. Загорский Я.В., Загорский В.К., Кусова И.В. Повышение долговечности интенсивно изнашивающихся деталей дорожно-строительных машин // Нефтегазовое дело, 2016, № 1. – С. 236-254.
3. Булгаков В.П., Уксунов Л.А., Цапко Л.А. Критерии выбора материала для шарнирных соединений черпаков земснарядов // Вестник Астраханского гос. техн. ун-та, 2011, № 3. – С. 141-143.
4. Петровский В.А., Рубан А.Р. Результаты исследования абразивного износа деталей черпаковой цепи земснаряда // Вестник Астраханского гос. техн. ун-та, 2014, № 1. – С. 94-99.

5. Иванов В.В. Анализ технологических мероприятий, обеспечивающих рациональную разработку обводненных месторождений песков и песчано-гравийной смеси // Концепт, 2013, № 34. – С. 2156-2160.
6. Луженкова О.С. Расчет эксплуатационных затрат земснаряда и обслуживающего его флота // Актуальные вопросы экономических наук, 2011, № 10. – С. 38-41.
7. Иванов В.В. Параметры ведения добычных работ земснарядами при разработке обводнённых месторождений песка // European research, 2015, № 7. – С. 10-11.
8. Согин А.В., Согин И.А., Кожевников Н.Н. Выбор земснаряда для производства работ по гидронамыву и расчистке водоемов // Горный информационно-аналитический бюллетень, 2012, Т. 8, № 1. – С. 11-17.
9. Бессонов Е.А. Методы повышения производительности земснарядов для условий Крайнего Севера // Горный информационно-аналитический бюллетень, 2011, Т. 6, № 1. – С. 116-124.
10. Земснаряд: пат. 92877 Рос. Федерация. № 2009145674/22; заявл. 09.12.2009; опубл. 10.04.2010. – 5 с.
11. Земснаряд для добычи сапропеля: пат. 71127 Рос. Федерация. № 2007140493/22; заявл. 31.10.2007; опубл. 27.02.2008. – 7 с.
12. Земснаряд: пат. 107193 Рос. Федерация. № 2011109805/03; заявл. 15.03.2011; опубл. 10.08.2011. – 4 с.
13. Сифонный земснаряд: пат. 112221 Рос. Федерация. № 2011132409/03; заявл. 01.08.2011; опубл. 10.01.2012. – 5 с.
14. Грунтозаборное устройство земснаряда: пат. 98434 Рос. Федерация. № 2010123130/03; заявл. 07.06.2010; опубл. 20.10.2010. – 8 с.
15. Земснаряд: пат. 122401 Рос. Федерация. № 2012131008/03; заявл. 19.07.2012; опубл. 27.11.2012. – 7 с.
16. Черпаковое устройство земснаряда: пат. 2434997 Рос. Федерация. № 2007116353/03; заявл. 03.05.2007; опубл. 27.11.2011. – 4 с.
17. Земснаряд: пат. 72993 Рос. Федерация. № 2007148283/22; заявл. 24.12.2007; опубл. 10.05.2008. – 5 с.
18. Черпаковое устройство земснаряда: пат. 125589 Рос. Федерация. № 2012127521/03; заявл. 02.07.2012; опубл. 10.03.2013. – 18 с.
19. Черпаковое устройство земснаряда: пат. 2426838 Рос. Федерация. № 2010130522/03; заявл. 20.07.2010; опубл. 20.08.2011. – 4 с.

Semenov D.A. – student
E-mail: s7dmit@yandex.ru
Vahrushev S.I. – candidate of technical sciences, associate professor
E-mail: spstf@pstu.ac.ru
Perm National Research Polytechnical University
The organization address: 614990, Russia, Perm, Komsomolsky pr., 29

Method of selection of the dredger for dredging sand and gravel from the bottom of the River Kama

Resume

In the context of the raging worldwide economic crisis, taking into account the need to ensure continued economic development, reduce pollution, economical use of all resources and technology, the subject of a rational choice of construction machinery and equipment is becoming more important.

The relevance of the article is to develop procedures for the selection of the dredger for dredging sand and gravel from the bottom of the Kama River, providing a reduction of performance time, reduction of material costs for the preparation and execution of works, minimizing potential accidents dredge, as well as reducing the negative impact on the ecology of the reservoir.

In order to solve this problem, the domestic and foreign dredgers Nizhegorodets-1, Nizhegorodets-2, ZRS-M, Beyer B550, the formulas for calculation of these parameters were

analyzed, presented the design scheme and operation of the dredge was conducted patent research, based on which have been proposed various methods for improving productivity, revealed their advantages and disadvantages.

The article is devoted to a rational choice of a dredger on the basis of a systematic approach, which consists in selecting the dredger performance by calculating the main parameters. When comparing the domestic and foreign dredgers was identified a significant gap in a number of characteristics, such as performance and maximum depth of excavation. Therefore, on the basis of the modern Russian development recommendations for the introduction of innovative technology resources and increase the efficiency of the dredger in order to increase the volume of soil excavated from the bottom of dredger Kama rivers and other water bodies of the city of Perm and the Perm region.

Keywords: dredger, capacity, sludge, slurry pipeline, pressure, pump, cultivator, slurry, alluvium, soil.

Reference list

1. Sogin A.V., Shtin S.M. Extraction of sapropel and the possibility of domestic dredgers // Gornyi informatsionno-analiticheskii biulleten', 2011, V. 6, № 1. – P. 130-137.
2. Zagorskii Ia.V., Zagorskii V.K., Kusova I.V. Increase of durability of wearing parts intensively road-building machines // Neftegazovoe delo, 2016, № 1. – P. 236-254.
3. Bulgakov V.P., Uksunov L.A., Tsapko L.A. Criteria for selection of the material for the hinged joints buckets dredgers // Vestnik Astrakhanskogo gos. tekhn. un-ta, 2011, № 3. – P. 141-143.
4. Petrovskii V.A., Ruban A.R. Study of abrasion parts chain dredger scoop // Vestnik Astrakhanskogo gos. tekhn. un-ta, 2014, № 1. – P. 94-99.
5. Ivanov V.V. Analysis of technological measures to ensure the rational development of flooded deposits of sand and gravel sand // Kontsept, 2013, № 34. – P. 2156-2160.
6. Luzhenkova O.S. The calculation of the operating costs of the dredger and its maintenance fleet // Aktual'nye voprosy ekonomicheskikh nauk, 2011, № 10. – P. 38-41.
7. Ivanov V.V. reference parameters dredgers mining operations in developing water-bearing sand deposits // European research, 2015, № 7. – P. 10-11.
8. Sogin A.V., Sogin I.A. Kozhevnikov N.N. Selecting dredger for the production of works on clearing ponds and gidronamyvu // Gornyi informatsionno-analiticheskii biulleten', 2012, V. 8, № 1. – P. 11-17.
9. Bessonov E.A. Methods to improve the performance of dredgers for the conditions of the Far North // Gornyi informatsionno-analiticheskii biulleten', 2011, V. 6, № 1. – P. 116-124.
10. Dredger: pat. 92877 of the Rus. Federation. № 2009145674/22; appl. 09.12.2009; publ. 10.04.2010. – 5 p.
11. Dredger for mining sapropel: pat. 71127 of the Rus. Federation. № 2007140493/22; appl. 31.10.2007; publ. 27.02.2008. – 7 p.
12. Dredger: pat. 107193. of the Rus. Federation. № 2011109805/03; appl. 15.03.2011; publ. 10.08.2011. – 4 p.
13. The siphon dredger: pat. 112221 of the Rus. Federation. № 2011132409/03; appl. 01.08.2011; publ. 10.01.2012. – 5 p.
14. The soil device dredger: pat. 98434 of the Rus. Federation. № 2010123130/03; appl. 07.06.2010; publ. 20.10.2010. – 8 p.
15. Dredger: pat. 122401 of the Rus. Federation. № 2012131008/03; appl. 19.07.2012; publ. 27.11.2012. – 7 p.
16. The device scoop dredger: pat. 2434997 of the Rus. Federation. № 2007116353/03; appl. 03.05.2007; publ. 27.11.2011. – 4 p.
17. Dredger: pat. 72993 of the Rus. Federation. № 2007148283/22; appl. 24.12.2007; publ. 10.05.2008. – 5 p.
18. The device scoop dredger: pat. 125589 of the Rus. Federation. № 2012127521/03; appl. 02.07.2012; publ. 03/10/2013. – 18 p.
19. The device scoop dredger: pat. 2426838 of the Rus. Federation. № 2010130522/03; appl. 20.07.2010; publ. 20.08.2011. – 4 p.

УДК 614.8.084:699.887
Хузиахметов Р.А. – кандидат технических наук, доцент
E-mail: hroustam@mail.ru
Хузиахметова К.Р. – студент
E-mail: karina261996@mail.ru
Шарапова Н.Б. – студент
E-mail: nellyasharapova@rambler.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1

Обеспечение повышения уровня безопасности труда при организации и выполнении строительных работ

Аннотация

Строительное производство является одной из наиболее травмоопасных отраслей промышленности, что связывается с большим количеством действующих производственных факторов, которые носят постоянный характер или присутствуют потенциально, чем усугубляют высокий уровень профессиональных рисков.

Обоснование актуальности проблемы повышения уровня безопасности труда в строительстве следует из рассмотрения статистических данных из официальных российских источников. Проанализирована информация за период с 1980 года до наших дней по количеству работающих во вредных и опасных условиях, и последствий по травматизму (включая и смертельный исход) и профессиональным заболеваниям. Ясно видно существование проблем в области обеспечения безопасности труда, хотя и имеет место количественное снижение абсолютных значений основных параметров статистической оценки безопасности трудовых процессов.

В статье обосновывается необходимость разработки методического руководства по организации и выполнению работы в области охраны труда при осуществлении строительно-монтажных работ на строительных площадках и при практической организационной деятельности строительных предприятий.

Ключевые слова: несчастный случай, производственный травматизм, безопасность и охрана труда, нормативно-техническая документация, обучение, подготовка по безопасности труда, контроль.

Введение

Строительное производство является одной из наиболее травмоопасных отраслей промышленности, что связывается с большим количеством действующих производственных факторов, которые носят постоянный характер или присутствуют потенциально, чем усугубляют высокий уровень профессиональных рисков.

Начатая еще в советский период истории современной России перестройка привела к разрушению относительно стабильно работавшей системы охраны труда, хотя и тогда существовал высокий уровень производственного травматизма.

В таблице 1 приведена статистика производственного травматизма за период с 1980 по 2014 годы. Если взять из этой же таблицы относительные численные величины из графы «на 1000 работающих», то с 1980 года к 1990 году снижение было тоже почти в 1,3 раза (со смертельным исходом в 1,4 раза), в 2000 году соответственно более, чем в 1,6 раза (почти в 1,3 раза), в 2014 году соответственно в 6 раз (более чем в 2,7 раза). Причем, показатель общего травматизма «на 1000 работающих» стабильно снижался с 8,4 до 6,3 в 1993 году, стабильно держался в период с 1994 по 2000 годы (кроме 6,3 в 1996 году). Далее до 2014 года наблюдалось снижение в 1,4 раза.

Показатель смертельного травматизма «на 1000 работающих» с 0,183 в 1980 году стабильно снижался до 0,128 в 1991 году. Далее он сначала повысился в 1992 году до 0,131, в 1995 году до 0,138, в 1996 году до 0,155 с последующим стабильным снижением в 2014 году до 0,067 (кроме всплеска в 2000 году до 0,149).

Прокомментированные данные табл. 1 позволяют предположить, что, начатая еще в советский период истории современной России, перестройка привела к разрушению относительно стабильно работавшей системы охраны труда. Хоть и тогда существовал высокий уровень производственного травматизма, но он постепенно снижался с течением

времени не из-за улучшения состояния охраны труда, а, наоборот, из-за исторических революционных преобразований в политической и экономической жизни страны и с появлением тогда же официально признанной безработицы. Однако, данное умозаключение требует своего изучения в дальнейшем.

Таблица 1

Травматизм на производстве за период 1980-2014 гг[*] (человек)

Годы	Численность пострадавших при несчастных случаях на производстве с утратой трудоспособности на один рабочий день и более и со смертельным исходом		Численность пострадавших при несчастных случаях на производстве со смертельным исходом	
	всего, тыс.	на 1000 работающих	всего	на 1000 работающих
1980	570	8,4	12349	0,183
1985	456	6,6	9819	0,142
1990	432	6,6	8393	0,129
1991	406	6,5	8032	0,128
1992	364	6,2	7655	0,131
1993	343	6,3	7574	0,139
1994	300	5.9	6770	0,133
1995	271	5,5	6789	0,138
1996	213	6,1	5378	0,155
1997	185	5,8	4734	0,148
1998	158	5,3	4296	0,142
1999	153	5,2	4259	0,144
2000	152	5,1	4404	0,149
2005	78	3,1	3091	0,124
2010	48	2,2	2004	0,094
2011	44	2,1	1824	0,086
2012	40	1,9	1820	0,084
2013	36	1,7	1699	0,080
2014	31	1,4	1456	0,067

[*]Таблица составлена с использование данных [1-14]

Таблица 2

**Удельный вес численности работников,
занятых во вредных и опасных условиях труда за 1990-2000 годы [1]
(на конец года; в процентах от общей численности работников соответствующей отрасли)**

	Годы										
	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
Работали в условиях, не отвечающих санитарно-гигиеническим нормам											
промышленность	17,8	21,4	21,4	21,6	21,4	21,2	21,3	21,2	21,4	21,3	21,7
строительство	6,9	8,5	7,9	8,6	8,7	8,9	9,6	9,7	9,9	9,9	10,1
транспорт	7,8	10,2	10,5	11,4	11,0	10,0	9,8	10,2	10,0	11,2	12,4
связь	…	5,9	3,9	3,5	3,4	3,2	3,4	3,0	2,8	2,5	2,6
Заняты тяжелым физическим трудом											
промышленность	2,7	2,8	2,7	2,9	2,7	2,7	2,7	2,8	2,9	3,0	3,2
строительство	2,8	3,0	2,8	3,3	3,6	3,8	3,8	3,9	4,2	4,2	4,3
транспорт	1,1	1,5	1,0	1,1	1,0	1,0	1,0	0,9	1,0	1,6	2,6
связь	…	0,3	0,2	0,3	0,2	0,2	0,4	0,4	0,3	0,2	0,2
Работали на оборудовании, не отвечающем требованиям безопасности											
промышленность	…	1,8	1,5	1,1	1,0	0,7	0,6	0,6	0,5	0,5	0,4
строительство	…	0,4	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1
транспорт	…	0,9	0,5	0,4	0,4	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1
связь	…	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Следует вспомнить трагедии всесоюзного масштаба 80-х годов XX века: Чернобыльская авария на атомной электростанции в 1986 году (показателей по 1988 году в табл. 1 не имеется); взрыв 3 железнодорожных вагонов со взрывчаткой вблизи станции Арзамас-1 (пострадало 1500 человек, 91 человек погибли); взрыв газа на трубопроводе в Башкортостане в 1989 году, когда пострадали 1198 пассажиров и железнодорожников двух пассажирских составов поездов из 1370 пассажиров и 86 железнодорожников (из них 575 человек погибли).

Таблица 3

Удельный вес численности работников, занятых на работах с вредными и (или) опасными условиями труда, в государственных и негосударственных организациях[1] за 2010-2014 гг[*] (на конец года; в процентах от общей численности работников, соответствующего вида экономической деятельности)

	Годы									
	2010		2011		2012		2013		2014	
	государственная собственность	негосударственная собственность	государственная собственность	негосударственная собственность	государственная собственность	негосударственная собственность	государственная собственность	негосударственная собственность	государственная собственность	негосударственная собственность
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**
Занятые на работах с вредными и (или) опасными условиями труда[2)]										
добыча полезных ископаемых	42,5		45,3		46,2		46,8		57,1	
	36,2	42,5	40,4	45,3	44,0	46,2	36,1	46,9	48,9	57,2
обрабатывающие производства	29,6		32,1		34,1		34,4		41,1	
	24,5	30,3	25,6	32,1	25,8	34,1	30,6	34,8	35,7	41,6
производство и распределение электроэнергии, газа и воды[3)]	32,9		33,4		33,9		32,8		39,2	
	31,6	33,7	29,9	35,0	29,6	35,8	28,5	35,1	37,7	65,7
строительство	18,5		20,2		21,7		23,6		35,6	
	24,6	17,6	28,2	20,7	29,7	11,3	31,0	22,5	38,2	35,2
транспорт и связь	26,5		27,2		27,7		26,9		33,9	
	28,8	23,1	30,2	23,2	31,7	22,7	30,8	22,3	38,0	29,1
добыча полезных ископаемых	1,5		1,8		1,6		1,4		...	
	0,1	1,5	0,2	1,8	0,5	1,6	0,3	0,6	...	
обрабатывающие производства	0,5		0,5		0,6		0,6		...	
	0,1	0,5	0,2	0,6	0,2	0,6	0,3	0,5	...	...
производство и распределение электроэнергии, газа и воды[3)]	0,6		0,6		0,7		0,8		...	
	0,3	0,8	0,3	0,8	0,4	0,8	0,5	1,3	...	...
строительство	0,3		0,3		0,2		0,2		...	
	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,3	0,2	...	...
транспорт и связь	0,2		0,1		0,2		0,2		...	
	0,1	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	,2	,3	…	...
Занятые под воздействием факторов трудового процесса – **тяжести**										
добыча полезных ископаемых	22,8		25,5		26,6		27,4		29,8	
	14,1	22,9	18,8	25,5	22,8	26,7	11,6	27,5	25,5	29,8
обрабатывающие производства	9,1		10,5		11,6		12,4		14,6	
	24,5	30,3	6,5	11,0	6,9	12,1	30,6	34,8	35,7	41,6
производство и распределение электроэнергии, газа и воды[3)]	9,8		10,7		11,4		11,2		13,1	
	10,0	9,8	10,3	10,9	11,3	11,5	10,8	11,4	12,6	13,3
строительство	11,5		13,0		14,5		15,0		18,8	
	13,0	11,3	14,2	12,8	16,3	14,2	16,8	14,7	19,3	18,8
транспорт и связь	10,6		11,0		11,3		10,8		12,8	
	12,9	7,2	13,3	7,9	13,5	8,6	12,4	9,0	14,2	11,1
Занятые под воздействием факторов трудового процесса – **напряженности**										
добыча полезных ископаемых	15,7		17,5		17,1		16,6		14,6	
	9,2	15,8	9,7	17,6	11,0	17,1	12,3	16,6	17,1	14,5
обрабатывающие производства	5,8		6,1		6,3		6,0		5,0	
	5,6	5,9	5,6	6,2	6,9	6,2	5,4	6,1	4,2	5,0
производство и распределение электроэнергии, газа и воды[3)]	8,3		8,7		8,9		8,9		7,8	
	7,1	9,0	6,7	7,9	7,4	8,6	7,5	9,6	6,8	8,3
строительство	7,1		7,9		8,6		8,0		7,8	
	7,2	7,1	7,2	8,0	8,6	8,6	9,0	8,0	8,1	7,7
транспорт и связь	13,7		14,4		14,9		14,5		13,9	
	15,4	11,3	16,3	11,8	17	12,1	16,4	12,4	16,1	11,4

[*]Таблица составлена с использование данных [2-6]

[1)]Данные по государственной собственности приведены с учетом муниципальной собственности.

[2)] До 2014 г. – занятые в условиях, не отвечающих гигиеническим условиям труда.

[3)] С 2013 г. включая деятельности по обеспечению работоспособности электрических и тепловых сетей, распределения газообразного топлива и воды.

Основная часть

В Российской Федерации с истоком из советских времен сохраняется высокий уровень численности работников, занятых во вредных и опасных условиях труда. Наиболее проблемными являются такие отрасли как, промышленность в целом, строительство, транспорт и связь (табл. 2-3).

Большое количество работников занято на работах с вредными и (или) опасными условиями труда. При этом в период1990 по 2000 годы в промышленности это число не доходило до 22 % от общего числа занятых в промышленности, то с 2010 по 2014 годы их количество колеблется от 30 % до 57 % в зависимости от отрасли. Например, при добыче полезных ископаемых во вредных и опасных условиях в 2010-2013 годах было чуть менее 47 %, а в 2014 году цифра превысила 57 %. В строительстве в 1990-2000 годах показатели были не более 10 %, в 2010-2013 года достигали почти 24 %, а в 2014 году – более 35 %. На транспорте и связи показатель колебался в 1990-2000 годах и 2010-2014 годах на уровне 12-15 %.

В 1990 году в промышленности 1,8 % работников были заняты работой на оборудовании, не отвечающем требованиям безопасности, а к 2000 году их число уменьшилось до 0,4 %. В строительстве за эти годы было снижение с 0,4 % до 0,1 %, а на транспорте – с 0,9 % до 0,1 %. В период с 2010 по 2014 годы на оборудовании, не отвечающем требованиям охраны труда, в зависимости от отрасли, работали от 0,3 % до 1,8 % работников, в строительстве – 0,2-0,3 %, на транспорте – 0,2 %.

Тяжелым физическим трудом в период с 1990 по 2000 годы в промышленности занимались от 2,7 % до 3,2 % работников, в строительстве – от 2,7 % до 4,3 %. На транспорте и в связи цифры снизились с 1,1 % до 0,1 %. В период 2010 по 2014 годы в промышленности, в зависимости от отрасли, было занято от 10 % до 30 % работающих, в строительстве – от 11,5 % до 18,8 %, на транспорте и в связи – от 10,6 % до 12,8 %.

Из данных табл. 3 следует, что в обрабатывающем производстве в 2014 году было занято 5,0 % работников (минимальное значение), а при добыче полезных ископаемых в 2011 году – 17,5 % работников (наибольшее значение). В строительстве напряженным является труд 7-8 % работников, на транспорте и в связи – 13,5-15 % работников.

На сегодняшний день можно сказать, что в новой России десятилетиями сохраняется высокий уровень травматизма в строительной отрасли (табл. 4-5). К тому же сейчас в строительном бизнесе занято не просто большое число участников, а значительно большее, чем в прошлые годы. Тогда в строительном производстве, начиная от изыскания и проектирования, до собственно строительства и эксплуатации возведенных объектов, принимали участие крупные, средние и малые, но всегда укомплектованные, строительные организации с профессионально-подготовленными инженерными и рабочими кадрами. В составе организаций в обязательном порядке имелись службы охраны труда.

Таблица 4

Численность пострадавших на производстве по отраслям экономики за 1999-2000 [1]

	Всего	из них				
		промышленность	сельское хозяйство	лесное хозяйство	строительство	транспорт
	Тысяч человек					
Всего пострадавших на производстве						
1999	153,1	65,5	46,7	1,4	11,6	11,2
2000	151,8	66,8	43,2	1,2	12,3	11,0
в т.ч. со смертельным исходом						
1999	4,26	1,61	1,04	0,06	0,63	0,46
2000	4,40	1,67	1,01	0,06	0,70	0,47
	На 1000 работающих					
Всего пострадавших на производстве						
1999	5,2	5,6	8,9	5,1	5,3	3,7
2000	5,1	5,5	8,7	4,6	5,5	3,7
в т.ч. со смертельным исходом						
1999	0,144	0,137	0,199	0,210	0,291	0,151
2000	0,149	0,138	0,204	0,232	0,318	0,156

Таблица 5

Численность пострадавших на производстве по видам экономической деятельности*

	Всего	По видам экономической деятельности					
		сельское хозяйство, охота и лесное хозяйство	добыча полезных ископаемых	обрабатывающие производства	производство и распределение электроэнергии, газа и воды	строительство	транспорт и связь
	Тысяч человек						
Всего пострадавших на производстве							
2005	77,7	15,9	4,9	28,9	3,1	7,2	7,9
2010	47,7	6,1	2,8	18,7	2,2	4,6	5,9
2012	40,4	4,4	2,2	15,7	1,9	3,8	4,9
2013	35,6	3,6	2,1	13,7	1,6	3,3	4,5
2014	31,3	3,2	1,7	11,8	1,5	2,7	4,2
в том числе со смертельным исходом							
2005	3,1	0,6	0,3	0,8	0,2	0,5	0,4
2010	2,0	0,3	0,3	0,5	0,2	0,4	0,3
2012	1,8	0,2	0,2	0,4	0,1	0,4	0,2
2013	1,7	0,2	0,2	0,4	0,1	0,3	0,2
2014	1,5	0,2	0,2	0,4	0,1	0,3	0,2
	На 1000 работающих						
Всего пострадавших на производстве							
2005	3,1	5,3	4,7	3,6	1,7	4,4	2,2
2010	2,2	3,6	3,0	2,9	1,3	3,0	1,8
2012	1,9	2,9	2,3	2,5	1,1	2,5	1,5
2013	1,7	2,6	2,1	2,2	0,9	2,2	1,4
2014	1,4	2,3	1,8	1,9	0,9	1,9	1,3
из них со смертельным исходом							
2005	0,124	0,198	0,279	0,096	0,107	0,312	0,112
2010	0,094	0,172	0,274	0,072	0,089	0,234	0,086
2012	0,084	0,153	0,205	0,064	0,079	0,231	0,073
2013	0,080	0,157	0,182	0,066	0,073	0,215	0,067
2014	0,067	0,129	0,159	0,057	0,064	0,193	0,064

*Таблица составлена с использование данных [2-6].

Работа в условиях, относящихся к вредным и опасным, в большей степени может привести к появлению у работников профессиональных заболеваний. Статистика по профессиональным заболеваниям приведена в табл. 6. В данной таблице показатель «Численность больных с впервые установленным профессиональным заболеванием (отравлением)» имеет очень серьезный смысл, чем просто статистический термин. Он означает ежегодный прирост нарастающим итогом численности работников к тому количеству, которое было установлено в предшествовавшие годы. Общего количества людей в стране с заболеваниями, относящимися к профессиональным, официальная статистика не выдает. Очевидно, это является достаточно сложным, поскольку, во-первых, следует учитывать, что профессиональное заболевание полностью излечить невозможно и поддерживается только определенный уровень состояния здоровья человека с таким диагнозом. Во-вторых, для достоверности информации требуются сведения о продолжительности жизни и смертности в этой группе людей из-за профессионального заболевания, болезнь которых когда-то была связана с профессиональным заболеванием, установленным во все предшествовавшие годы.

Таблица 6

Профессиональные заболевания (отравления) за 1980-2014 гг.[1*](человек)

	Годы											
	1980	1985	1990	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Численность больных с впервые установленным профессиональным заболеванием (отравлением):												
всего	7651	6107	11525	11367	13273	12489	9564	9055	9280	11224	11090	10121
на 10 000 работающих	1,53	0,91	1,96	1,89	2,33	2,31	1,86	1,77	1,81	2,22	2,19	2,03
	Годы											
	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Численность больных с впервые установленным профессиональным заболеванием (отравлением):												
всего	9888	8156	7715	7501	7265	8081	7671	7836	6696	6993	6718	…
на 10 000 работающих	2,01	1,69	1,60	1,53	1,47	1,70	1,64	1,71	1,46	1,53	1,48	…

[1)]По данным Минздравсоцразвития и Роспотребнадзора

*Таблица составлена с использование данных [1-14]

Анализируя, информацию по профессиональным заболеваниям можно сказать, что высокий уровень профессиональных заболеваний с 1990 года к 2014 году снизился почти в 1,7 раза. Объясняется данный факт, также как при анализе предыдущих данных по условиям труда и количеству пострадавших при несчастных случаях.

Завершая аналитическую часть статьи по статистическому обзору, отметим, что отсутствуют данные позволяющие произвести всестороннюю оценку травматизма по стране в целом, вследствие недостатка данных по бытовому травматизму. Имеющаяся литература и работы по бытовому травматизму затрагивают в основном электротравматизм [15-18].

В 80-х годах в стране в целом и строительной отрасли, в частности, разрабатывались мероприятия, предупреждающие и снижающие травматизм, способствовавшие выработке у работников личной ответственности за свою собственную безопасность через мотивацию на безопасный труд и формирование знаний, навыков и умений безопасно трудиться. Это было использование активных методов обучения с привлечением имеющихся наглядных средств и разрабатываемых новых (внедрение карт-памяток по охране труда, разработка графического сопровождения нормативно инструкционных материалов, разработка деловых игр по охране труда для работников рабочих профессий в строительстве и др.).

В большинстве строительных организаций, принимающих участие в современном строительстве, или не имеются подготовленные профессиональные кадры для выполнения работ по охране труда или их недостаточно.

К тому же, в условиях сегодняшнего рынка труда значительная доля работ приходится на малочисленные строительные организации, политика работы которых сводится к экономии на постоянном квалифицированном составе рабочей силы. Таков же подчас подход и к инженерно-техническому персоналу. Именно с этим связана сильная текучесть кадров, когда рабочая сила и линейный инженерно-технический персонал, занятые непосредственно на строительной площадке, набираются лишь для выполнения конкретного заказа. Этим же объясняется маломощная механизированная база организации и необходимость частого привлечения сторонних машин и механизмов, состояние которых не всегда соответствует требуемому уровню безопасности.

Многие современные организации, участвующие в строительном бизнесе, формально подходят к вопросам охраны труда или вообще не занимаются им. Время «ч» у них наступает тогда, когда на их объекте происходит несчастный случай или более-менее благополучное событие, когда они попадают по тотальную проверку контролирующими органами их деятельности. Такие организации необходимо силовыми методами заставить заниматься решением задач и вопросов охраны труда и одновременно, учитывая кадровый дефицит специалистов по охране труда, помочь на начальных этапах нового осознанного периода в налаживании работы по охране труда.

Кроме этого, в последние годы в стране произошли значительные изменения в законодательной базы нормативно-технической документации, которые глубоко коснулись производственной сферы:

- принятие основополагающих федеральных законов: «О техническом регулировании» (№ 184-ФЗ от 27.12.2002 г.), «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» (384-ФЗ от 30.12.2009 г.), «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» (№ 123-ФЗ от 22.07.2008 г.);

- утверждение Перечня национальных стандартов и сводов правил (частей таких стандартов и сводов правил), в результате применения которых на обязательной основе обеспечивается соблюдение требований Федерального закона «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» (утвержден распоряжением Правительства Российской Федерации от 21 июня 2010 г. № 1047-р);

- утверждение Перечня документов в области стандартизации, в результате применения которых на добровольной основе обеспечивается соблюдение требований Федерального закона от 30 ноября 2009 г. № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» (утвержден Приказом федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 01.06.2010 № 2079);

- выход приказа Росстандарта от 18.05.2011 № 2244 «О внесении изменений в Перечень документов в области стандартизации, в результате применения которых на добровольной основе обеспечивается соблюдение требований федерального закона от 30 ноября 2009 г. № 384 «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений», утвержденный приказом Федерального агентства от 1 июня 2010 г. № 2079»;

- утверждение профессионального стандарта «Специалист в области охране труда» (Приказ Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 4.08.2014 г. № 524н);

- вступление в силу ряда новых правил по охране труда при выполнении строительно-монтажных работ: «Правила по охране труда при работе на высоте» (Приказ Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 28.03.2014 № 155н), «Правила безопасности опасных производственных объектов, на которых используются подъемные сооружения» (Приказ Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 12.11.2013 года № 533) «Правила по охране труда при эксплуатации электроустановок» (Приказ Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 24.07.2013 г. № 328 н) и других.

Это обуславливает необходимость предложения новых направлений по организации безопасной работы и восстановления мероприятий, зарекомендовавших себя ранее. Опыт такой работы имеется, например, в 2012 году КГАСУ совместно с саморегулируемой организацией «Содружество строителей Республики Татарстан» выпустили «Методическое руководство по организации работы по охране труда в строительных организациях. Локальные нормативные документы в строительстве» [19], которые были переданы всем строительным организациям, входящим в состав содружества, а также выборочно другим строительным организациям Республики Татарстан, что сыграло свою положительную роль и позволило наладить в них практическую работу по охране труда. Одному из авторов этой статьи приходилось принимать личное участие в формировании и организации работы по охране труда на действующих предприятиях как в строительной отрасли, так в других отраслях экономики.

Совершенно справедливо утверждение в учебном пособии[1], которое применительно к проблеме безопасности можно переформулировать следующим образом

[1] Безопасность жизнедеятельности. Охрана труда: учеб. пособие для вузов / А.В. Фролов, Т.Н. Бакаева; под. общ. ред. А.В. Фролова. – Ростов-н/Д.: Феникс, 2008. – 750 с.

– в наше время правовая основа и нормативная база по безопасности быстро «стареют» в связи с реформированием системы государственного управления. Обучение по охране труда и промышленной безопасности, а также организация работы по безопасности по «старым» нормам может привести к непоправимым последствиям.

Поэтому указанные выше изменения в законодательной нормативно-технической базе по безопасности труда определяют необходимость работы в этом направлении.

Следует разработать аналогичные современные сборники для организаций строительства, жилищно-коммунального комплекса и других отраслей промышленности, особенно для тех, в которых условия труда являются вредными и опасными, высокий травматизм и значительный уровень ручного труда.

Это методическое руководство должно быть направлено на организацию работы по охране труда в отдельной конкретной организации (юридическом лице), выполняющем работы в области строительства и/или являющемся членом СРО. Целью такой работы является:

- профилактика несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний;

- снижение уровня воздействия (устранение воздействия) на работников вредных и (или) опасных производственных факторов, уровней профессиональных рисков.

Ответственным лицом за состояние охраны труда в организации является ее руководитель, со всеми вытекающими отсюда последствиями.

В соответствии со статьей 217 Трудового кодекса РФ, в целях обеспечения требований охраны труда и контроля за их выполнением, работодателем (руководителем организации) создается служба по охране труда или вводится должность специалиста по охране труда, имеющего соответствующую подготовку или опыт работы в этой деятельности.

Ответственным за охрану труда в организации кроме самого руководителя может быть или работник, назначенный им приказом по организации ответственным за охрану труда. Чаще всего ответственность возлагается на главного инженера. Еще в организации может быть специалист по охране труда, входящий в штат организации или любой другой штатный работник, которому приказом поручается работа по охране труда.

При отсутствии у работодателя службы охраны труда, штатного специалиста по охране труда их функции лично осуществляет сам работодатель (руководитель организации), либо другой работник организации (уполномоченный работодателем). Также к выполнению этой работы могут привлекаться на основе гражданско-правового договора сторонние специалисты или организации, специализирующиеся в области охраны труда. Структура службы охраны труда в организации и численность ее работников, определяются работодателем (руководителем). Здесь главное, чтобы работа по охране труда проводилась не только «на бумаге».

Постановка работы по охране труда в строительной организации должна состоять из нескольких организационных этапов, каждый из которых следует исполнить в обязательном порядке за короткое время.

Предлагаемое к разработке методическое руководство поможет организовать практическую работу по охране труда в строительной организации путем планомерного и последовательного выполнения организационной работы по охране труда, которая должна исполняться работодателем в обязательном порядке в соответствии с действующим Трудовым кодексом Российской Федерации.

Предлагаемое к разработке методическое руководство должно содержать следующие разделы:

- нормативные акты и сопровождающая документация общего характера, касающаяся организационных направлений работы;

- нормативные акты и сопровождающие документы по созданию комитета (комиссии) по охране труда;

- нормативные акты и сопровождающие документы по проведению медицинских осмотров;

- нормативные акты и сопровождающие документы по организации выдачи и применения средств индивидуальной защиты.

Разработанный материал следует представить пользователю в виде макета документов (положений, приказов, перечней, списков) или привязать его к условной строительной организации с заполненными реквизитами и условными данными по ней.

Предложенная содержательная структура методического руководства может быть изменена, также допускается и нуждается в согласовании, как по разделам, так и по их содержанию и дополнению другими разделами, необходимыми для повышения качества работы по безопасности труда.

Готовый материал может быть передан пользователю в виде печатного документа или его содержание может быть представлено на компьютерном диске, либо и в том и другом виде.

Заключение

1. Высокий уровень производственного травматизма, в том числе и со смертельным исходом, в Российской Федерации продолжает сохраняться. Официальная статистика по этой тематике не раскрывает всесторонне этой проблемы, что требует дополнительных достоверных и надежных источников информации, поскольку данные, например, Международной организации труда (МОТ) показывают иную статистическую картину в РФ.

2. Отсутствует официальная статистическая информация по бытовому травматизму. Научно-исследовательских работ по бытовому травматизму, тоже незначительное количество, да и те в основном касаются исследованию причин электропоражений, произошедших в быту [15-18].

3. Многочисленные мероприятия в области повышения безопасности труда безусловно способствуют улучшению обстановки, но наряду с применением ранее зарекомендовавших себя решений, требуются новые решения, подходы, методы и способы, позволяющие обеспечить хотя бы требуемый уровень безопасности.

4 Предполагаемое к разработке методическое руководство позволит обеспечить в строительных организация практическую работу по безопасности труда в условиях дефицита профессионально подготовленных специалистов в области охраны труда.

Список библиографических ссылок

1. Российский статистический ежегодник: Стат.сб./Госкомстат России. – М., 2001. – 679 с.
2. Российский статистический ежегодник. 2015: Стат. сб./Росстат. – М., 2015. – 728 с.
3. Российский статистический ежегодник. 2014: Стат. сб./Росстат. – М., 2014. – 693 с.
4. Российский статистический ежегодник. 2013: Стат. сб./Росстат. – М., 2013. – 717 с.
5. Российский статистический ежегодник: 2012: Стат. сб./Росстат. – М., 2012. – 786 с.
6. Российский статистический ежегодник: 2011: Стат. сб./Росстат. – М., 2011. – 795с.
7. Российский статистический ежегодник: 2010: Стат. сб./Росстат. – М., 2010. – 813 с.
8. Российский статистический ежегодник: 2009: Стат. сб./Росстат. – М., 2009. – 795 с.
9. Российский статистический ежегодник: 2008: Стат. сб./Росстат. – М., 2008. – 847 с.
10. Российский статистический ежегодник: 2007: Стат. сб. / Росстат. – М., 2007. – 825 с.
11. Российский статистический ежегодник: 2006: Стат. сб./Росстат. – М., 2006. – 806 с.
12. Российский статистический ежегодник: 2005: Стат. сб./Росстат. – М., 2005. – 819 с.
13. Российский статистический ежегодник: 2004: Стат. сб./Росстат. – М., 2004. – 725 с.
14. Российский статистический ежегодник: 2003: Стат. сб./Росстат. – М., 2003. – 705 с.
15. Аракелян М.К., Вайнштейн Л.И. Электробезопасность в жилых зданиях. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 112 с.
16. Гордон Г.Ю., Вайнштейн Л.И. Электротравматизм и его предупреждение. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 256 с.
17. Хузиахметов Р.А., Хузиахметова К.Р. Обеспечение электробезопасности в особо опасных помещениях жилых зданий // Известия КГАСУ, 2015, № 3 (33). – С. 177-186.
18. Хузиахметов Р.А., Шарапова Н.Б. Информационный анализ нормативных требований безопасности при реконструкции сетей электроснабжения и системы заземления жилых зданий // Известия КГАСУ, 2015, № 4 (34). – С. 339-345.
19. Методическое руководство по организации работы по охране труда в строительных организациях. Локальные нормативные документы в строительстве. – Казань: КГАСУ, 2012. – 376 с.

Khuziakhmetov R.A. – candidate of technical sciences, associate professor
E-mail: hroustam@mail.ru
Khuziakhmetova K.R. – student
E-mail: karina261996@mail.ru
Sharapova N.B. – student
E-mail: nelyasharapova@rambler.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Ensuring increase in the level of safety of work at the organization and performance of construction works

Resume

Construction is one of the most injury-causing industries that connects with a large amount of the operating production factors which have fixed character or are present potentially, than aggravate the high level of professional risks.

The substantiation for the relevance of a problem to increase the level of labor safety in construction follows for consideration of statistical data from official Russian sources. The analyzed information from 1980 up to now by the quantity of employed in harmful and dangerous conditions, their consequence on an injury rate (including decease) and occupational diseases clearly shows the existence of problems in the field of labor safety, though quantitative decrease in absolute values of key parameters of statistical assessment of labor safety processes takes place.

In construction it is necessary to consider a significant amount of the factors determining its high injury risk and also that many of them are permanent factors, and others are potentially dangerous and aggravate with its industrial hazards.

The need to develop a methodical handbook on the organization and performance of work in the field of labor protection in case of implementation of installation and construction works on building sites is proved in the article and in case of practical organizational activities of the construction entities.

Keywords: accident, an industrial traumatism, safety and labor protection, the specifications and technical documentation, training, preparation on labor safety, control.

Reference list

1. Russian Statistical Yearbook: Stat. Sb. / State Statistics Committee of Russia. – M., 2001. – 679 p.
2. Russian statistical yearbook. 2015: Stat. Sb. / Rosstat. – M., 2015. – 728 p.
3. Russian statistical yearbook. 2014: Stat. Sb. / Rosstat. – M., 2014. – 693 p.
4. Russian statistical yearbook. 2013: Stat. Sb. / Rosstat. – M., 2013. – 717 p.
5. Russian statistical yearbook: 2012: Stat. Sb. / Rosstat. – M., 2012. – 786 p.
6. Russian statistical yearbook: 2011: Stat. Sb. / Rosstat. – M., 2011. – 795 p.
7. Russian statistical yearbook: 2010: Stat. Sb. / Rosstat. – M., 2010. – 813 p.
8. Russian statistical yearbook: 2009: Stat. Sb. / Rosstat. – M., 2009. – 795 p.
9. Russian statistical yearbook: 2008: Stat. Sb. / Rosstat. – M., 2008. – 847 p.
10. Russian statistical yearbook: 2007: Stat. Sb. / Rosstat. – M., 2007. – 825 p.
11. Russian statistical yearbook: 2006: Stat. Sb. / Rosstat. – M., 2006. – 806 p.
12. Russian statistical yearbook: 2005: Stat. Sb. / Rosstat. – M., 2005. – 819 p.
13. Russian statistical yearbook: 2004: Stat. Sb. / Rosstat. – M., 2004. – 725 p.
14. Russian statistical yearbook: 2003: Stat. Sb. / Rosstat. – M., 2003. – 705 p.
15. Arakelyan M.K., Wainstein L.I. Electrical safety in residential buildings. – M.: Energoatomisdat, 1983. – 112 p.
16. Gordon G.Y., Wainstein L.I. Electrical safety and its prevention. – M.: Energoatomisdat, 1985. – 256 p.
17. Khuziakhmetov R.A., Khuziakhmetova K.R. Ensuring safety in electric highly dangerous premises of residential buildings // Izvestiya KGASU, 2015, № 3 (33). – P. 177-186.
18. Khuziakhmetov R.A., Sharapova N.B. Information analysis of standard safety requirements and natural research of a condition of networks of power supply and system of grounding residential buildings after reconstruction // Izvestiya KGASU, 2015, № 4 (34). – P. 339-345.
19. Instructional guidelines for the organization of labor protection in construction organizations. Local normative documents in construction. – Kazan: KGASU, 2012. – 376 p.

УДК 691:624.138
Буланов П.Е. – ассистент
E-mail: f_lays@mail.ru
Мавлиев Л.Ф. – кандидат технических наук, старший преподаватель
E-mail: lenarmavliev@yandex.ru
Вдовин Е.А. – кандидат технических наук, доцент
E-mail: vdovin007@mail.ru
Захаров В.В. – студент
E-mail: vadimzaharov1994@mail.ru
Гимазов А.Р. – студент
E-mail: albertgimazov@mail.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

Исследование влияния поликарбоксилатных суперпластификаторов на физические и прочностные свойства глинистых грунтов различного минерального состава

Аннотация

Проведены исследования влияния ряда поликарбоксилатных суперпластификаторов на физические и прочностные свойства глинистых грунтов. В качестве глинистых грунтов рассмотрены: суглинок легкий пылеватый с содержанием реликтовых минералов более 85 % (52,49 % кварца), каолиновая глина с содержанием минерала каолинита до 95 %, бентонитовая глина с содержанием монтмориллонита до 70 %. Получены данные по изменению числа пластичности, оптимальной влажности и максимальной плотности глинистых грунтов при введении поликарбоксилатных суперпластификаторов. Установлено положительное влияние таких добавок на предел прочности при сжатии глинистых грунтов.

Ключевые слова: поликарбоксилатный суперпластификатор, глинистый грунт, число пластичности, оптимальная влажность, максимальная плотность, предела прочности на сжатие.

Введение

Глинистые грунты имеют широкий спектр минералогического состава и могут состоять из различных видов глинистых (каолинит, иллит, смешанно-слоистый минерал, монтмориллонит и т.д.) и неглинистых минералов и веществ (кварц, полевой шпат, органические и коллоидные вещества). Даже небольшое количество глинистых минералов может оказать значительное влияние на физические и физико-механические свойства грунта [1, 2]. По минеральному составу глинистые грунты принято подразделять на мономинеральные (каолиновые, монтмориллонитовые, иллитовые и т.п.) и полиминеральные, состоящие из различных глинистых минералов и примесей – кварца, полевого шпата, оксидов железа, карбонатов и т.д. [3, 4].

Проведенные ранее исследования [5, 6] показали, что поликарбоксилатные суперпластификаторы (ПКС) по сравнению с другими ПАВ оказывают наибольший эффект в повышении физико-механических свойств цементогрунта, что, очевидно, связано в большей степени с влиянием ПКС на портландцемент [7]. Также известно, что введение в глинистые грунты различных по природе ПАВ в той или иной степени изменяет его структуру и свойства [8]. Это объясняется тем, что наличие в грунтах тонкодисперсных и коллоидных частиц ведет к значительному увеличению суммарной поверхности раздела между твердой фазой и жидкой средой и, следовательно, к увеличению свободной поверхностной энергии [9]. При этом повышается физическая и химическая активность частиц и возрастает адсорбционная способность их поверхности, что позволяет ПАВ, концентрируясь на поверхностях раздела, образовывать тончайшие адсорбированные слои, резко изменяющие молекулярную природу и свойства грунтовых

поверхностей [10]. Однако, недостаточно исследовано влияние ПКС на физические и прочностные свойства глинистых грунтов.

В связи с этим, целью данного исследования явилось изучение влияния поликарбоксилатных суперпластификаторов на физические и прочностные свойства суглинка легкого пылеватого с содержанием реликтовых минералов более 85 % (52,49 % кварца), бентонитовой глины с содержанием минерала монтмориллонита до 70 %, каолиновой глины с содержанием минерала каолинита до 95 %.

Экспериментальная часть

Для исследований использованы следующие глинистые грунты:

1) суглинок легкий пылеватый (СГ) Сахаровского месторождения Алексеевского района Республики Татарстан с числом пластичности 11,62 и содержанием песчаных частиц 8,38 %, pH водной вытяжки 8,7;

2) каолиновая глина (КГ) Самарской области с числом пластичности 18,07 и содержанием песчаных частиц 6,02 %, pH водной вытяжки 8,3;

3) бентонитовая глина (БГ) Биклянского карьера Тукаевского района Республики Татарстан с числом пластичности 22,32 и содержанием песчаных частиц 8,00 %, pH водной вытяжки 8,3.

В качестве ПКС применены следующие добавки:

1) Melflux 2641 F (Melflux), представляет собой желтоватый порошок, полученный методом распылительной сушки на основе модифицированного полиэфиркарбоксилата. Насыпная плотность 400-600 кг/м^3, pH = 6,5–8,5, рекомендованная дозировка 0,2-1,5 % от массы вяжущего. Производитель BASF Constraction Polymers (Trostberg, Германия).

2) Pantarhit PC 160 Plv (Pantarhit) представляет собой светло-серый порошок полученный методом распылительной сушки из раствора полимера. Активное вещество полиакриловая кислота. Насыпная плотность 300-600 кг/м^3, pH = 6,5, рекомендованная дозировка 0,05-1,0 % от массы вяжущего. Производитель BASF Constraction Polymers (Trostberg, Германия).

3) Одолит-К (Одолит) представляет собой водный раствор высокоэффективного пластификатора 1-ой группы на основе специальных карбоксилатов. Плотность 1,06 кг/м^3, pH = 6-8, рекомендованная дозировка 0,4-1,5 % от массы вяжущего. Производитель ООО «Одолит».

4) Гиперлит представляет собой водный раствор сополимера на основе полиоксиэтиленовых производных ненасыщенных карбоновых кислот. Плотность 1,08 кг/м^3, pH = 6,5, рекомендованная дозировка 0,2-1,5 % от массы вяжущего. Производитель ГК «СВАН».

Дозировки ПКС приняты 0,05 %, 0,5 %, 1 %, 2 % от массы глинистых грунтов.

В качестве физических свойств рассмотрены предел текучести и раскатывания, оптимальная влажность и максимальная плотность, прочностных – предел прочности на сжатие. Число пластичности (I_p) вычислено по ГОСТ 5180-84 как разница предела текучести (W_L) и предела раскатывания (W_p). Оптимальная влажность ($W_{опт}$) и максимальная (стандартная) плотность (ρ_{max}) в соответствии с ГОСТ 22733-2002 определена на приборе стандартного уплотнения СоюздорНИИ. Для установления предела прочности на сжатие ($R_{сж}$) готовились образцы с максимальной плотностью, которые 7 суток хранились в воздушных условиях, после чего сушились до постоянной массы в сушильном шкафу при температуре 105 °С и испытывались на прессе. Результаты исследований приведены на рис. 1-3.

По данным представленным на рис. 1-3 видно, что среди исследованных ПКС наиболее эффективной оказалась добавка Pantarhit. С введением Pantarhit от 0,05 до 2 % от массы СГ оптимальная влажность уменьшилась на 1,38-17,79 %, максимальная плотность увеличилась до 4,79 %, число пластичности снизилось на 6,02-31,15 %, предел прочности при сжатии повысился на 38,69-70,49 %.

При введении Pantarhit от 0,05 до 2 % в КГ оптимальная влажность уменьшилась на 4,46-30,35 %, максимальная плотность увеличилась на 1,35-14,19 %, число пластичности снизилось на 8,02-51,63 %, предел прочности при сжатии повысился на 58,20-140,57 %.

Ведение Pantarhit от 0,05 до 2 % в БГ привело к уменьшению оптимальной влажности на 1,07-18,36 %, увеличению максимальной плотности на 1,32-11,84 %, снижению числа пластичности на 1,88-35,37 %, повышению предела прочности при сжатии на 2,76-115,86 %.

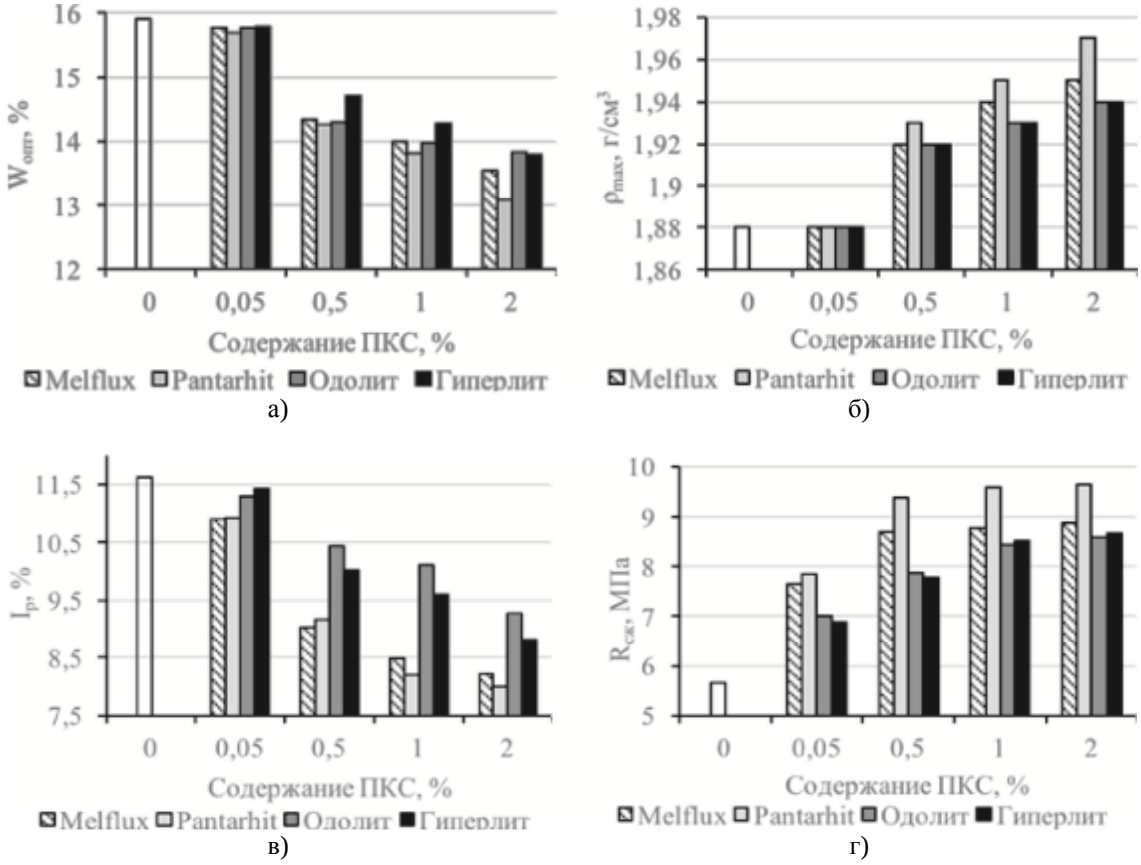


Рис. 1. Физические и прочностные свойства СГ в зависимости от дозировки ПКС:
а) оптимальная влажность; б) максимальная плотность;
в) число пластичности; г) предел прочности на сжатие

Обсуждение результатов

Поликарбоксилатный суперпластификатор Pantarhit показал максимальную эффективность в грунтах с наибольшим количеством глинистых минералов – каолинита и монтмориллонита. При этом прослеживается большее влияние добавки на каолиновую глину.

Известно, что отрицательный заряд у глинистых минералов всегда сохраняется на базальных плоскостях, а на сколах знак заряда меняется в зависимости от водородного показателя pH (при pH ниже 7 – положительный заряд, при pH выше 7 – отрицательный заряд). В рассмотренных грунтах СГ, КГ и БГ водородный показатель pH выше 7, а, следовательно, на присутствующих глинистых минералах будут адсорбироваться только катионные ПАВ. Тем более, в случае укрепления цементом даже кислых глинистых грунтов происходит повышение значения pH, а гидратированные группы глинистых минералов будут частично депротонироваться [11]. Однако, ПКС не имея катионных групп, согласно полученным экспериментальным данным значительно изменяют физические и прочностные свойства глинистых грунтов, в том числе при укреплении цементом.

В ряде исследований [12-15] показано, что ПКС могут адсорбироваться на глинистых минералах даже при отрицательном заряде сколов и базальных плоскостей. Это объясняется способностью боковых цепей ПКС, имеющих схожий состав с полиэтиленгликолями, адсорбироваться на алюмосиликатных слоях глинистых минералов через водородные связи [14, 16, 17].

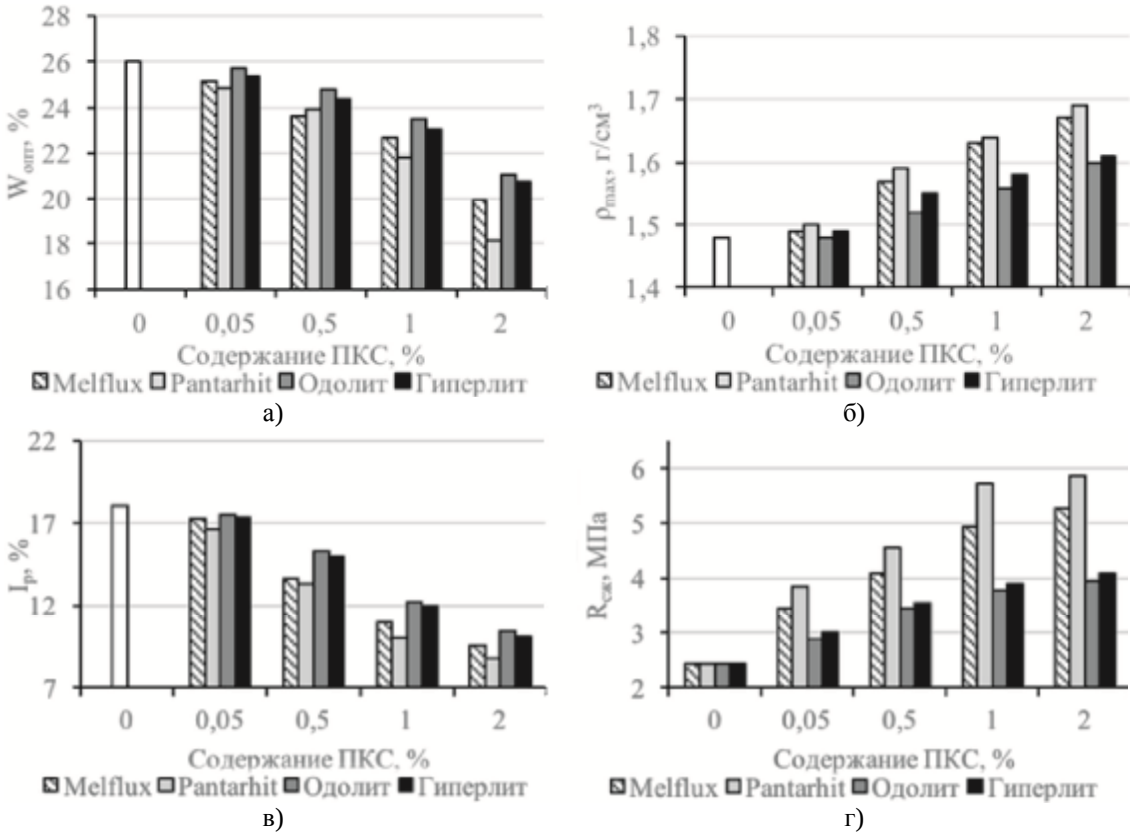


Рис. 2. Физические и прочностные свойства КГ в зависимости от дозировки ПКС:
а) оптимальная влажность; б) максимальная плотность;
в) число пластичности; г) предел прочности на сжатие

По данным [18-20] при введении в глинистый грунт ПКС увеличивается толщина базального отражения монтмориллонита с 1,23 до 1,72-1,77 нм, а каолинита и мусковита не изменяется. При этом монтмориллонит сорбирует в себя ПКС около 230 мг/г, а каолинит и мусковит около 20 мг/г, что, возможно, объясняет более эффективное действие ПКС на КГ, в сравнении с БГ.

Как известно, в системе глина-вода образуется сплошная пространственная сетка с коагуляционной структурой, приобретающая пластично-вязкие свойства. Увеличение толщины водных оболочек оказывает пластифицирующее действие на глину, при этом снижая прочность структуры и ее способность к остаточным деформациям [10, 21]. Адсорбция же ПАВ на глинистых минералах в системе глина-вода позволяет снизить поверхностную энергию на границе раздела фаз, что способствует повышению плотности за счет уменьшения водопотребности (оптимальной влажности), снижению предела текучести и раскатывания [10, 21], а в конечном итоге и увеличению прочности грунта [22].

Заключение

Добавка Pantarhit показала наибольшую эффективность среди рассмотренных поликарбоксилатных суперпластификаторов, позволив снизить оптимальную влажность и число пластичности, повысить максимальную плотность и предел прочности на сжатие суглинка легкого пылеватого, каолиновой и бентонитовой глины. Положительное влияние поликарбоксилатных суперпластификаторов как на физико-механические характеристики цементного камня, так и на физические и прочностные свойства глинистых грунтов объясняет рост прочности и морозостойкости цементогрунтов, модифицированных такими добавками.

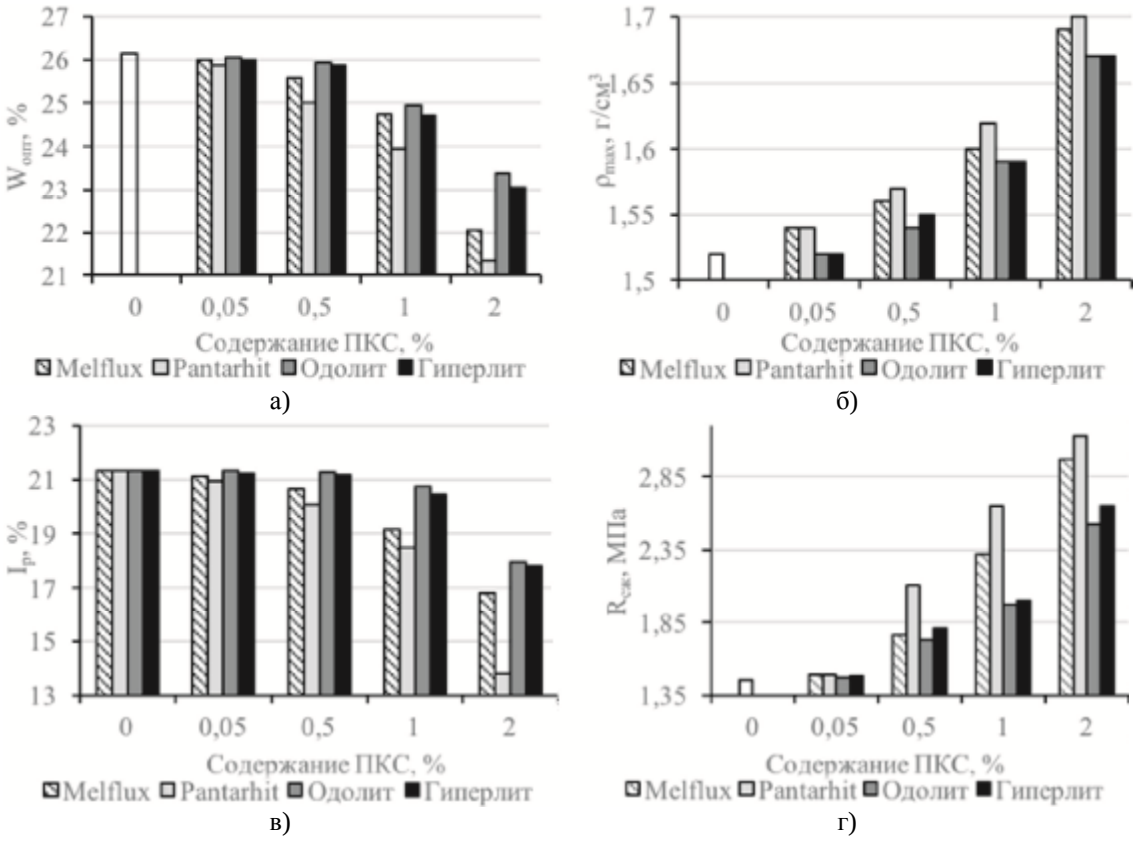


Рис. 3. Физические и прочностные свойства БГ в зависимости от дозировки ПКС:
а) оптимальная влажность; б) максимальная плотность;
в) число пластичности; г) предел прочности на сжатие

Список библиографических ссылок

1. Bell F.G. Lime stabilization of clay minerals and soils // Engineering Geology, 1996, № 42. – P. 223-237.
2. Грим Р.Е. Минералогия глин. – М.: Издательство иностранной литературы, 1959. – 452 с.
3. Шелихов Н.С., Рахимов Р.З. Строительные материалы из местного карбонатного сырья. – М.: Издательство КГАСУ, 2015. – 324 с.
4. Рахимов Р.З., Рахимова Н.Р., Стоянов О.В. Глинистые пуццоланы. Часть 1. Обзор // Вестник технологического университета, 2016, № 1 (19). – С. 5-13.
5. Буланов П.Е., Вдовин Е.А., Мавлиев Л.Ф. Влияние пластифицирующих добавок на физико-механические свойства цементогрунта дорожного назначения // Известия КГАСУ, 2015, № 1 (31). – С. 160-164.
6. Буланов П.Е., Мавлиев Л.Ф., Вдовин Е.А. Оптимизация состава щебеночно-песчаной смеси, обработанной портландцементом в комплексе с пластифицирующей и гидрофобизирующей добавкой // Известия КГАСУ, 2015, № 2 (32). – С. 300-305.
7. Калашников В.И., Володин В.М., Мороз М.Н., Ерофеева И.В., Петухов А.В. Супер- и гиперпластификаторы. Микрокремнеземы. Бетоны нового поколения с низким удельным расходом цемента на единицу прочности // Молодой ученый, 2014, № 19. – С. 207-210.
8. Ребиндер П.А. Физико-химическая механика, как основа закрепления грунтов в дорожном строительстве и производстве строительных материалов на основе грунтов // Труды совещания по теоретическим основам технической мелиорации грунтов. – М.: МГУ, 1961. – С. 4-12.

9. Могилевич В.М, Щербакова Р.П., Тюменцева О.В. Дорожные одежды из цементогрунта. – М.: Транспорт, 1972. – 215 с.
10. Ребиндер П.А. Поверхностные явления в дисперсных системах. Коллоидная химия. Избранные труды. – М.: Наука, 1978. – 368 с.
11. Tombacz E., Szckcres M. Colloidal behavior of aqueous montmorillonite suspensions: the specific role of pH in the presence of indifferent electrolytes // Appl. Clay Sci., 2004, № 27. – С. 75-94.
12. Jeknavorian A.A., Jardine L., Ou C.C., Koyata H., Folliard K.J. Interaction of superplasticizers with clay-bearing aggregates // Special publication ACI/7th CANMET conference on superplasticizers and other chemical admixtures. – Berlin (Germany), 2003. – P. 1293-1316.
13. Sakai E., Atarashi D., Daimon M. Interaction between superplasticizers and clay minerals // Special Publication ACI/6th CANMET Conference on Superplasticizers and Other Chemical Admixtures. – Xi'an (China), 2006. – P. 1560-1566.
14. Atarashi D., Sakai E., Obinata R., Daimon M. Interactions between superplasticizers and clay minerals // Cem. Sci. Concr Technol, № 58, 2004. – P. 387-392.
15. Atarashi D., Sakai E., Obinata R., Daimon M. Influence of clay minerals on fluidity of $CaCO_3$ suspension containing comb-type polymer // Cem. Sci. Concr. Technol, № 57, 2003. – P. 386-391.
16. Amarasinghe P.M., Katti K.S., Katti D.R. Nature of organic fluid-montmorillonity interactions: an FTIR spectroscopic study // Colloid and Interface Science, № 337, 2009. – P. 97-105.
17. Burchill S., Hall P.L., Harrison R., Hayes M.H.B., Langford J.I., Livingston W.R., Smedley R.J., Ross D.K., Tuck J.J. Smectite-polymer interactions in aqueous systems // Clay Minerals, № 18, 1983. – P. 373-397.
18. Ng S., Plank J. Interaction mechanisms between Na montmorillonite clay and MPEG-based polycarboxylate superplasticizers // Cement and Concrete Research, № 42, 2012. – P. 847-854.
19. Suter J.L., Coveney P.V. Computer simulation study of the materials properties of intercalated and exfoliated poly(ethylene) glycol clay nanocomposites // Soft mater, № 5 (11), 2009. P. 2239-2251.
20. Lei L., Plank J. A study on the impact of different clay minerals on the dispersing force of conventional and modified vinyl ether based polycarboxylate superplasticizers // Cement and Concrete Research, № 6, 2014. – P. 1-10.
21. Овчаренко Ф.Д. Гидрофильность глин и глинистых минералов. – М.: Издательство Академии наук УССР, 1961. – 292 с.
22. Трофимов В.Т., Королев В.А., Вознесенский Е.А. Голодковская Г.А., Васильчук Ю.К., Зиангиров Р.С. Грунтоведение. – Киев: Издательство МГУ, 2005. – 1024 с.

Bulanov P.E. – assistant
E-mail: f_lays@mail.ru
Mavliev L.F. – candidate of technical sciences, senior lecturer
E-mail: lenarmavliev@yandex.ru
Vdovin E.A. – candidate of technical sciences, associate professor
E-mail: vdovin007@mail.ru
Zaharov V.V. – student
E-mail: vadimzaharov1994@mail.ru
Gimazov A.R. – student
E-mail: albertgimazov@mail.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

The investigation of the effect of polycarboxylate superplasticizer on the physical and strength properties of clay soils with different mineral composition

Resume

Investigations of the influence of a number of polycarboxylate superplasticizers on the physical and mechanical properties of clay soils were done. As clay soils were considered: the silty easy loam with containing of relict minerals more than 85 % (52,49 % quartz), the kaolinic clay with containing of the mineral kaolinite up to 95 %, the bentonite clay with containing of montmorillonite up to 70 %. As the physical properties were chosen the fluidity and rolling-out limit, the optimum moisture content and the maximum density, strength – the ultimate compressive strength. Data on changes in the properties with the introduction of polycarboxylate superplasticizers was got.

The most effective polycarboxylate superplasticizer showed maximum efficiency. It determined that in the ground with the most clay minerals traced greater influence these additives, especially in case of kaolinic clay.

Adsorption surface-active reagents on clay minerals surfactants in clay-water system lets to reduce the surface energy on the interface, thereby increasing the density by decreasing the water requirement (optimum moisture content), lower fluidity and rolling-out limit, and ultimately increase the strength of the soil.

The positive effect of polycarboxylate superplasticizers both the physical and mechanical properties of the cement stone, and on physical and mechanical properties of clay soils explains the increase in the strength and hardiness soil-cements modified such additives.

Keywords: polycarboxylate superplasticizer, clay soil, plasticity index, optimum moisture content, maximum density, ultimate compressive strength.

Reference list

1. Bell F.G. Lime stabilization of clay minerals and soils // Engineering Geology, 1996, № 42. – P. 223-237.
2. Grim R.E. Clay mineralogy. – M.: Izdatel'stvo inostrannoy literatury, 1959. – 452 p.
3. Shelikhov N.S., Rakhimov R.Z. The Building materials made of local carbonate resources. – M.: KGASU, 2015. – 324 p.
4. Rakhimov R.Z., P Rakhimova N.R., Stoyanov O.V. Clay pozzolans. Part 1. Overview // Vestnik tekhnologicheskogo universiteta, 2016, № 1 (19). – P. 5-13.
5. Bulanov P.E., Vdovin E.A., Mavliev L.F. Influence of plasticizers on physical and mechanical properties of soil-cement for road purpose // Izvestiya KGASU, 2015, № 1 (31). – P. 160-164.
6. Bulanov P.E., Mavliev L.F., Vdovin E.A. The optimization of stone-sand mixture treated by portland cement in combination with plasticizer and water-repellent additive // Izvestiya KGASU, 2015, № 2 (32). – P. 300-305.
7. Kalashnikov V.I., Volodin V.M., Moroz M.N., Yerofeyev I.V., Petukhov A.V. Super- and giperplasticizers. Microsilicafumes. Concrete new generation of low specific consumption per unit of cement strength // Molodoy uchenyy, 2014, № 19. – P. 207-210.
8. Rebinder P.A. Physico-chemical mechanics, as a basis for fixing the soil in road construction and production of construction materials based on soil // Trudy soveshchaniya po teoreticheskim osnovam tekhnicheskoy melioratsii gruntov. – M.: MGU, 1961. – P. 4-12.
9. Mogilevich V.M., Shcherbakova R.P., Tyumentseva O.V. Road construction of soil-cement. – M.: Transport, 1972. – 215 p.
10. Rebinder P.A. Surface phenomena in disperse systems. Colloid chemistry. Selected works. – M.: Nauka, 1978. – 368 p.
11. Tombacz E., Szckcres M. Colloidal behavior of aqueous montmorillonite suspensions: the specific role of pH in the presence of indifferent electrolytes // Appl. Clay Sci., 2004, № 27. – C. 75-94.

12. Jeknavorian A.A., Jardine L., Ou C.C., Koyata H., Folliard K.J. Interaction of superplasticizers with clay-bearing aggregates // Special publication ACI/7th CANMET conference on superplasticizers and other chemical admixtures. – Berlin (Germany), 2003. – P. 1293-1316.
13. Sakai E., Atarashi D., Daimon M. Interaction between superplasticizers and clay minerals // Special Publication ACI/6th CANMET Conference on Superplasticizers and Other Chemical Admixtures. – Xi'an (China), 2006. – P. 1560-1566.
14. Atarashi D., Sakai E., Obinata R., Daimon M. Interactions between superplasticizers and clay minerals // Cem. Sci. Concr Technol, № 58, 2004. – P. 387-392.
15. Atarashi D., Sakai E., Obinata R., Daimon M. Influence of clay minerals on fluidity of $CaCO_3$ suspension containing comb-type polymer // Cem. Sci. Concr. Technol, № 57, 2003. – P. 386-391.
16. Amarasinghe P.M., Katti K.S., Katti D.R. Nature of organic fluid-montmorillonity interactions: an FTIR spectroscopic study // Colloid and Interface Science, № 337, 2009. – P. 97-105.
17. Burchill S., Hall P.L., Harrison R., Hayes M.H.B., Langford J.I., Livingston W.R., Smedley R.J., Ross D.K., Tuck J.J. Smectite-polymer interactions in aqueous systems // Clay Minerals, № 18, 1983. – P. 373-397.
18. Ng S., Plank J. Interaction mechanisms between Na montmorillonite clay and MPEG-based polycarboxylate superplasticizers // Cement and Concrete Research, № 42, 2012. – P. 847-854.
19. Suter J.L., Coveney P.V. Computer simulation study of the materials properties of intercalated and exfoliated poly(ethylene) glycol clay nanocomposites // Soft mater, № 5 (11), 2009. – P. 2239-2251.
20. Lei L., Plank J. A study on the impact of different clay minerals on the dispersing force of conventional and modified vinyl ether based polycarboxylate superplasticizers // Cement and Concrete Research, № 6, 2014. – P. 1-10.
21. Ovcharenko F.D. Hydrophilicity clays and clay minerals. – Kiyev: Izdatel'stvo Akademii nauk USSR, 1961. – 292 p.
22. Trofimov V.T., Korolev V.A., Voznesensky E.A., Golodkovskaya G.A., Vasilchuk J.K., Ziangirov R.S. Science of soil improvement. – M.: MGU, 2005. – 1024 p.

УДК 625.711
Ильина О.Н. – кандидат технических наук, доцент
E-mail: ilina@kgasu.ru
Ильин И.Б. – студент
Ахметзянов Д.И. – студент
E-mail: akhmetzyanov_93@mail.ru
Каримов С.А. – студент
E-mail: salavat-1993@mail.ru
Автономов А.Ю. – студент
E-mail: avtonomov.schura@yandex.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1

Устройство экспериментального участка автомобильной дороги с использованием разработанного способа утилизации нефтяного шлама

Аннотация

Способ переработки и утилизации твердых нефтяных шламов заключается в производстве дорожно-строительных материалов на основе местных минеральных материалов и устройстве из них слоев дорожной одежды автомобильных и промысловых дорог и площадок. Опытно-производственное внедрение результатов исследований осуществлено при устройстве экспериментального участка на автомобильной дороге. Внедрение результатов исследований показало, что производство работ может осуществляться серийно выпускаемыми дорожными машинами, механизмами и смесительными установками.

Ключевые слова: нефтяной шлам, способ утилизации нефтяного шлама, автомобильная дорога, опытно-производственное внедрение, экспериментальный участок.

Комплексное решение вопроса утилизации экологически агрессивных нефтесодержащих отходов, образующихся на всех этапах жизненного цикла добычи и переработки нефти, до настоящего времени отсутствует. Накопление нефтешламов при эксплуатации нефтяных месторождений происходит за счет сбросов при подготовке нефти, сбросов при зачистке резервуаров, нефтесодержащих промывочных жидкостей, используемых при производстве буровых работ, сбросов при испытании и капитальном ремонте скважин. Нефтесодержащие отходы образуются при аварийных разливах, транспортировке сырой нефти и продуктов ее переработки, а также при работе очистных сооружений нефтехимических и нефтеперерабатывающих предприятий. Количество образующихся нефтешламов постоянно увеличивается и составляет 5-7 тонн на 1000 тонн перерабатываемой нефти; ежегодный объем образования нефтешламов в России достигает 25-50 млн. тонн, при этом объём использования и утилизации этих отходов составляет не более 10 % (рис. 1) [1].

Рис. 1

Предотвращение загрязнения природной среды нефтью и продуктами ее переработки – одна из сложных и многоплановых задач промышленной экологии. В соответствии с законодательством РФ, в целях защиты населения и окружающей среды от их вредного воздействия предусмотрена разработка ряда мероприятий. Одним из основных направлений этих мероприятий является разработка и внедрение современных технологий переработки и утилизации нефтесодержащих отходов и использование продуктов утилизации в экономике регионов [2].

В республике Татарстан с развитой нефтяной промышленностью объемы нефтяных отходов – нефтяных шламов также ежегодно увеличиваются. В связи с актуальными и перспективными задачами в области экологии, нефтяной промышленности и дорожного хозяйства, имеющими государственное и народнохозяйственное значение для Республики Татарстан, разработан способ переработки и утилизации отходов нефтяной промышленности – твердых нефтяных шламов в дорожно-строительных материалах. Экспериментальные исследования разрабатываемых материалов на основе твердого нефтяного шлама показали соответствие их показателей нормативным значениям ГОСТ 30491. В состав минеральной части разрабатываемого материала входят местный известняковый щебень М400 50-70 % и твердый нефтяной шлам в количестве 30-50 %, в качестве вяжущего применялся портландцемента М400 в количестве до 12 %. Для минеральной части подобран определенный гранулометрический состав. Проведены поисковые исследования по подбору и оптимизации составов материалов для осуществления опытно-промышленной проверки результатов исследований.

На основе исследований и отработки технологических параметров приготовления и использования материалов по назначению разработана и внедрена схема по предварительной технологической подготовке твердого нефтяного шлама – нефтегрунта для обеспечения его однородности по составу и свойствам. Разработана и внедрена технология производства исследованных материалов и строительства из них слоев дорожной одежды.

Опытно-производственное внедрение результатов исследований осуществлено при устройстве экспериментального участка на автомобильной дороге Акташского АБЦ Альметьевского УАД ООО «Татнефтедор» Республики Татарстан (рис. 2). Производство работ проводилось методом «смешения на дороге» с ведущим механизмом дорожной фрезой Wirtgen 1000C. Технология устройства покрытия из смеси щебня М400 и нефтяного шлама, обработанных портландцементом, следующая: Подвоз щебня и нефтешлама в штабели осуществляли самосвалами Камаз 65115. Распределение щебня производили погрузчиком XGMA 955III, планировку – автогрейдером ГС-14.03. Распределение нефтешлама производили погрузчиком XGMA 955III, планировку – автогрейдером ГС-14.03. Подвоз и розлив воды осуществляли поливомоечной машиной Камаз ПМ-8. Подвоз и распределение вяжущего – портландцемента осуществлял цементовоз – полуприцеп Камаз 964816. Перемешивание материалов производили дорожной фрезой Wirtgen 1000C. Разравнивание смеси и планировку поверхности выполняли автогрейдером ГС-14.03. Уплотнение смеси производили комбинированным катком Bomag BW161AC. Уход за уложенным покрытием осуществляли розливом битума БНД 90/130. Технологический перерыв составляет 7 суток для набора прочности материала.

Распределение щебня

Распределение нефтяного шлама

Смешение щебня с нефтяным шламом

Розлив воды

Распределение портландцемента

Уплотнение смеси

Рис. 2

Эксплуатация и мониторинг экспериментального участка опытного строительства осуществляется с последующими исследованиями образцов вырубок материала в соответствии с нормативными требованиями (рис. 3). Опытно-производственное внедрение результатов исследований показало, что производство работ может осуществляться серийно выпускаемыми дорожными машинами, механизмами и смесительными установками. Предложенный способ утилизации позволяет перерабатывать твердый нефтяной шлам – нефтегрунт – окончательно без образования вторичных отходов, что в свою очередь способствует экологической безопасности в районах добычи и переработки нефти, а применение нефтяных шламов для дорожного строительства в настоящее время является частью рационального природопользования в Республики Татарстан.

Эксплуатация участка

Мониторинг участка

Рис. 3.

Список библиографических ссылок

1. URL: http://www.sciteclibrary.ru/rus/catalog/pages/4070.html (дата обращения: 2.09.2016).
2. URL: http://www.bestreferat.ru/referat-120831.html (дата обращения: 10.09.2016).
3. Ильина О.Н., Ахметзянов Д.И., Каримов С.А. Разработка дорожно-строительного материала на основе твердого нефтяного шлама. Материалы VII международной научно-практической конференции «Академическая наука – проблемы и достижения // н.-и. ц. Академический, 2015. – С. 159-161.

4. Ильина О.Н., Силкин В.В. Нефтяной шлам – отход во вторичное сырье для дорожного строительства // Журнал экологии и промышленной безопасности № 1-2. – Казань: Экоцентр 2014. – С. 106-107.
5. Разработка способа утилизации твердого нефтяного шлама в дорожном строительстве // Труды XV Международного симпозиума «Энергоэффективность и энергосбережение». – Казань: 2015. – С. 252-253.
6. Силкин В.В., Лупанов А.П. Ресурсосберегающие технологии на производственных предприятиях дорожного хозяйства. – М.: Изд-во Экон-информ, 2012. – 231 с.
7. Горячев М.Г. Организация дорожно-строительных работ. – М.: Изд.-во МАДИ, 2013. – 149 с.
8. URL: http://fundamental-research.ru/ru/article/view?id=32515 (дата обращения: 08.15.2016).

Ilina O.N. – candidate of technical sciences, associate professor
E-mail: ilina@kgasu.ru
Ilin I.B. – student
E-mail: ilinignat@mail.ru
Akhmetzyanov D.I. – student
E-mail: akhmetzyanov_93@mail.ru
Karimov S.A. – student
E-mail: salavat-1993@mail.ru
Avtonomov A.Y. – student
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaua st., 1

The device of the experimental section of the road using the developed method of oil sludge disposal

Resume

Nowadays there is no comprehensive solution of recycling of environmentally aggressive oily waste generated at all stages of the life cycle of oil production and refining. The accumulation of sludge in the process of exploitation of oil fields is due to emissions from the preparation of oil discharges, during cleaning tanks, oil-containing drilling fluids used in the manufacture of drilling and discharges under test and workover. A method for processing and disposal of solid sludge consists of the production and road-building materials based on local mineral materials and road pavement layers of commercial roads and platforms based on it. Pilot production introducing the research results showed that the production of the works can be series-produced road cars, machinery and mixing plant. The proposed method of utilization allows to overwork solid oil sludge– neftegrunt completely without the formation of secondary waste, which in turn contributes to environmental safety in the production and refining areas, and the use of oil sludge for road construction is now a part of environmental management in the Republic of Tatarstan.

Keywords: oil sludge, the development of a method of recycling, development and production deployment, experimental plot.

Reference list

1. URL: http://www.sciteclibrary.ru/rus/catalog/pages/4070.html (reference date: 2.09.2016).
2. URL: http://www.bestreferat.ru/referat-120831.html (reference date: 10.09.2016).
3. Ilina O.N., Akhmetzyanov D.I., Karimov S.A. The development of a road-building material on the basis of solid oil sludge. Proceedings of the VII International scientific-practical conference «Academic science – Challenges and Achievements» // n.-i. c. Academic, 2015. – P. 159-161.
4. Ilina O.N., Silkin V.V. Oil sludge – waste into secondary raw materials for road construction // Ecology and Industrial Safety Magazine № 1-2. – Kazan: Ecocenter, 2014. – P. 106-107.
5. Development of a method of solid waste oil sludge in road construction // Proceedings of the XV International Symposium «Energy efficiency and conservation». – Kazan, 2015. – P. 252-253.
6. Silkin V.V., Lupanov A.P. Resource-saving technologies in industrial enterprises of road facilities. – M.: Publishing House of the Eco-inform, 2012. – 231 p.
7. Goryachev M.G. Organization of road construction works. – M.: Publishers MADI, 2013. – 149 p.
8. URL: http://fundamental-research.ru/ru/article/view?id=32515 (reference date: 15.08.2016).

УДК 625.46:574.24
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

Автомобильные дороги Японии

Аннотация
Современная Япония, как и другие страны мира, подвержена пробкам на автомобильных дорогах. Остро встает вопрос доступности в сельские районы страны. И перед стареющей наций встал вопрос об обеспечение безопасной среды для пожилых людей и инвалидов, особенно на улицах современных городов. Для улиц с малой интенсивностью движения, где транспортный поток представлен только легковым автотранспортом, предложены новые геометрические стандарты для, так называемых, малых дорог.
Ключевые слова: автомобильные дороги, Япония, нормы проектирования.

Дороги в Японии содержатся в очень хорошем состоянии. Даже в маленьких городках и деревеньках на дорогах есть разметка, знаки, светофоры, ливнеприемники и т.д. На дорогах много машин и мотоциклов. В Японии много платных дорог. Начинаются они, как и везде, со шлагбаума. Если человек часто передвигается по таким трассам, он может приобрести специальное устройство, которое устанавливается в автомобиль, и при заезде на платную дорогу не нужно останавливаться, чтобы заплатить, шлагбаум автоматически поднимется при приближении такого автомобиля, а в конце месяца придет счет на оплату.

С парковкой в Японии есть небольшие проблемы. Машины паркуют, практически, в домах. В гаражах есть упоры, чтоб не врезаться в стену. Есть такие же упоры и на уличных парковках [1].

Движение транспорта в Японии левостороннее. Это повелось с тех древних времен, когда самураи правили страной. В 1872 в Японии отрывается железная дорога, построенная благодаря Великобритании. Движение по ней так же было левосторонним. Около 1900 года на улицах японских городов появляются первые автомобили. В 1902 году начальник полиции Токио издает приказ о левостороннем движении пешеходов. А в 1924 году левостороннее движение было закреплено официальным законом. После поражения Японии во Второй Мировой Войне, в префектуре Окинава движение было правосторонним. В 1977 году префектура перешла на левостороннее движение по решению правительства Японии.

В современной Японии существует 4 типа автомобильных дорог:

- тип 1 – национальные скоростные дороги – это стратегическая транспортная сеть, распространенная по всей стране для решения национальных, политических, экономических и культурных интересов;
- тип 2 – республиканские автомобильные дороги – совместно с национальными дорогами входят в стратегическую дорожную сеть, выполнены по нормативным требованиям;
- тип 3 – префектурные дорог – это региональная сеть магистральных дорог, выполненная по нормативным требованиям;
- тип 4 – муниципальные дороги находятся в муниципальной юрисдикции.

В 1955 году, соотношение асфальтированных республиканских дорог в Японии было меньше, чем 14 %. Это соотношение резко возросло после того, как автомобилизация стремительно продвигались вперед, достигнув в 1965 году 57 %, 79 % в 1975 году, и сегодня она составляет более 90 %.

В Японии были исследованы и разработаны различные технологии покрытия, которые, процессе эксплуатации, подвергаются большим сезонным перепадам температур и обильным осадкам. Технологии разрабатываются также для решения проблем старения покрытия и снижения экологических проблем.

Дренирующие покрытия, поглощающие шум. Поверхность такого покрытия более пористая, чем у обычного асфальтобетона, она позволяет воде просачиваться вниз, затеи вода течет по наклонной непроницаемой поверхности в сторону водостока. Покрытие имеет не скользкую поверхность даже в дождливую погоду. Проницаемость также подавляет шум от шин.

Водоудерживающие покрытия. Вода удерживается в асфальтобетоне и температура покрытия снижается за счет испарения воды.

Термоизоляционные покрытия. Специальная краска наносится на поверхность покрытия, чтобы отразить инфракрасные лучи от солнца и таким образом уменьшить тепло, которое накапливается в покрытии. Краска контролирует рост температуры поверхности дорожного покрытия, улучшает тепловую среду в жаркую погоду [2, 3, 4].

На фоне финансового кризиса, в Японии наблюдаются пробки на дорогах, остро стоит вопрос удобства доступности в сельские районы, и необходимость сформировать безопасную среду для пожилых людей и людей с ограниченными физическими возможностями, которые должны чувствовать себя безопасно и комфортно. Чтобы реализовать эти требования, геометрические стандарты дорог были пересмотрены.

Для дорог в городских районах, которые используются исключительно легковыми транспортными средствами, уменьшили геометрические параметры. Ширина полосы движения уменьшилась с 3,25 м до 2,75 м (табл. 1, 2). Это позволяет уменьшить стоимость строительства, особенно при наличии моста или тоннеля и строительство может быть завершено в более короткие сроки.

Таблица 1

Параметры дорог при расчетной скорости 60 км/ч, число полос движения 2

Тип дороги	Ширина полосы, м	Ширина обочины, м	Общая Ширина, м
Small Roads	2,75	0,5	6,5
Ordinary Roads	3,25	0,5	7,5

Таблица 2

Ширина полосы движения

Тип дороги	Проектная скорость, км/ч	Ширина полосы движения, м	
		Малые дороги (новое)	Обычные дороги
Тип 1	120 100	3,5	3,5
	80	3,25	
	60	3,0	3,25
Тип 2	80	3,25	3,5
	60	3,0	3,25
Тип 3	80	3,0	3,5
	60	2,75	3,25
	50		3,0
	40		2,75
Тип 4	60	2,75	3,25
	50		3,0
	40		

Для скоростных дорог в сельской местности, предлагаются проектировать 2-х полосные дороги, которые могут быть построены с меньшими затратами, по сравнению с 4-х полосными скоростными дорогами.

В целях обеспечения мобильности пожилых людей и инвалидов, улучшения транспортной доступности тротуары отделяются разделительной полосой (газоном). В городах, где пробки возникают практически каждый день, желательно улучшить перекрестки. Но это сложно из-за невозможности получения земли. С другой стороны, в сельской местности, где население сокращается, настоятельно требуется, чтобы открылись крупные торговые центры и имелась доступность для современного медицинского обслуживание, то есть инфраструктур, которые позволят всем людям, включая пожилых людей и инвалидов, жить полноценной жизнью.

Чтобы удовлетворить эти требования, не рационально применять единые дорожные стандарты конструкции в целом по стране. Это необходимо для того чтобы обеспечить дорогами при минимальных затратах в каждом регионе, с учетом его местных особенностей. И обязательно должны учитываться безопасность всех пешеходов, не только обычных людей, но и пожилых и инвалидов.

Так, новые стандарты были разработаны, чтобы сократить сроки строительства и снизить его стоимость. Во-первых, приняты стандарты для малых дорог (только для легкового автотранспорта), которые минимизируют ширину проезжей части, были разработаны для городских условий, где проблема пробок не стоит еще остро, но сложно получить землю для строительства. Во-вторых, предложены 2-х полосные дороги, которые имеют характеристики безопасности для сельской местности, где интенсивность движения оценивается как низкая. Наконец, нормы безопасности для пешеходов, с учетом движения пожилых людей и инвалидов, исходя из транспортной доступности для всех слоев населения [5, 6].

Ежегодно в Японии вдоль некоторых дорог вырастают «великие снежные стены», высота которых может достигать 20 м. Зимой горные автомобильные дороги заносит снегом так, что, когда в апреле-мае его раскапывают, получаются глубокие каньоны. На это время приходится самый массовый наплыв туристов, когда они едут посмотреть на снежный коридор «Юки-но-Отани» или как его называют еще – «Великая снежная стена».

Чистят снежный коридор сразу несколькими видами транспорта. Сначала в снежную толщу вгрызается автомобиль с буром. Потом в дело вступает экскаватор и аппарат, сначала сгребающий снег, а потом выбрасывающий его на несколько метров вверх. Коммунальные службы чистят проезжую часть ровно по границам разметки дороги. Чтобы раскоп был точным, по границе проезжей части установлены специальные многометровые вышки с вмонтированными в них радиопередатчиками. Их устанавливают до начала снегопадов. Проезд по снежному коридору частному автотранспорту запрещен, а курсирующие здесь туристические автобусы оснащены электродвигателями, чтобы не загрязнять белые стены снежного коридора.

Маршрут Татэяма Куробэ это очень интересная достопримечательность длиной в 90 км. Он проходит через горы высотой более 3-х километров, так называемые «Крыша Японии». Этот маршрут был закончен в 1971 году и соединяет города Тояму и Омати, которые расположены в соседних префектурах [7, 8, 9].

Список библиографических ссылок

1. ITS developed by Japanese Police. Traffic bureau, national police agency. Japan traffic management technology association: Published by Institute of urban traffic research. – 130 с.
2. Roads in Japan – Road Bureau. Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism, 2015. – 74 с.
3. Roads in Japan – Road Bureau. Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism, 2014. – 38 с.
4. Selection of design and construction standards. European Union. Republic of Moldova. – Kocks Consult GmbH in association with Universinj ltd, 2008. – 19 с.
5. Hirofumi Ohnishi, Yukihiro Tsukada, Nozomu Mori, Takaharu Kiriyama. Recent Developments of Road Geometric Design in Japan // 3rd International Symposium on Highway Geometric Design, 2005. – 20 с.
6. White paper on land, infrastructure, transport and tourism in Japan. – Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism, 2012. – 289 с.
7. Geothermal and solar heat used to melt snow on roads. – Caddet. Renewable energe. Technical Brochure, № 76. – 4 с.
8. Motoki Asano, Masayuki Hirasawa. Characteristics of traffic accidents in cold, snowy hokkaido, Japan. – Civil Engineering Research Institute, 2002. – 18 с.
9. Carsten Bredahl Nielsen, Hans Bendtsen, Bent Andesen, H.J. Ertman Larsen. Noise reducing pavements in Japan. – Danish Road Institute. Technical note 31, 2005. – 70 с.

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

Roads of Japan

Resume

In Japan various coating technology was researched and developed, which during the process of operation are subjected to large seasonal temperature changes and heavy rainfall. The technology is developed to solve problems of the coating ageing and reduce environmental problems.

Draining coatings, absorbing noise. The surface of the coating is more porous than conventional asphalt, it allows water to seep down, then water flows on a sloping impervious surface in the direction of the drain. The coating has a non-slippery surface, even in wet weather. Permeability also suppresses noise from the tires.

Water retention coating. Water is retained in the asphalt concrete and the temperature of the coating is reduced due to the evaporation of water.

Thermal insulation coating. Special paint is applied to the surface of the coating to reflect infrared rays from the sun and thus reduce the heat which accumulates in the coating. Paint controls the temperature rise on the surface of the pavement, improves the thermal environment in hot weather.

For roads in urban areas that are used exclusively by passenger vehicles, reduced geometrical parameters. Lane width was reduced from 3,25 m to 2,75 m. This allows to reduce the cost of construction, especially in the presence of a bridge or tunnel and the construction can be completed in a shorter time.

For high-speed roads in rural areas, are proposed to design 2 line roads that can be built with lower cost, compared with the 4 line high-speed roads.

In order to ensure mobility of elderly and disabled people, improvements of transport accessibility of sidewalks separated by a dividing strip (lawn). In cities where traffic jams occur almost every day, it is desirable to improve the intersections. But it is difficult because of the impossibility of obtaining land. On the other hand, in rural areas where the population is shrinking, there is an urgent need to open large shopping malls and to have an accessibility to modern medical care, that is, infrastructures that will allow all people, including the elderly and persons with disabilities to live a full life.

Keywords: road, Japan, design standards.

Reference list

1. ITS developed by Japanese Police. Traffic bureau, national police agency. Japan traffic management technology association. – Published by Institute of urban traffic research. – 130 p.
2. Roads in Japan – Road Bureau. Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism, 2015. – 74 p.
3. Roads in Japan – Road Bureau. Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism, 2014. – 38 p.
4. Selection of design and construction standards. European Union. Republic of Moldova. – Kocks Consult GmbH in association with Universinj ltd, 2008. – 19 p.
5. Hirofumi Ohnishi, Yukihiro Tsukada, Nozomu Mori, Takaharu Kiriyama. Recent Developments of Road Geometric Design in Japan // 3rd International Symposium on Highway Geometric Design, 2005. – 20 p.
6. White paper on land, infrastructure, transport and tourism in Japan. – Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism, 2012. – 289 p.
7. Geothermal and solar heat used to melt snow on roads. – Caddet. Renewable energe. Technical Brochure, № 76. – 4 p.
8. Motoki Asano, Masayuki Hirasawa. Characteristics of traffic accidents in cold, snowy hokkaido, Japan. – Civil Engineering Research Institute, 2002. – 18 p.
9. Carsten Bredahl Nielsen, Hans Bendtsen, Bent Andesen, H.J. Ertman Larsen. Noise reducing pavements in Japan. – Danish Road Institute. Technical note 31, 2005. – 70 p.

УДК 621.757
Махмутов М.М. – кандидат технических наук, старший преподаватель
E-mail: maratmax@yandex.ru
Сахапов Р.Л. – доктор технических наук, профессор
E-mail: rustem@sakhapov.ru
Земдиханов М.М. – кандидат технических наук, доцент
E-mail: mr.minsur@mail.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

Прямая и обратная задача кинематической точности строительных роботов

Аннотация

В статье рассмотрены вопросы кинематической точности манипуляционных промышленных роботов. Получены зависимости, связывающие суммарную погрешность позиционирования робота через погрешности координат, параметры программируемого манипулятора и его положение в рабочей зоне.

Для заданного положения захватного устройства робота рассчитаны обобщенные координаты, но эти значения обычно находятся путем решения обратных задач о положениях манипулятора. Поставлена и решена прямая и обратная задача кинематической точности манипуляционных роботов.

Ключевые слова: кинематическая точность, погрешность позиционирования, линейная и угловая ошибка программирования, прямая и обратная задачи кинематической точности.

Введение

Реализация заданных положений схвата с необходимой точностью имеет важное значение при работе манипулятора.

Точность позиционирования манипулятора оценивается его погрешностью позиционирования, отклонением фактического положения выходного звена исполнительного механизма от установившегося значения.

Погрешность позиционирования оценивается в линейных и угловых величинах [1, 2].

Точность позиционирования промышленных роботов является его важнейшей и комплексной характеристикой, от которой непосредственно зависит выполнение заданной технологической операции.

Погрешность позиционирования робота зависит от многих факторов: от точности обработки системой управления [3, 4], управляемых, обобщенных координат исполнительного механизма, от точности обработки деталей конструкции, от деформации звеньев основного и передаточного механизмов и других факторов.

В различных условиях функционирования робота наиболее важную роль могут играть различные факторы. Ниже рассмотрим одну из важнейших составляющих – кинематическую точность робота.

Основная часть

Кинематическая точность робота – эта погрешность положения выходного звена исполнительного механизма робота, возникающего за счет ошибок обработки приводами и системы управления программных значений обобщенных управляемых координат.

Для большинства промышленных роботов средней грузоподъемности от 10 до 50 кг эти ошибки являются основными, влияющими на основную погрешность позиционирования [4, 5].

Под программируемыми значениями обобщенных координат будем понимать их значения, найденные для заданного положения захватного устройства робота, но эти значения обычно определяются путем решения обратных задач о положениях манипулятора [6, 7].

Действительные значения обобщенных координат манипулятора отличаются от программных на величину Δq_i (i=1,…,n), где n – число степеней свободы системы, поэтому действительное положение схвата будет отличаться от заданного.

Для определения линейных ошибок с захватным устройством свяжем систему координат Ox и z и ее заданное программное положение $O_п x_п y_п z_п$ будет отличаться от действительного положения $O_д x_д y_д z_д$ (рис. 1).

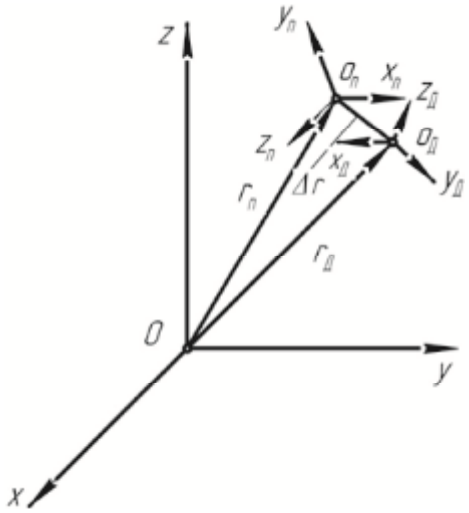


Рис. 1. К расчету ошибки позиционирования робота

Величину $\overline{\Delta r} = \bar{r}_п - \bar{r}_д$ будем называть линейной ошибкой манипулятора, а угол на который следует повернуть систему $O_i x_i y_i z_i$, чтобы сделать ее оси параллельными соответствующим осям системы $O_j x_j y_j z_j$, называется угловой ошибкой робота. Эйлера-Даламбер [3] на основе теоремы доказал возможность поворота.

Произвольной точки захватного устройства с радиус-вектором определится:

$$\bar{r} = \bar{r}(q_i),\ i=1,\ldots,n, \tag{1}$$

где n – число степеней подвижности манипулятора.

Продифференцировав последнее выражение, получим:

$$d\bar{r} = \sum_{i=1}^{n} \frac{\partial \bar{r}}{\partial q_i} dq_i. \tag{2}$$

Решая дифференциалы, найдем линейную ошибку:

$$\overline{\Delta r} = \sum_{i=1}^{n} \frac{\partial \bar{r}}{\partial q_i} \Delta q_i, \tag{3}$$

где q_i – ошибки обобщенных координат.

Координаты вектора $\bar{r}$ в неподвижной системе координат можно определить путем использования умножения координат точки схвата в системе координат, связанной со схватом на матрицы, определяющие относительное положение звеньев, следующим образом:

$$\|\bar{r}\| = M_1, M_2, \ldots, M_n, \|\bar{r}_n\|, \tag{4}$$

где $\|\bar{r}\|$ – столбец координат вектора $\bar{r}$ в неподвижной системе координат, $\|\bar{r}_n\|$ – столбец координат точки схвата в системе координат, связанного со схватом M_i (i = 1,…, n) – матрицы перехода четвертого порядка от звена i и звена i_{-1}.

При большом числе степеней свободы выражение для координат вектора $\bar{r}$ оказываются весьма громоздкими. Кроме того, для получения выражения линейной ошибки эти выражения необходимо дифференцировать, что весьма трудоемко. Далее по формуле определим линейную ошибку не содержащую операцию дифференцирования. Считая векторы относительных угловых скоростей скользящими, запишем выражение вектора линейной скорости точки схвата в виде:

$$\bar{v} = \sum_j \overline{\omega_j} \cdot \overline{r_{jn}} + \sum_i \bar{v}_i, \tag{5}$$

где j – номер вращательной пары; i – номер поступательной пары.

Но

$$\begin{aligned}\bar{\omega}_{\mathrm{j}} &= \dot{\beta}_{\mathrm{j}} \cdot \bar{\mathrm{e}}_j,\\ \bar{v}_i &= \dot{\mathrm{s}}_i \cdot \bar{\mathrm{e}}_i,\end{aligned} \tag{6}$$

где $\mathrm{e}_j, \mathrm{e}_i$ – орты соответственно вращательных и поступательных пар, $\dot{\varphi}_{\mathrm{j}}, \dot{\mathrm{s}}_i$ – углы поворотов и перемещения в поступательных парах соответственно, определяемые по формулам: $\dot{\beta}_{\mathrm{j}} = \frac{\mathrm{d}\varphi_{\mathrm{j}}}{\mathrm{dt}}$; $\dot{\mathrm{s}}_i = \frac{\mathrm{d}s_{\mathrm{i}}}{\mathrm{dt}}$.

Тогда на основе (4) получим:

$$d\bar{r} = \sum_j \mathrm{d}\varphi \cdot \bar{\mathrm{e}}_j \cdot \bar{\mathrm{r}}_{\mathrm{j}} + \sum_i \mathrm{d}s_{\mathrm{i}} \cdot \bar{\mathrm{e}}_i, \tag{7}$$

или в конечной форме выражение для линейной ошибки манипулятора:

$$\Delta\bar{r} = \sum_j \Delta\varphi_j \cdot \bar{\mathrm{e}}_j \cdot \bar{\mathrm{r}}_{\mathrm{j}} + \sum_i \Delta s_{\mathrm{i}} \cdot \bar{\mathrm{e}}_i, \tag{8}$$

где $\Delta\varphi_{\mathrm{j}}$, $\Delta\mathrm{s}_{\mathrm{i}}$ – ошибки соответственно во вращательных и поступательных парах.

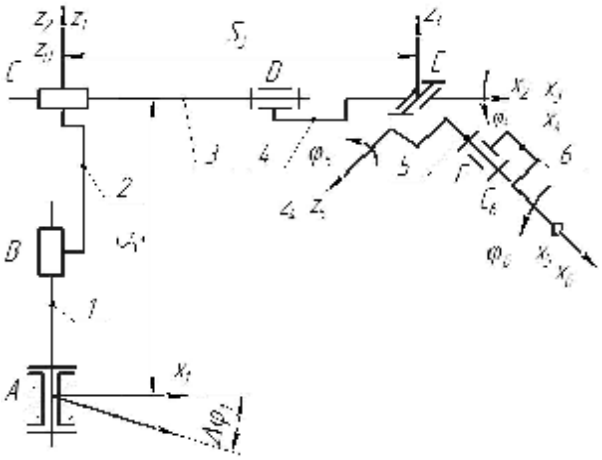


Рис. 2. Схема компоновки манипулятора

В частности погрешность положения выходного звена модульного робота РПМ-25, показанного на рис. 2 может быть представлена в виде:

$\overline{\Delta r_6} = \overline{\Delta\varphi_6} \cdot (\bar{\mathrm{e}}_1 \cdot \overline{r_{16}}) + \Delta s_2 \cdot \bar{\mathrm{e}}_2 + \Delta s_3 \cdot \bar{\mathrm{e}}_3 + \overline{\Delta\varphi_4} \cdot (\bar{\mathrm{e}}_4 \cdot \overline{r_{46}}) + \Delta\varphi_5 \cdot (\bar{\mathrm{e}}_5 \cdot \overline{r_{56}}) + \Delta\varphi_6 \cdot (\bar{\mathrm{e}}_6 \cdot \overline{r_6})$,

где $\overline{r_{46}}, \overline{r_{56}}, \overline{r_6}$ – радиус-векторы, определяющие положение точки схвата, относительно центров пар D, E и F соответственно.

Считая угол поворота малым, погрешность угла поворота запишем:

$$\Delta\bar{\varphi} = \sum_j \Delta\bar{\mathrm{q}}_{\mathrm{j}} = \sum_{\mathrm{j}} \Delta q_j \cdot \bar{\mathrm{e}}_j, \tag{9}$$

где $\Delta\mathrm{q}_{\mathrm{j}}$ – ошибка обобщенной координаты во вращательной кинематической пары, $\bar{\mathrm{e}}_j$ – орт оси шарнира j.

Так как векторы $\Delta\mathrm{q}_{\mathrm{j}}$ и $\bar{\mathrm{e}}_{\mathrm{j}}$ заданы, то последнюю формулу запишем в виде:

$$\Delta\bar{\varphi} = \sum_j \prod L_j \cdot \Delta q_j \cdot \bar{\mathrm{e}}_j\,, \tag{10}$$

где L_{j} – матрица перехода третьего порядка от системы номера j к системе j_{-1}.

Возможность выполнения роботом заданной технологической операции определяется соотношением ошибки позиционирования задаваемой операцией и ошибкой позиционирования реализуемой работы.

Практически важной является задача распределения ошибки позиционирования обычно задаваемой выполняемой технологической операцией на допустимые ошибки отработки приводами и системы управления.

В случае модульных промышленных роботов речь идет о назначении допустимых ошибок позиционирования модулей. Эта задача является достаточно неопределенной, так как заданную точность позиционирования робота можно обеспечить, устанавливая по-разному предельные ошибки модулей.

Одно из решений может быть построено на основе принципа равного влияния ошибок модулей на ошибку позиционирования схвата.

Пусть величина предельной абсолютной погрешности робота задана, тогда:

$$\Delta r \leq \sum_{j=1}^{n} \left|\frac{\partial r}{\partial q_j}\right| \cdot \left|\Delta q_j\right|. \quad (11)$$

Все слагаемые суммарной погрешности позиционирования от ошибок модулей должны равняться.

Тогда

$$\left|\frac{\partial r}{\partial q_1}\right| \cdot \Delta q_1 = \left|\frac{\partial r}{\partial q_2}\right| \cdot \Delta q_2 = \left|\frac{\partial r}{\partial q_3}\right| \cdot \Delta q_3 = \left|\frac{\partial r}{\partial q_n}\right| \cdot \Delta q_n = \frac{\Delta r}{\mathrm{n}}, \quad (12)$$

где Δq_1, Δq_2, Δq_3, Δq_n – ошибки обобщенных координат, $\bar{r}$ – радиус-вектор произвольной точки захватного устройства.

Откуда:

$$\Delta q_i = \frac{\Delta r}{\mathrm{n} \cdot \left|\frac{\partial \bar{r}}{\partial q_n}\right|}, (i = 1, \dots, n). \quad (13)$$

Последняя формула позволяет назначить требование по точности на обработку приводами значений обобщенных координат.

Заключение

Возможность выполнения роботом заданной технологической операции определяется соотношением ошибки позиционирования задаваемой операцией и ошибкой позиционирования реализуемой работы.

Для расчета позиционирования модульных промышленных роботов нужно правильно назначить допустимые ошибки позиционирования модулей. Данная задача является достаточно неопределенной, так как установленные по-разному предельные ошибки модулей меняют заданную точность позиционирования.

Список библиографических ссылок

1. Козырев Ю.П., Воробьев Е.И. Промышленные роботы агрегатно-модульного типа. – М.: Изд-во Машиностроение, 1988. – 240 с.
2. Демидович Б.П., Марон И.А. Основы вычислительной математики. – М.: Изд-во Физматгиз, 1963. – 660 с.
3. Козырев Ю.П. Промышленные роботы: справочник. – М.: Изд-во Машиностроение, 1983. – 376 с.
4. Лурье А.И. Аналитическая механика: справочник. – М.: Изд-во Физматгиз, 1961. – 824 с.
5. Махмутов М.М. Определение передаточной и переходной функций ходовой системы агрегата // Техника и оборудование для села, 2013, № 5. – С. 21-23.
6. Махмутов М.М. Оптимизация параметров конусности стойки устройства противоскольжения // Тракторы и сельхозмашины, 2013, № 6. − С. 31-33.
7. Махмутов М.М., Сахапов Р.Л., Обзор исследований по взаимодействию снежного покрова с различными рабочими органами коммунальных машин // Известия Самарского научного центра РАН, 2016, том 18, № 1. – С. 432-434.
8. Сахапов Р.Л., Махмутов М.М. Теория функционирования механической энергии в строительных машинах // Механизация строительства, т. 77, 2016, № 8. – С. 17-21.
9. Габдуллин Т.Р., Загретдинов Р.В. Повышение производительности систем управления дорожно-строительной техникой при использовании систем глобального спутникового позиционирования // Известия КГАСУ, 2014, № 4 (26). – С. 397-402.
10. Габдуллин Т.Р. Разработка лесопильного узла к одноковшовому экскаватору // Механизация строительства, 2015, № 8 (854). – С. 6-8.

Makhmutov M.M. – candidate of technical sciences, senior lecturer
E-mail: maratmax@yandex.ru
Sakhapov R.L. – doctor of technical sciences, professor,
E-mail: rustem@sakhapov.ru
Zemdikhanov M.M. – candidate of technical sciences, assistant professor
E-mail: mr.minsur@mail.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Direct and inverse problem of kinematic accuracy of industrial robots

Resume

In the article was reviewed the questions of kinematic accuracy of manipulating industrial robots. Received dependences of linking the overall error positioning of the robot through an inaccuracy, parameters programmable manipulator and its position in the working area. Stated and solved the direct and inverse problem of kinematic accuracy manipulation robots.

The error of the robot positioning depends on many factors: the accuracy of the processing management system, controlled, generalized coordinates of the actuator, the accuracy of processing the details of construction, the deformation of the main units and gear mechanisms and other factors.

In various robot operating conditions the most important role can play a variety of factors. Below is a look at one of the major components – a kinematic robot accuracy.

Under the programmable values of the generalized coordinates will understand the value found for a given position of a gripper device of a robot, but these values are usually determined by solving the inverse problems about the provisions of the manipulator. Set and solved the direct and inverse kinematic precision manipulator robots.

Keywords: kinematic accuracy, accuracy linear and angular of position programming error, direct and inverse kinematic accuracy.

Reference list

1. Kozyrev Y.P., Vorobyev E.I. Industrial robots aggregate-modular. – M.: Mashinostroenie, 1988. – 240 p.
2. Demidovich B.P., Maron I.A. Foundations of computational mathematics. – M.: Fizmatgiz, 1963. – 660 p.
3. Kozyrev Y.P. Industrial robots. – M.: Mashinostroenie, 1983. – 376 p.
4. Lurie A.I. Analytical mechanics. – M.: Fizmatgiz, 1961. – 824 p.
5. Makhmutov M.M. Determination of the transfer and transition functions running system potato unit // Technica i oborudovanie dlya sela, 2013, № 5. – P. 21-23.
6. Makhmutov M.M. Optimization of parameters of taper of the strut device chains // Tractori i chelhozmachiny, 2013, № 6. − P. 31-33.
7. Sakhapov R.L., Makhmutov M.M. A review of studies of the interaction of snow cover with various working bodies utility vehicles // Izvestiya Samarskogo nauchnogo chentra RAN, 2016, vol. 18, № 1. – P. 432-434.
8. Sakhapov R.L., Makhmutov M.M. Theory of the functioning of the mechanical energy in construction machinery // Mechanizasiya stroitelstva, 2016, vol. 77, № 8. – P. 17-21.
9. Gabdullin T.R., Zagretdinov R.V. Improving the performance of control systems for road construction equipment with global positioning satellite // Izvestiya KGASU, 2014, № 4 (26). – P. 397-402.
10. Gabdullin T.R. the Development of the sawmill site to a shovel excavator // Mechanizasiya stroitelstva, 2015, № 8 (854). – P. 6-8.

УДК 539.3
Хамитов Т.К. – кандидат технических наук, старший преподаватель
E-mail: tagirkx@yandex.ru
Фатыхова Р.Р. – студент
E-mail: regishka_f93@mail.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

Об устойчивости упругопластической цилиндрической оболочки при продольном ударе

Аннотация

Рассматривается задача устойчивости упругопластической цилиндрической оболочки при продольном ударе. Известно, что для металлической оболочки при определенных соотношениях толщины к радиусу потеря устойчивости при продольном сжатии происходит за пределом упругости. Для двух видов нагружения оболочки получены критические напряжения с учетом конечности скорости распространения продольной волны. Задача решена в осесимметричной постановке при первом прохождении продольной волны сжатия вдоль оболочки. Используется статический критерий устойчивости. Показано, что при продольном ударе значения критических напряжений более чувствительны к характеру напряженного состояния за фронтом продольной волны, чем к учету конечности скорости распространения последней.

Ключевые слова: цилиндрическая оболочка, потеря устойчивости, продольная волна, критическое напряжение.

В настоящее время вопросам динамического поведения стержней, пластин и оболочек при ударных и быстро возрастающих нагрузках посвящено большое количество исследований. Обзор некоторых из них приводится в [1, 2], где в основном изучалось процесс возрастания прогибов во времени. К задачам, которые решаются в данной статье, непосредственное отношение имеют работы [3, 4], где рассматривалась устойчивость стержня и цилиндрической оболочки при продольном ударе в упругопластической постановке с учетом распространения продольной волны. В работе [5] изучалась устойчивость упругопластических стержней при различных граничных условиях. Здесь также определяются критические напряжения при первом прохождении продольной волны сжатия вдоль оболочки. Задача в упругой постановке рассматривалась в [6, 7]. Относительно методики решения и критерия потери устойчивости сохраняются те же предположения, что в вышеуказанных работах.

Постановка задачи

Рассмотрим цилиндрическую оболочку длиной l, радиусом R и толщиной h, на торце (незакрепленном в продольном направлении) которой прикладывается напряжение σ_0, превышающее предел пропорциональности материала. Диаграмма сжатия материала с линейным упрочнением показана (рис. 1), где E, E_k, E_c, – упругий, касательный и секущий модули соответственно. При этом рассмотрим два вида нагружения торца оболочки:

1) напряжение σ_0 прикладывается мгновенно (рис. 2);

2) напряжение линейно возрастает во времени от нуля до максимального значения σ_0 (рис. 3).

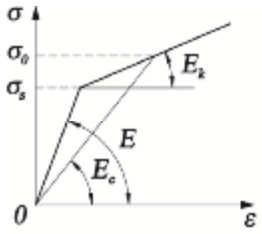


Рис. 1. Диаграмма сжатия материала с линейным упрочнением

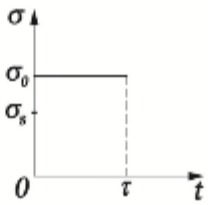


Рис. 2. «Мгновенное» приложение напряжения на ударяемом торце

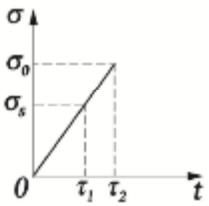
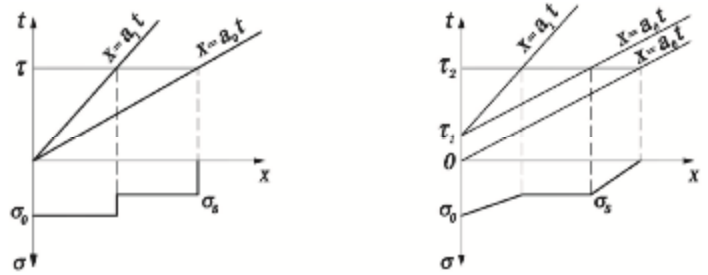


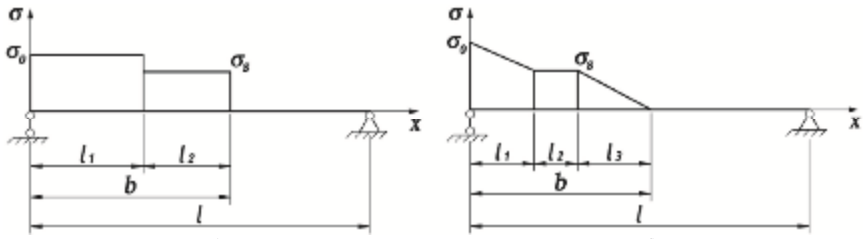
Рис. 3. Напряжение на ударяемом торце возрастает по линейному закону

Напряженное состояние оболочки по длине известно [8]. В первом случае от ударяемого торца распространяются упругая волна со скоростью $a_0 = \sqrt{E / r}$ с напряжением за фронтом волны, равным пределу пропорциональности σ_s, и пластическая волна со скоростью $a_1 = \sqrt{E_k / r}$ с напряжением σ_0 за фронтом волны (рис. 4а). Перед фронтом продольной волны невозмущенный участок стержня с нулевым уровнем напряжений. Во втором случае в начальный момент времени от ударяемого торца оболочки распространяется упругая волна с нулевым уровнем напряжений и со скоростью a_0 (рис. 4б). Вслед за ней в промежутке времени $0<t<\tau_1$, начинают распространяться волны, несущие на своем фронте напряжение $0<\sigma(t)<\sigma_s$ (где τ_1 – момент времени, при котором напряжения на торце $\sigma(t)=\sigma_s$). В момент $t=\tau_1$ одновременно начинают распространяться две волны с разными скоростями a_0 и a_1. По длине оболочки образуется участок с постоянным уровнем напряжений σ_s. При напряжениях на торце оболочки, сколь угодно мало превосходящих напряжение σ_s, распространяются пластические волны со скоростью a_1. Будем изучать устойчивость оболочки вплоть до τ_2, когда напряжения достигают на торце величины $\sigma(t) = \sigma_0$. Таким образом, в отличие от первого вида нагружения, по длине оболочка разбивается на четыре участка с различным уровнем напряжений (рис. 5б). Если устремить τ_1, $\tau_2 \to 0$, то приходим к картине напряжений, показанной на рис. 5а. В дальнейшем предполагается, что потеря устойчивости происходит при первом прохождении волны вдоль оболочки.



а) б)

Рис. 4. Распространение продольных волн вдоль оболочки:
а) при мгновенном приложении напряжения; б) при линейном возрастании напряжения



а) б)

Рис. 5. Напряженное состояние оболочки по длине: а) при мгновенном приложении напряжения; б) при линейном возрастании напряжения на ударяемом торце

Эпюры продольных напряжений по длине оболочки, соответствующие двум видам нагружения, показаны на рис. 5. На рис. 5а: b – полная длина сжатой части оболочки, l_1 – длина участка, где напряжения равны σ_0, l_2 – длина участка, где напряжения равны пределу пропорциональности материала σ_s. Между длинами участков имеют место соотношения:

$$b = a_0 t,\ l_1 = a_1 t,\ b = l_1 + l_2,\ l_1 = b\frac{a_1}{a_0} = b\sqrt{\frac{E_k}{E}},\ l_2 = b\left(1 - \sqrt{\frac{E_k}{E}}\right). \quad (1)$$

Выражения для длин по рис. 3-5б запишутся в виде:

$$l_1 = a_1(t_2 - t_1);\ \ l_2 = (a_0 - a_1)(t_2 - t_1);\ \ l_3 = a_0 t_1;\ \ b = l_1 + l_2 + l_3 = a_0 t_2. \quad (2)$$

Учитывая, что $\tau_1=\tau_2\sigma_s/\sigma_0$ (рис. 3), выражения (2) можно представить в иной форме:

$$l_1 = b\sqrt{\frac{E_k}{E}}\left(1 - \frac{s_s}{s_0}\right);\ \ l_2 = b\left(1 - \sqrt{\frac{E_k}{E}}\right)\left(1 - \frac{s_s}{s_0}\right);\ l_3 = b\frac{s_s}{s_0}. \quad (3)$$

Решение

Уравнение возмущенного движения оболочки в осесимметричной постановке запишем в виде [9]:

$$\frac{\partial^2}{\partial x^2}\left((D_2-D_3)\frac{\partial^2 w}{\partial x^2}\right)+\frac{\partial}{\partial x}\left(\left(\frac{B_2}{2R}+s_i h\right)\frac{\partial w}{\partial x}\right)+\frac{3B_1}{4R^2}w+r h\frac{\partial^2 w}{\partial t^2}=0. \quad (4)$$

Здесь все обозначения общепринятые. При выводе уравнения (4) использована теория деформаций [10]. Коэффициенты B_1, B_2, D_2, D_3, характеризующие жесткость оболочки при пластических деформациях, зависят от параметра $\bar{z}_0$ – относительной координаты, определяющую толщину слоя разгрузки. В монографии [9] показано, что «…в достаточно большом числе случаев потери устойчивости оболочек, с которыми приходится иметь дело в инженерной практике, …наименьшие значения критических нагрузок будут реализовываться при $\bar{z}_0=1$, т.е. при исчезающей толщине слоя разгрузки».

1. Рассмотрим первый вид нагружения. При первом прохождении волны вдоль оболочки первая и вторая зоны оболочки будут изгибаться как пластическая среда, а третья зона – как упругая [3]. Запишем выражения для коэффициентов B_1, B_2, D_2, D_3:

$$D_2-D_3=\begin{cases}\dfrac{E_c+3E_k}{36}h^3 & при \quad 0\le x\le l_1\\ \dfrac{E+3E_k}{36}h^3 & при \quad l_1<x\le b,\\ \dfrac{Eh^3}{12(1-m^2)} & при \quad b<x\le l.\end{cases} \quad (5)$$

где μ – коэффициент Пуассона.

$$B_1,\ \left(\frac{B_2}{2R}+s_i h\right)=\begin{cases}\dfrac{4}{3}E_c h, & \dfrac{h^2}{2}(E_c-E_k)+s_0 h & при \quad 0\le x\le l_1\\ \dfrac{4}{3}Eh, & \dfrac{h^2}{2}(E-E_k)+s_s h & при \quad l_1<x\le b,\\ \dfrac{4}{3}Eh, & 0 & при \quad b<x\le l.\end{cases} \quad (6)$$

Пусть оболочка на торцах шарнирно оперта. Решение уравнения (4) ищем в виде:

$$w(x,t)=e^{iwt}\sum_{k=1}^{\infty}f_k\sin(l_k x),\quad l_k=\frac{kp}{l},\quad (k=1,2,3...). \quad (7)$$

Коэффициенты (5) и (6) также представим в виде рядов:

$$(D_2-D_3)=\sum_{k=0}^{\infty}d_k\cos(l_k x), \quad (8)$$

$$\left(\frac{B_2}{2R}+s_i h\right)=\sum_{k=0}^{\infty}b_k\cos(l_k x), \quad (9)$$

$$\frac{3B_1}{4R^2}=\sum_{k=0}^{\infty}c_k\cos(l_k x), \quad (10)$$

где $d_0=\dfrac{h^3}{36l}\left[(E_c-E)l_1+(3E_k+E)b+\dfrac{3E}{1-m^2}(l-b)\right]$,

$$d_k=\frac{h^3}{18p\,k}\left[(E_c-E)\sin(l_k l_1)+\left(3E_k+E-\frac{3E}{1-m^2}\right)\sin(l_k b)\right],$$

$$b_0=\frac{h}{l}\left[\left(\frac{h}{4R}(E_c-E)+s_0-s_s\right)l_1+\left(\frac{h}{4R}(E-E_k)+s_s\right)b\right],$$

$$b_k=\frac{2h}{p\,k}\left[\left(\frac{h}{4R}(E_c-E)+s_0-s_s\right)\sin(l_k l_1)+\left(\frac{h}{4R}(E-E_k)+s_s\right)\sin(l_k b)\right],$$

$$c_0=\frac{h}{R^2 l}\left[E(l-l_1)+E_c l_1\right],\ c_k=\frac{2h}{R^2 p\,k}(E_c-E)\sin(l_k l_1).$$

Подставляя (7)-(10) в (4), после некоторых преобразований получим бесконечный ряд, равный нулю:

$$\sum_{k=1}^{\infty}\sin l_k x\left[f_k\Omega_k + \sum_{i=k+1}^{\infty} f_i a_{ki} + \sum_{i=1}^{k-1} f_i a_{ki} \right] = 0, \tag{11}$$

где $a_{kk}=\Omega_k=\lambda_k{}^4(2d_0-d_{2k})-\lambda_k{}^2(2b_0+b_{2k})+2c_0-c_{2k}-2\rho h\omega^2$ при $i=k$,
$a_{ik}=a_{ki}=\lambda_i{}^2\lambda_k{}^2(d_{i-k}-d_{i+k})-\lambda_i\lambda_k(b_{i-k}+b_{i+k})+c_{i-k}-c_{i+k}$ при $i\neq k$.

Условие существования отличного от нулевого решения уравнения (11) приводит к бесконечной системе однородных алгебраических уравнений для неизвестных f_k:

$$f_k\Omega_k + \sum_{i=k+1}^{\infty} f_i a_{ki} + \sum_{i=1}^{k-1} f_i a_{ki} = 0, \quad (k=1,2,3...). \tag{12}$$

Согласно статическому критерию устойчивости [3-7] (равенство нулю частоты колебаний) критический параметр определяется как наименьший корень уравнения:

$$\det\left\|a_{ik}\right\| = 0. \tag{13}$$

2. Теперь рассмотрим второй вид нагружения. В этом случае оболочка по длине разбивается на четыре зоны с разными значениями напряжений в каждой зоне (рис. 5б). Коэффициенты B_1, B_2, D_2, D_3 имеют вид:

$$(D_2 - D_3),\ B_1 = \begin{cases} \dfrac{E_c+3E_k}{36}h^3, & \dfrac{4}{3}E_c h, \quad при \quad 0 \le x \le l_1 \\ \dfrac{E+3E_k}{36}h^3, & \dfrac{4}{3}Eh \quad при \quad l_1 < x \le l_1 + l_2, \\ \dfrac{Eh^3}{12(1-m^2)}, & \dfrac{4}{3}Eh \quad при \quad l_1 + l_2 < x \le b, \\ \dfrac{Eh^3}{12(1-m^2)}, & \dfrac{4}{3}Eh \quad при \quad b < x \le l. \end{cases} \tag{14}$$

$$\frac{B_2}{2R} + s_i h = \begin{cases} \dfrac{h^2}{4R}(E_c - E_k) + s_s h + \dfrac{(s_0 - s_s)}{l_1}(l_1 - x)h & при \quad 0 \le x \le l_1, \\ \dfrac{h^2}{4R}(E - E_k) + s_s h & при \quad l_1 < x \le l_1 + l_2, \\ s_s\dfrac{(b-x)}{l_3}h & при \quad l_1 + l_2 < x \le b, \\ 0 & при \quad b < x \le l. \end{cases} \tag{15}$$

Коэффициенты рядов (8)-(10) примут вид:

$$d_0 = \frac{h^3}{36l}\left[(E_c - E)l_1 + \left(3E_k + E - \frac{3E}{1-m^2} \right)(b - l_3) + \frac{3E}{1-m^2}l \right],$$

$$d_k = \frac{h^3}{18p\,k}\left[(E_c - E)\sin(l_k l_1) + \left(3E_k + E - \frac{3E}{1-m^2} \right)\sin\left(l_k (b - l_3) \right) \right],$$

$$b_0 = \frac{h}{2l}\left[\left(\frac{h}{2R}(E_c - E) + s_0 - s_s \right)l_1 + \left(\frac{h}{2R}(E - E_k) + s_s \right)(b - l_3) + s_s b \right],$$

$$b_k = \frac{2h}{p\,k}\left[\frac{h}{4R}(E_c - E)\sin(l_k l_1) + \frac{h}{4R}(E - E_k)\sin\left(l_k (b - l_3) \right) + \right.$$

$$\left. + \frac{s_0}{l_k b}\sqrt{\frac{E}{E_k}}\left(1 - \cos(l_k l_1)\right) + \frac{s_0}{l_k b}\left(\cos\left(l_k (b - l_3) \right) - \cos(l_k b) \right) \right],$$

$$c_0 = \frac{h}{R^2 l}\left[El + (E_c - E)l_1 \right],\ c_k = \frac{2h}{R^2 p\,k}(E_c - E)\sin(l_k l_1).$$

Результаты расчета

Для примера рассмотрена оболочка из дюралюминия Д16Т с данными $E=7{,}5\cdot10^6$ *кг/см*^{2}, $E_k=3{,}72\cdot10^6$ *кг/см*^{2}, $\sigma_s=2000$ *кг/см*^{2} [11]. В табл. 1-2 приведены критические

напряжения σ_0 зависимости от параметра $\eta=b/l$ (η – отношение длины сжатого участка к полной длине оболочки) при некоторых значениях R/h и l/R. В табл. 1 даны результаты расчета для первого случая нагружения оболочки, в табл. 2 – для второго. Для обеспечения точности вычислений критические напряжения находились из определителей двухсотого порядка. В скобках даны значения σ_0/σ_{cm}, где σ_{cm} – критическое напряжение при статической потере устойчивости [9]:

$$s_{cm} = \frac{h}{R} E_c \left[\frac{1}{3} \sqrt{1 + \frac{E_k}{E_c}} - \frac{1}{4} \left(1 - \frac{E_k}{E_c} \right) \right]. \qquad (16)$$

Таблица 1

$\frac{l}{R}$	$\frac{h}{R}$	**0,2**	**0,3**	**0,4**	**0,5**	**0,6**	**0,7**	**0,8**	**0,9**	**1**
2	**100**	3215,67 (1,155)	3052 (1,059)	2984,25 (1,035)	2950,77 (1,024)	2932,35 (1,017)	2921,08 (1,013)	2913,38 (1,011)	2907,64 (1,009)	2903,17 (1,007)
4		2984,25 (1,035)	2932,36 (1,017)	2913,38 (1,011)	2903,17 (1,007)	2897,05 (1,005)	2893,52 (1,004)	2891,19 (1,003)	2889,41 (1,002)	2888,15 (1,002)
2	**50**	6898,06 (1,196)	6460,75 (1,121)	6164,7 (1,069)	6036 (1,047)	5978,35 (1,037)	5913,62 (1,026)	5890,85 (1,022)	5863,78 (1,017)	5845,43 (1,014)
4		6164,7 (1,069)	5978,37 (1,037)	5890,85 (1,022)	5845,43 (1,014)	5822,06 (1,01)	5809,06 (1,008)	5800 (1,006)	5792,7 (1,005)	5787,23 (1,004)

Таблица 2

$\frac{l}{R}$	$\frac{h}{R}$	**0,2**	**0,3**	**0,4**	**0,5**	**0,6**	**0,7**	**0,8**	**0,9**	**1**
2	**100**	4595,17 (1,59)	4128,27 (1,43)	3847,44 (1,33)	3702,46 (1,28)	3599,95 (1,25)	3517,64 (1,22)	3457,1 (1,2)	3410,82 (1,18)	3371,26 (1,17)
4		3847,44 (1,33)	3599,95 (1,25)	3457,1 (1,2)	3371,26 (1,17)	3310,26 (1,148)	3265,25 (1,133)	3230,4 (1,121)	3202,37 (1,111)	3179,37 (1,103)
2	**50**	10410,3 (1,806)	9048,83 (1,569)	8338,96 (1,446)	7923,82 (1,374)	7631,64 (1,324)	7421,21 (1,287)	7260,08 (1,259)	7132 (1,237)	7027,86 (1,219)
4		8338,96 (1,446)	7631,64 (1,324)	7260,08 (1,259)	7027,86 (1,219)	6867,54 (1,191)	6749,28 (1,171)	6657,92 (1,154)	6584,91 (1,142)	6525,02 (1,132)

По результатам расчета можно сделать следующие выводы:

1. Из табл. 1 видно, что при «мгновенном» нагружении оболочки критические напряжения незначительно превышают статическое критическое значение и практически не зависят от длины сжатой части и общей длины. При этом продольная волна должна пройти расстояние в несколько статических полуволн потери устойчивости. Для короткой оболочки с длиной, сравнимой с длиной статической полуволны, критические напряжения сильно зависят от длины сжатой части и в несколько раз могут превышать статическое критическое значение. Этот вывод полностью согласуется с результатами работ [5, 6], где рассматривалась упругая оболочка. В этих же работах делается вывод, что граничные условия не влияют на значения критических напряжений для оболочек средней длины. Таким образом, для определения критической нагрузки при «мгновенном» нагружении оболочек средней длины с некоторой погрешностью можно использовать формулу (16).

2. Расчеты для второго случая нагружения оболочки (табл. 2) показали, что критические напряжения всегда получаются больше, чем для «мгновенного» нагружения при тех же исходных данных. С уменьшением длины сжатой части и общей длины оболочки значения σ_0 возрастают. Таким образом, при продольном ударе значения критических напряжений цилиндрической оболочки более чувствительны к характеру напряженного состояния за фронтом продольной волны, чем к учету конечности скорости распространения последней.

Список библиографических ссылок

1. Вольмир А.С. Нелинейная динамика пластинок и оболочек. – М.: Наука, 1972. – 432 с.
2. Абросимов Н.А., Баженов В.Г. Нелинейные задачи динамики композитных конструкций. – Н. Новгород: Изд-во ННГУ, 2002. – 400 с.
3. Аракелян А.Е., Мовсисян Л.А. Об упругопластической устойчивости стержня и цилиндрической оболочки при продольных интенсивных нагружениях // Известия АН Армянской ССР. Сер. физ.-мат. наук, 1987, т. 40, № 5. – С. 3-13.
4. Мовсисян Л.А. К устойчивости упругопластических стержней при ударных нагрузках // Известия АН Армянской ССР. Сер. физ.-мат. наук, 1986, т. 39, № 2. – С. 15-23.
5. Хамитов Т.К., Шигабутдинов Ф.Г. Об устойчивости упругопластических стержней при продольном ударе // Аналитическая механика, устойчивость и управление движением. Труды X Международной Четаевской конференции. Т.2. Секция 2. Устойчивость. – Казань, 12-16 июня 2012. – С. 560-569.
6. Хамитов Т.К., Шигабутдинов Ф.Г. К вопросу о потере устойчивости упругих цилиндрических оболочек при продольном сжатии усилием ударного типа // Вестник Иркутского государственного технического университета. – Иркутск, 2010, № 3 (43). –С. 70-76.
7. Шигабутдинов Ф.Г., Хамитов Т.К. Определение критических усилий потери устойчивости упругих цилиндрических оболочек при продольном сжатии силами ударного типа // Вестник КГТУ им. А.Н. Туполева, 2011, № 2. – С. 85-92.
8. Рахматуллин Х.А., Демьянов Ю.А. Прочность при интенсивных кратковременных нагрузках. – М.: Физматгиз, 1961. – 369 с.
9. Королев В.И. Упругопластические деформации оболочек. – М.: Машиностроение, 1971. – 304 с.
10. Ильюшин А.А. Пластичность. – М.: Гостехиздат, 1948. – 376 с.
11. Вольмир А.С. Устойчивость упругих систем. – М.: Физматлит, 1963. – 880 с.

Khamitov T.K. – candidate of technical sciences, senior lecturer
E-mail: tagirkx@yandex.ru
Fatykhova R.R. – student
E-mail: regishka_f93@mail.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

On stability of elastic-plastic cylindrical shell under longitudinal impact

Resume

We consider the problem of stability of elastic-plastic cylindrical shell under longitudinal impact. It is known that for a metal shell with certain ratios of thickness to the radius of the buckling under longitudinal compression occurs beyond the elastic limit. Elastic-plastic material properties are characterized by a diagram with linear hardening, we use the theory of deformation without regard to unloading. For the two types of loading of the shell critical load obtained taking into account the finite speed of propagation of longitudinal waves. Under a critical load refers to the load at which the frequency of the bending oscillations is equal to zero. The problem is solved in the axisymmetric formulation of the first passage of the longitudinal compression waves along the shell. It is shown that if the longitudinal impact values of critical loads are more sensitive to the nature of the stress state behind the front of the longitudinal wave than to the consideration of the finite speed of propagation of the latter.

Keywords: cylindrical shell, buckling, longitudinal wave, critical voltage.

Reference list

1. Vol'mir A.S. Nonlinear dynamics of plates and shells. – M.: Nauka, 1972. – 432 p.
2. Abrosimov N.A., Bazhenov V.G. Nonlinear problems of dynamics of composite structures. – N. Novgorod: publishing house of NNSU, 2002. – 400 p.
3. Arakelyan A.E., Movsisyan L.A. On elastic-plastic stability of rod and cylindrical shell under longitudinal intensive loads // Proceedings of the Academy of Sciences of the Armenian SSR. Series of physico-mathematical Sciences. 1987, vol. 40, № 5. – P. 3-13.
4. Movsisyan L.A. On the stability of elastic-plastic bars for impact loads // Proceedings of the Academy of Sciences of the Armenian SSR. Series of physico-mathematical sciences. 1986, vol. 39, № 2. – P. 15-23.
5. Khamitov T.K., Shigabutdinov F.G. On stability of elastic-plastic rods under longitudinal impact // Analytical mechanics, stability and control. 10th International Chetaev Conference. Vol. 2. Section 2. Stability. – Kazan, June 12-16, 2012. – P. 560-569.
6. Khamitov T.K., Shigabutdinov F.G. On the buckling of elastic cylindrical shells under longitudinal compression force impact type // Vestnik Irkutskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Irkutsk, 2010, № 3 (43). – P. 70-76.
7. Shigabutdinov F.G., Khamitov T.K. Because the determination of the critical efforts of the buckling of elastic cylindrical shells under longitudinal compression forces impact type // Vestnik KSTU n.a. A.N. Tupolev, 2011, № 2. – P. 85-92.
8. Rakhmatullin K.A., Demyanov Y.A. Strength under the intensive short-time loads. – M.: Fizmatgiz, 1961. – 369 p.
9. Korolev V.I. Elastic-plastic deformation of shells. – M.: Mashinostroenie, 1971. – 304 p.
10. Ilyushin A.A. Plasticity. – M.: Gostehizdat, 1948. – 376 p.
11. Vol'mir A.S. Stability of elastic systems. – M.: Fizmatlit, 1963. – 880 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. 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.
8. 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. 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.
8. 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 (**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 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; • экологическая безопасность строительства и городского хозяйства; • информатика, вычислительная техника и управление (в строительстве).
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: • architecture theory and history, historical and architectural heritage restoration and reconstruction; • houses architecture. The creative concept of architectural activities; • urban development, rural settlements planning; • building structures, houses; • foundations, underground structures; • heating, ventilation, air conditioning, gas supply and lighting; • water supply, sewerage, water conservation construction; • building materials and products; • hydrotechnical construction; • construction technology and organization; • roads, subways, airports, bridges and tunnels design and construction; • hydraulics and engineering hydrology; • construction Mechanics; • ecological safety of construction and municipal economy; • computer science, computer facilities and management (in building).
Mailing address	
Telephone numbers for communication	

Известия КГАСУ
2016 г., № 4 (38)

Гл. редактор: Низамов Р.К.
Учредитель и издатель:
ФГБОУ ВО «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 25.11.2016 Формат 60x84/8
Заказ 346 Бумага тип. № 1
Усл.-печ. л. 62,75 Уч.-изд. л. 63,25
Тираж 500 экз.
I завод-100

Отпечатано в Издательстве КГАСУ, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1