

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 2013 г., № 2 (24)

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:

Адельшин А.Б., д-р техн. наук, проф.;
Айдарова Г.Н., д-р архитектуры, проф.;
Айдаров С.С., д-р архитектуры, проф., чл.-корр.
РААСН;
Загидуллина Г.М., д-р экон. наук, проф.;
Каюмов Р.А., д-р физ.-мат. наук, проф.;
Королев Е.В., д-р техн. наук, проф.;
Кузнецов И.Л., д-р техн. наук, проф.;
Куприянов В.Н., д-р техн. наук, проф., чл.-корр.
РААСН;
Лежава И.Г., д-р архитектуры, академик
РААСН;

Мирсаяпов И.Т., д-р техн. наук, проф., советник
РААСН;
Померанцев А.Л., д-р физ.-мат. наук, проф.;
Посохин В.Н., д-р техн. наук, проф.;
Рахимов Р.З., д-р техн. наук, проф., чл.-корр.
РААСН;
Родионова О.Е., д-р физ.-мат. наук, проф.;
Соколов Б.С., д-р техн. наук, проф., чл.-корр.
РААСН;
Строганов В.Ф., д-р хим. наук, проф.;
Сахапов Р.Л., д-р техн. наук, проф.;
Фурер В.Л., д-р хим. наук, проф.

МЕЖДУНАРОДНЫЙ РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ:

Санчез А.П., д-р хим. наук, в.н.с. (Испания);
Тхин Н.В., д-р техн. наук, проф. (Вьетнам);
Фиговский О.Л., проф., член Европейской АН,
иностранный член РААСН (Израиль);

Фишер Х.-Б., д-р (Германия);
Элслайед Т.А., канд. техн. наук, доц. (Египет);
Янотка И., канд. техн. наук, с.н.с. (Словакия).

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

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

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

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

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 2013, № 2 (24)

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:

Adelshin A.B., Dr. tech. sci., prof.;
Aydarova G.N., Dr. arch. sci., prof.;
Aydarov S.S., Dr. arch. sci., prof., corr.-m.
RAACS;
Zagidullina G.M., Dr. economics sci., prof.;
Kayumov R.A., Dr. phys-mat. sci., prof.;
Korolev E.V., Dr. tech. sci., prof.;
Kuznetsov I.L., Dr. tech. sci., prof.;
Kuprijanov V.N., Dr. tech. sci., prof., corr.-m.
RAACS;
Lezhava I.G., Dr. arch. sci., academic of RAACS;

Mirsayapov I.T., Dr. tech. sci., prof., counselor of
RAACS;
Pomerantsev A.L., Dr. phys-mat. sci., prof.;
Posochin V.N., Dr. tech. sci., prof.;
Rakhimov R.Z., Dr. tech. sci., prof., corr.-m.
RAACS;
Rodionova O.Ye., Dr. phys-mat. sci., prof.;
Sokolov B.S., Dr. tech. sci., prof., corr.-m.
RAACS;
Stroganov V.F., Dr. chem. sci., prof.;
Sakhapov R.L., Dr. tech. sci., prof.;
Furer V.L., Dr. chem. sci., prof.

INTERNATIONAL EDITORIAL BOARD:

Sanchez A.P., Dr. chem. sci., head of department
(Spain);
Thinh N.V., Dr. tech. sci., prof. (Vietnam);
Figovskiy O.L., prof., member of EAS, foreign
member of RAACS (Israel);

Fischer H.-B., Dr.-Ing (Germany);
Elsayed T.A., Cand. tech. sci., associate prof.
(Egypt);
Janotka I., Cand. tech. sci., head of unit (Slovakia).

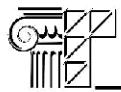
THE FOUNDER AND THE PUBLISHER: FSBEI of HHE «Kazan State University of Architecture and Engineering»

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

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

EDITORIAL ADDRESS:

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



СОДЕРЖАНИЕ



ТЕОРИЯ И ИСТОРИЯ АРХИТЕКТУРЫ, РЕСТАВРАЦИЯ И РЕКОНСТРУКЦИЯ ИСТОРИКО-АРХИТЕКТУРНОГО НАСЛЕДИЯ	
Балакина Л.А., Валеева Е.А. Architectural images of the Tabernacle and the Jerusalem Temple in the Bible	7
Гришина М.П. Проблемы сохранения объектов ландшафтного искусства и развития ландшафтной архитектуры крупных городов России на примере парков г. Казани	13
Дыба Ю.Р. О булгарском происхождении мастера Георгиевского собора в Юрьеве-Польском	19
Козлова И.В. Льно-прядильная мануфактура Алфузовых. Современное состояние промышленного комплекса XIX в.	32
Шулик В.В., Савченко О.О., Логвиненко О.С. Особенности развития религиозного и оздоровительного туризма в контексте формирования рекреационно-туристической системы Полтавской области	40
АРХИТЕКТУРА ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ. ТВОРЧЕСКИЕ КОНЦЕПЦИИ АРХИТЕКТУРНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ	
Зайцев А.А. Принципы контекстуализма в архитектуре	46
Каримова А.А. Принципы многообразия жилой среды. Характер открытых пространств в массовой жилой застройке	51
Конюков А.Г., Москава А.С. Метод свободного проектирования производственных зданий и архитектурно-строительная унификация	60
Мубаракшина Ф.Д., Сафина Г.И. Исторические зарубежные и отечественные примеры озеленения и благоустройства среды как прообразы современного вертикального и горизонтального озеленения архитектуры	70
Рябов Н.Ф. Возможная форма знакомства с понятием «ритм»	77
Смирнова С.Н. Типология энергоэффективных жилых зданий средней этажности для климатических условий Среднего Поволжья	84
ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО, ПЛАНИРОВКА СЕЛЬСКИХ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ	
Хегай И.В. Организация районов социально-интегрированной застройки. Зарубежные примеры	91
СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ, ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ	
Гришин И.В., Каюмов Р.А., Иванов Г.П. Экспериментальные исследования реологических свойств асфальтобетона при различных температурных условиях	99
Кузнецов И.Л., Гимранов Л.Р., Крайнов И.В. Разработка и исследование клееванерной двутавровой балки	108
Кузнецов И.Л., Исаев А.В., Пальмов Д.А. Усиление бескаркасного арочного сооружения системой хордовых затяжек	113
Куприянов В.Н., Иванцов А.И. К определению оптимальной долговечности ограждающих конструкций жилых зданий массовой застройки	118
Куприянов В.Н., Петров А.С. Паропроницаемость материалов в условиях, приближенных к эксплуатационным	126
Лобов Д.М., Крицин А.В., Тихонов А.В. Особенности армирования деревянных элементов, усиленных углеродным волокном, при статическом изгибе	132
Халикова Ф.Р. Методика определения относительной бактерицидной эффективности солнечного облучения на микрофлору жилых помещений	139
Шмелев Г.Н., Сусаров А.В., Гимранов Л.Р. Исследование несущей способности навесных фасадных систем	144
ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ, ВЕНТИЛЯЦИЯ, КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ ВОЗДУХА, ГАЗОСНАБЖЕНИЕ И ОСВЕЩЕНИЕ	
Багаутдинова А.Г., Золотоносов А.Я., Золотоносов Я.Д., Яхнев М.Н. Современные теплообменные элементы теплообменного оборудования и технологии их изготовления	150
Багаутдинова А.Г., Золотоносов Я.Д. Математическая модель сопряженной задачи теплообмена при турбулентном течении в каналах сложной геометрии	157
Варсегова Е.В., Посохин В.Н., Фаттахов А.Р. К расчету нижних отсосов от теплоисточников	168
Горская Т.Ю., Ожегова А.В. О сходимости проекционного метода для уравнения задачи движения	175
Ланцов А.Е. Определение критической толщины равномерно-васывающей панели	180
Правник Ю.И., Манешев И.О., Антропов Д.Н., Садыков Р.А., Рахимов Р.Г., Фаизов А.И. Теплообменник шнековый трёхступенчатый	185
ВОДОСНАБЖЕНИЕ, КАНАЛИЗАЦИЯ, СТРОИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ОХРАНЫ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ	
Адельшин А.А., Адельшин А.Б., Гришин Б.М., Кощеев А.М. Теоретические исследования процесса обработки нефтесодержащих сточных вод в трубчатых сливных камерах гидроциклонов	193
Адельшин А.А., Адельшин А.Б., Урмитова Н.С.	
Основные положения конструирования, проектирования и расчета блочных установок очистки нефтепромысловых сточных вод с использованием закрученных потоков	
Часть 2. Основные исходные данные, требования и рекомендуемые параметры для разработки блока очистки	199

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ	
Бедарев А.А. Влияние пластифицирующих добавок на температурные и вязко-пластичные свойства силикатной смеси для производства газосиликата	208
Богданов А.Н., Абдрахманова Л.А., Гордеев А.С. Оценка эффективности карбонатсодержащей добавки в глинистое сырье для создания лицевой керамики	215
Богданов Р.Р., Ибрагимов Р.А., Изотов В.С. Исследование влияния супер- и гиперпластификаторов на основные свойства цементного теста	221
Бурнашев А.И., Ашрапов А.Х., Абдрахманова Л.А., Низамов Р.К. Применение в рецептуре древесно-полимерного композита наномодифицированного поливинилхлорида	226
Ерофеев В.Т., Лазарев А.В., Богатов А.Д., Смирнов В.Ф., Смирнова О.Н., Захарова Е.А. Видовой состав микрофлоры, выделенной с полимерных композитов на основе эпоксидных смол в условиях влажного морского климата	233
Назиров Р.А., Волков А.Н., Фаткулина-Яськова Л.М. Моделирование теплопроводности легких бетонов на крупном заполнителе	238
Пименов А.И., Ибрагимов Р.А., Изотов В.С. Влияние активации воды затворения и сульфата натрия на свойства цементного раствора	247
Потиха И.А., Власов В.В., Горбачев Б.Ф., Гречев В.А. Перспективы аномально ускоренного синтеза кристаллических фаз при ликвотермально-активном обжиге минерального сырья	253
Соловьева М.В., Хозин В.Г., Фомин А.Ю. Упрочнение дорожных каменных материалов расплавленной серой	263
Степанов С.В., Морозов Н.М., Хозин В.Г. Исследование долговечности бетонов с ускорителем твердения на основе гальванического шлама	268
Строганов В.Ф., Рязяпов Ш.А. Сравнительная оценка эффективности и обоснование выбора помольных устройств для механоактивации минеральных наполнителей асфальтобетонных смесей	273
Хуторской С.В., Ерофеев В.Т., Смирнов В.Ф. Повышение биологического сопротивления композитов на основе извести с помощью фунгицидных добавок	281
Шевченко В.А., Киселев В.П., Панасенко Л.Н., Иванова Л.А., Василовская Г.В. Добавка – ускоритель твердения для бетонов на основе отходов промышленности	287
ПРОЕКТИРОВАНИЕ И СТРОИТЕЛЬСТВО ДОРОГ, МЕТРОПОЛИТЕНОВ, АЭРОДРОМОВ, МОСТОВ И ТРАНСПОРТНЫХ ТОННЕЛЕЙ	
Ильина О.Н., Коновалов Н.В. Дорожно-строительный материал на основе местных минеральных материалов, обработанных комплексными вяжущими	295
Петропавловских О.К., Плотников И.В. Современные методы организации, планирования и управления в мостостроении	301
Самодурова Т.В., Бакланов Ю.В. Влияние солнечной радиации на температурный режим дорожного покрытия	308
ЭКОЛОГИЯ (В СТРОИТЕЛЬСТВЕ)	
Барышева О.Б., Хабибуллин Ю.Х. Исследование процессов сжигания твердых бытовых отходов численными методами	315
Медведева Г.А., Ахметова Р.Т., Пятко Ю.Н., Сафин И.Ш., Строганов В.Ф., Ахметова А.Ю. Утилизация отходов теплоэнергетики в водостойкие композиционные материалы	320
ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ НАРОДНЫМ ХОЗЯЙСТВОМ (в строительстве)	
Романова А.И. Развитие рынка строительных услуг как условие инвестиционного роста региона	326
Хаметов Т.И., Букин С.Н. Выделение значимых факторов, влияющих на эффективность системы управления объектами жилищно-коммунального хозяйства	332
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ И КОМПЛЕКСЫ ПРОГРАММ (в строительстве)	
Каюмов Р.А., Шакирзянов Р.А., Шакирзянов Ф.Р., Богачев М.И. Адаптация методов строительной механики к моделированию поведения челюсти с имплантатом	340
ТЕОРИЯ И МЕТОДИКА ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ (в строительном вузе)	
Сафин Р.С., Корчагин Е.А., Вильданов И.Э., Абитов Р.Н. Профессиональное образование: ресурсы формирования личности компетентного строителя	348
Яруллина Л.Р., Корчагин Е.А., Нигматуллина Д.С. Учебные стресс-факторы студентов вуза и пути их предупреждения и преодоления	355
Правила представления материалов для публикации в научном журнале «Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета»	360



CONTENTS

ARCHITECTURE THEORY AND HISTORY, HISTORICAL AND ARCHITECTURAL HERITAGE RESTORATION AND RECONSTRUCTION	
Balakina L.A., Valeeva E.A. Architectural images of the Tabernacle and the Jerusalem Temple in the Bible	7
Grishina M.P. Problems of preservation of landscape skills objects and landscape architecture development in large cities of Russia in an example of parks in Kazan	13
Dyba Y.R. On the bulgar origin of the master of St. George Cathedral in Yuriev-Polsky	19
Kozlova I.V. Alafuzov's linen-spinning factory. Contemporary state of industrial complex of XIX century	32
Shulik V.V., Savchenko A.A., Logvinenko O.S. Features of religious tourism and health in the context of the formation of recreation and tourist system of Poltava region	40
HOUSES ARCHITECTURE. THE CREATIVE CONCEPT OF ARCHITECTURAL ACTIVITIES	
Zaytsev A.A. Principles of contextualism in architecture	46
Karimova A.A. Principles of living environment diversity. Nature of open spaces of mass housing	51
Konyukov A.G., Moskaeva A.S. The method of free design of manufacture buildings and the architectural-construction unification	60
Mubarakshina F.D., Safina G.I. Historical examples of foreign and domestic landscaping and improvement of the environment as prototypes of modern vertical gardens and gardens on the roofs	70
Ryabov N.F. Possible form of acquaintance to the concept «rhythm»	77
Smirnova S.N. Typology of mid-rise energy efficient residential buildings for the climatic conditions of the Middle Volga	84
URBAN DEVELOPMENT, RURAL SETTLEMENTS PLANNING	
Khegai I.V. Organization of the social integrated development. Foreign examples	91
BUILDING STRUCTURES, HOUSES	
Grishyn I.V., Kayumov R.A., Ivanov G.P. Experimental research of asphaltic concrete rheological properties at different temperatures	99
Kuznetsov I.L., Gimranov L.R., Kraynov I.V. Development and research of glue-laminated plywood I-beam	108
Kuznetsov I.L., Isaev A.V., Palmov D.A. Enhancement of frameless arch building by the system of chordates puffs	113
Kupriyanov V.N., Ivantsov A.I. To the determination of optimal longevity of mass housing's enclosing structures	118
Kupriyanov V.N., Petrov A.S. Water vapor permeability of materials under actual operating conditions	126
Lobov D.M., Kritsin A.V., Tikhonov A.V. Features of reinforcing of the wooden elements strengthened by carbon fiber, at the static bend	132
Khalikova F.R. Method of determining the relative bactericidal efficiency of solar radiation on the indoor environment	139
Shmelev G.N., Susarov A.V., Gimranov L.R. Study of the bearing capacity hinged facade systems	144
HEATING, VENTILATION, AIR CONDITIONING, GAS SUPPLY AND LIGHTING	
Bagoutdinova A.G., Zolotonosov A.Ya., Zolotonosov Ya.D., Yakhnev M.N. Modern heat exchanger heat transfer elements equipment and manufacturing technology	150
Bagoutdinova A.G., Zolotonosov Ya.D. Mathematical model of the dual problem of heat transfer in turbulent flow in channels of complex geometry	157
Varsegova E.V., Posohin V.N., Fattahov A.R. Calculation of the lower suction from heat sources	168
Gorskaya T.Iu., Ozhegova A.V. On the convergence of the projection method for an equation of the goals of the movement	175
Lantsov A.E. Definition of critical thickness of the uniform-suction panel	180
Pravnik Y.I., Antropov D.N., Sadykov R.A., Rakhimov R.G., Faizov A.I. Screw three stage heat exchanger	185
WATER SUPPLY, SEWERAGE, WATER CONSERVATION CONSTRUCTION	
Adelshin A.A., Adelshin A.B., Grishin B.M., Komeev A.I. Theoretical researches of the processing of oily wastewater in tubular drain cameras of hydrocyclones	193
Adelshin A.A., Adelshin A.B., Urmitova N.S. Basic provisions of designing, design and calculation of block installations of purification of oil-field sewage with use of the twirled streams. Part 2. Basic data, requirements and recommended parameters for development of the block of cleaning	199
BUILDING MATERIALS AND PRODUCTS	
Bedarev A.A. The effect of plasticizers on the thermal and viscous-plastic properties of silicate mixture for gas silicate	208
Bogdanov A.N., Abdrahmanova L.A., Gordeev A.S. Evaluating the effectiveness of carbonate additives in raw clay to create face ceramic	215
Bogdanov R.R., Ibragimov R.A., Izotov V.S. Studies of the influence of super- and hyper plasticizers on the basic properties of cement paste	221
Burnashev A.I., Ashrapov A.Kh., Abdrahmanova L.A., Nizamov R.K. Using of the nanomodified polyvinylchloride in wood-polymer composite's receipt	226

Erofeev V.T., Lazarev A.V., Bogatov A.D., Smirnov V.F., Smirnova O.N., Zaharova E.A. Structure of micro flora's kinds allocated from polymeric composites on the basis of epoxide pitches in the conditions of humid sea climate	233
Nazirov R.A., Volkov A.N., Fatkulina-Yaskova L.M. Modelling of the thermal conductivity of the lightweight concrete on the coarse aggregate	238
Pimenov A.I., Ibragimov R.A., Izotov V.S. Effect of activation mixing water and sodium sulphate on the properties of cement mortar	247
Potikha I.A., Vlasov V.V., Gorbachev B.F., Grevtsev V.A. Prospects of anomalously accelerated synthesis of crystal phases at liquothermal-active baking of mineral raw materials	253
Solovyova M.V., Khozin V.G., Fomin A.Y. The strengthening of road stone materials with molten sulfu	263
Stepanov S.V., Morozov N.M., Khozin V.G. Research of durability of concrete with accelerator of hardening on the basis of galvanic sludge	268
Stroganov V.F., Riazapov Sh.A. The relative valuation of choice efficiency and a substantiation of grinding devices for mechanical activation of mineral fillers of asphalt mixes	273
Khutorskoy S.V., Erofeev V.T., Smirnov V.F. Increased biological resistance of composites based on lime with fungicidal additives	281
Shevchenko V.A., Kiselev V.P., Panasenko L.N., Ivanova L.A., Vasilevskaya G.V. An additive-accelerant for concrete hardening on the base of industrial waste	287
ROADS, SUBWAYS, AIRPORTS, BRIDGES AND TUNNELS DESIGN AND CONSTRUCTION	
Ilina O.N., Konovalov N.V. Road-building material on the basis of local mineral materials treated with complex astringent	295
Petropavlovskih O.K., Plotnikov I.V. Modern methods of organization, planning and management in bridge	301
Samodurova T.V., Baklanov Y.V. The influence of solar radiation on the temperature mode of the road pavement	308
ECOLOGY (in building)	
Barysheva O.B., Khabibullin Iu.Kh. Research of processes of burning of solid municipal waste by numerical methods	315
Medvedeva G.A., Akhmetova R.T., Pyatco Y.N., Safin I.S., Stroganov V.F., Akhmetova A.Y. Utilization of the heat power wastes in waterproof composite materials	320
ECONOMY MANAGEMENT AND ECONOMICS (in building)	
Romanova A.I. Development of the market for construction services as a condition of investment growth in the region	326
Khametov T.I., Bookin S.N. Allocation of the significant factors affecting the efficiency of the system of management of objects of housing and communal services	332
MATHEMATICAL MODELLING, NUMERICAL METHODS AND COMPLEXES OF PROGRAMS (in building)	
Kayumov R.A., Shakirzyanov R.A., Shakirzyanov F.R., Bogachev M.I. Adopting the methods of structural mechanics to the model behavior of the jaw with implants	340
THEORY AND VOCATIONAL TRAINING TECHNIQUE (in engineering higher educational institution)	
Safin R.S., Korchagin E.A., Vildanov I.E., Abitov R.N. Professional education: the resource of the formation of a competent civil engineer's personality	348
Yarullina L.R., Korchagin E.A., Nigmatulina D.S. Educational stress-factors of students of higher education institution and the ways of their prevention and overcoming	355
Rules of representation of materials for the publication in scientific journal «Kazan State University of Architecture and Engineering news»	360

УДК 72.031; 726.5.03:27-235

Balakina L.A. – candidate of architecture, associate professor

E-mail: bamila@list.ru

Valeeva E.A. – post-graduate student

Kazan State University of Architecture and Engineering

The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Architectural images of the Tabernacle and the Jerusalem Temple in the Bible

Abstract

Analytical research of the Holy Bible Text was carried out with the aim to get information about the architect aspect in the structure of the Tabernacle, which Moses had made, and the Temple in Jerusalem, built by King Solomon. Common principles of architect structure of these Temples are revealing. They became sacred prototypes for subsequent Christian churches.

Keywords: the Bible, information about the Tabernacle and the Jerusalem Temple, architectural aspects, image reconstruction.

It is relevant to research the texts of Scripture as a source of information in the different areas of knowledge. The Bible mentions various cult constructions. The most detailed information is found about the Jerusalem Temple and the Tabernacle as its prototype. Biblical texts were investigated in order to identify information about the architectural aspects of these sacred buildings. Research methodology is based on a systems approach. It includes: a method of historical and architectural analysis of biblical texts in order to identify descriptions of temple structures, structural and analytical method, search for archaeological evidence of the reliability of their existence, the method of architectural interpretation of identified information, the method of critical selection of graphic material according to the principle of the most probable the detected information from the texts of the Bible. Working with texts made in the following order: 1) when read 66 books of the Bible consistently found all the names and passages of Scripture relevant to the temple architecture and containing any direct or contextual information, 2) on the basis of architectural analysis clarified belonging parts. The work was carried out with the advice of the teacher of the Kazan Theological Seminary PhD. Theology I. Tsvetkov and the Chief Rabbi of Tatarstan I. Gorelik.

The Tabernacle is mentioned in 14 books of the Old Testament and in 3 books of the New Testament.

The Bible provides a detailed description of its purpose, three-dimensional spatial composition, architectural peculiarities, building materials, structural elements, fastening systems and the erection work and disassembling as dictated by the LORD to Moses. «*Set up the Tent according to the plan that I showed you on the mountain. Make a curtain of fine linen woven with blue, purple, and red wool. Embroider it with figures of winged creatures. Hang it on four posts of acacia-wood covered with gold, fitted with hooks, and set in four silver bases. Place the curtain under the row of hooks in the roof of the Tent, and behind the curtain put the Covenant Box containing the two stone tablets. The curtain will separate the Holy Place from the Most Holy Place. Put the lid on the Covenant Box. Outside the Most Holy Place put the table against the north side of the Tent and the lamp-stand against the south side. For the entrance of the Tent make a curtain of fine linen woven with blue, purple, and red wool and decorated with embroidery. For this curtain make five posts of acacia-wood covered with gold and fitted with gold hooks; make five bronze bases for these posts [Ex 26 (30-37)]*».

Thus, the internal space of the Tabernacle could be divided into two parts. The most important part is – the Most Holy Place – where was the Covenant Box with stone tablets in it. The second part was in front of it – the Holy Place, containing the table for the showbread, the menorah and the gold altar for burning incense in front of the entrance to the Most Holy Place. The Tabernacle had a sacral significance: it was a mobile Temple, where the Lord's presence became apparent as a pillar of cloud or a pillar of a fire [Num 14 (14)].

As follows from the descriptions the Tabernacle had a rectangular configuration. The entrance to the Tabernacle was from the eastern side, which is clearly apparent from the context [Ex 26 (22-29, 36-37), 36 (27-33)]. Said that horizontal connections between twenty vertical supports were poles, inserted into rings. Internal pole, according to the writings, was located «from one end to another». It seems that it could be considered a beam that was placed at the top and along the long axis of the Tabernacle. However, according to the translation from

Hebrew and explanation by Yitzhak Gorelik the chief Rabbi of Tatarstan, this structural connection was placed in a mounting hole inside of all supporting elements, at their mid height level, not at the top. There is no information about the type of covering of the Tabernacle had. However following to the text description, it was flat, multi-layered and spanned the Tabernacle without any beams: it did not sag, so that the edges hanging down to the ground. It is known from the descriptions, that the internal space of the Tabernacle was divided into two parts by a curtain supported with four columns; however, the position of the curtain as well as the dimensions of the columns were not specified. One can agree with V. Fartusov's assumption that four columns were not connected with each other nor with major structural elements, as the fitting joints were not mentioned (the curtain in this case was hanged on them loosely) [1].

According to the author, the Bible does not reveal enough information for an exact reconstruction of the interiors of the Tabernacle. This information may be hypothetical only. [fig. 1]. Only Moses knew everything about the Tabernacle as he was the only person who saw it the way it was supposed to be (*«God Said to him, «Be sure to make everything according to the pattern you were shown on the mountain» [Heb 8 (5), Ex 25 (40)]*).

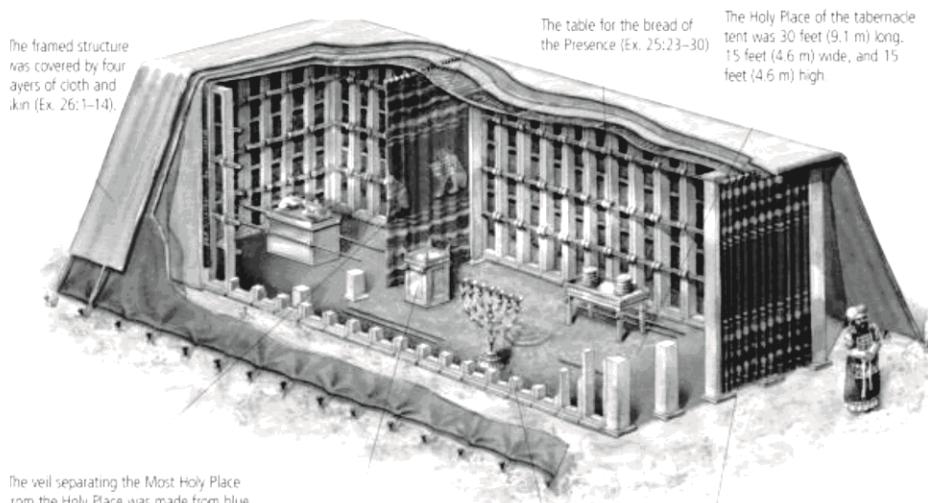


Fig. 1. The Tabernacle erected by Moses. znaki.0pk.ru

The term «temple» is mentioned in 15 books of the Old Testament and in 10 books of the New Testament. The Jerusalem Temple (the LORD's house) is mentioned in 20 books of the Old Testament and in 11 books of the New Testament. King David came up with the idea of designing and building the Temple for the God. King Solomon, king David's son, was chosen for this mission by the God himself and realized his father's idea [1Chr 28(5,6)]. *«As for the Temple, by my efforts I have accumulated more than 3,400 metric tons of gold and over 34,000 metric tons of silver to be used in building it. Besides that, there is an unlimited supply of bronze and iron... wood and stone... you must get more»* [1Chr 22(14-16)] *«David gave Solomon the plans for all the temple buildings, for the storerooms and all the other rooms, and for the Most Holy Place... He also gave him the plans... for the courtyards and the rooms around them... David also gave him the plans... [1Chr 28 (11-13)]»*. And gave stockpiled huge amount of gold, silver, copper, iron, wood, marble and other stones and expensive multi-colored stones for building the Temple [1 Crl 22 (14-16), 28 (15-18), 29 (2-5)].

«Inside it was 27 metres long, 9 metres wide, and 13,5 metres high. The entrance room was 4,5metres deep and 9 metres wide, as wide as the sanctuary itself. The walls of the Temple had openings in them, narrower on the outside than on the inside. Against the outside walls, on the sides and the back of the Temple, a three-storied annexe was built, each storey 2,2 metres high. Each room in the lowest storey was 2,2 metres wide, in the middle storey 2,7 metres wide, and in the top storey 3,1 metres wide. The temple wall on each floor was thinner than on the floor below so that the rooms could rest on the wall without having their beams built into it. The stones with which the Temple was built had been prepared at the quarry, so that there was no noise made by hummers, axes, or any other iron tools as the Temple was being built. The entrance to the lowest storey of the annexe was on the south side of the Temple, with stairs leading up to the second and third storeys. So King Solomon finished building the Temple. He put in a ceiling made of beams

and boards of cedar. The three-storied annexe, each storey 2,2 metres high, was built against the outside walls of the Temple, and was joined to them by cedar beams» [1 Kgs 6 (2-10)].

«The inside walls were covered with cedar panels from the floor to the ceiling, and the floor was made of pine. An inner room, called the Most Holy Place, was built in the rear of the Temple. It was nine metres long and was partitioned off by cedar boards reaching from the floor to the ceiling. The room in front of the Most Holy Place was eighteen metres long. The cedar panels were decorated with carvings of gourds and flowers; the whole interior was covered with cedar, so that the stones of the walls could not be seen. In the rear of the Temple an inner room was built, where the Lord's Covenant Box was to be placed. This inner room was nine metres long, nine metres wide, and nine metres high, all covered with pure gold. The altar was covered with cedar panels. The inside of the Temple was covered with gold, and gold chains were placed across the entrance of the inner room, which was also covered with gold. The whole interior of the Temple was covered with gold, as well as the altar in the Most Holy Place.

The walls of the main room and of the inner room were all decorated with carved figures of winged creatures, palm trees, and flowers. Even the floor was covered with gold. A double door made of olive wood was set in place at the entrance of the Most Holy Place; the top of the doorway was a pointed arch. The doors were decorated with carved figures of winged creatures, and the palm trees, and flowers. The doors, the winged creatures, and the palm trees, were covered with gold. For the entrance to the main room a rectangular door-frame of olive wood was made. There were two folding doors made of pine and decorated with carved figures of winged creatures, palm trees, and flowers, which were evenly covered with gold [1 Kgs 6 (15-22, 29-35)]».

In these detailed descriptions of the Temple the principal organization of its structure is obviously traced in the image of the Tabernacle.

The First Temple in Jerusalem was built in 10th century BC. It appeared in annals of universal history of architecture owing to the information from biblical texts only [2]. It tells about his Phoenician style. This statement is based on the Bible's mention about Phoenician craftsmen [2 Chr 2 (13-14)]. Many architectural and decorative elements of the Temple have similarities with the temples of Syria and Phoenicia. For example, it has an ivory reliefs in the form of cherubim and palm trees at the entrance of high columns with capitals with images of pomegranates [3]. The Temple has been repeatedly robbed and was burned and destroyed before the foundation by Nebuchadnezzar [2 Kgs 25 (9), 2 Chr 36 (19)] after 416 years of existence.

The detailed description of the First Temple in the Bible became result in numerous research studies and attempts to reconstruct it graphically image. (Newton, Allbright, Stevens, Borell, Furtusov, Dreier etc.). Discussion of these illustrations is beyond the scope of this article [4]. Graphic reconstruction presented in the article is most relevant to biblical description according to the author [fig. 2].

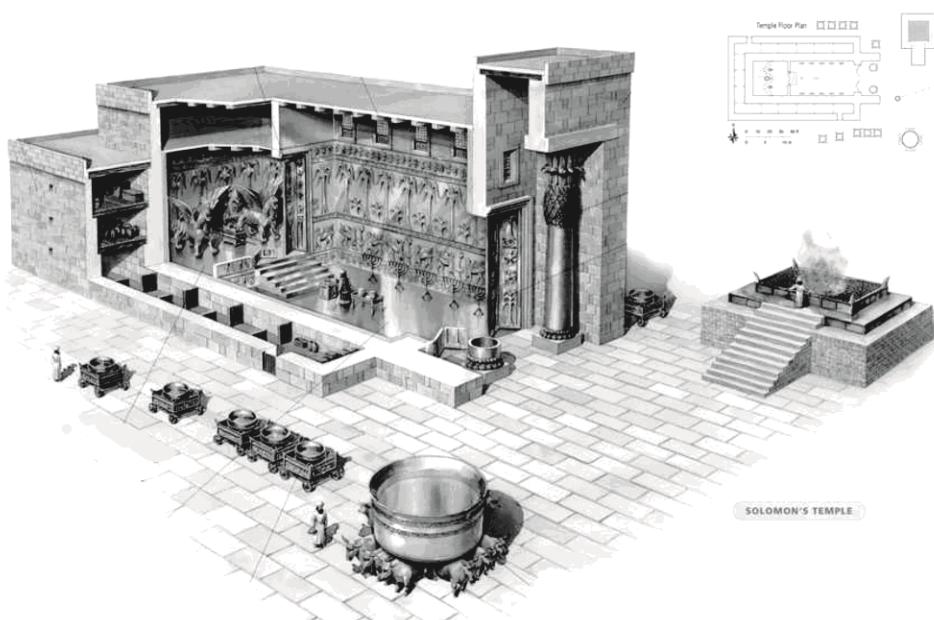


Fig. 2. The First Temple in Jerusalem. ancient-buildings.ru

King Cyrus ordered to rebuild the Temple when the Jews returned from the Babylonian captivity in 6th century BC. The Second Temple was built by Zarubabel. There is not a lot information about it in the Bible: «...in exchange for cedar-trees from Lebanon, which were to be brought by sea...the man started to lay the foundation of the Temple [Ezra 3 (7, 10)]; ...the Temple of the great God is being rebuilt with large stone blocks and with wooden beams set in the wall [Ezra 5 (8)];Cyrus the emperor commanded that the Temple in Jerusalem be rebuilt as a place where sacrifices are made and offerings are burnt. The Temple is to be twenty-seven metres high and twenty-seven metres wide. The walls are to be built with one layer of wood on top of every three layers of stone [Ezra 6 (3-4)]».

It was greater in sizes than the First Temple, but it was less luxurious, judging by the words: «Many... had seen the first Temple, and as they watched the foundation of this Temple being laid, they cried and wailed» [Ezra 3 (12)] and «Is there anyone among you who can still remember how splendid the Temple used to be? How does it look to you now? It must seem like nothing at all» [Hag 2 (3)]. Well as the First Temple he had annexe with rooms and colonnades [1 Mac 4 (31)]. Later it has been also repeatedly robbed and desecrated by the heathen.

About 20 years BC Herod I the Great decided to reconstruct the Temple in order to make it more splendid and to enlarge the volume of the edifice and courtyards. Jews are not allowed to destroy their Holy Temple, therefore the new Temple was erected by stages – old fragments were replaced by the new ones. Here's what we know about the architecture of the Temple from the late of the first century BC to the beginning in the first century AD from the text of the New Testament: «...set him on the highest point of the Temple» [Mt 4 (5), Lk 4 (9)]; «...the curtain hanging in the Temple was torn in two from top to bottom» [Mt 27 (51), Mk 15 (38)]; «...were talking about the Temple, how beautiful it looked with its fine stones and the gifts offered to God» [Lk 21 (5)]; «It was taken forty-six years to build this Temple!» [Jn 2 (20)]; «...the Beautiful Gate, as it has called... he was carried to the gate...» [Acts 3 (3)]; «...the Temple doors were closed» [Acts 21 (30)]; «...do not measure the outer courts...» [Rev 11 (2)]. This information is not enough to recreate the image of the sacred complex. Probably it looked like this [fig. 3].

The very important artifact was discovered: last Temple is depicted on a coin – it is reliable evidence of its existence [5; fig. 4]. The real existence of the Temple of Jerusalem in the first century AD, is also confirmed by J. Flavius, who mentioned Temple and its attributes many times describing historical events as an eyewitness [6]. Tacitus also mentioned in his books about the Temple in Jerusalem, and noted that it gathers a huge wealth [7].

The Temple was not long permitted to exist. In 70 AD the Temple was destroyed by Roman warriors during Jerusalem capture by Titus. From the Temple complex only part of the Western Wall (the Wailing Wall) with surprisingly large stones remained [fig. 5].

Descriptions of the Temple can be found as well as in the book of Ezekiel [Ezek 40-43]. They are somewhat similar, but different from descriptions of the First Temple. Jews believe that one day the Third temple will be built on the same Holy places in Jerusalem.

Thus, we are convinced that the detailed description of the Biblical Tabernacle, which was built by Moses and the First Temple of Jerusalem, built by King Solomon, allows us to mention them similar compositional three-dimensional solution, the internal structure and interiors, as well as the used construction and decoration materials. About splendor of the last incarnation of the Temple, its architectural merits and design characteristics, the richest of the surface treatment on the organization of a terraced temple space, including multi-column portico and other buildings, we know from history books Flavius J. and P. Tacitus, who had seen this famous complex with their own eyes.. Proof of the existence of this temple is an artifact - an ancient coin with his picture.

The Tabernacle and the Temple, built according to the God's will, are sacral prototypes for subsequent Christian religious buildings. These ideas are covered in theoretical works of various authors (I. Svyatoslavsky, A.P. Golubtsov, N.I. Troitsky, A.S. Shenkov, etc.) [8]



Fig. 3. Model of the Temple Mount and the Second Temple [1Kgs 6(2-10)].
Copyright received to Nat. Mubarac



Fig. 4. The coin with the Jerusalem Temple
in the first century AD

Fig. 5. The Wailing Wall in Jerusalem.
Photo by the author, 2012

Sources of the research

The Bible. Old Testament and New Testament. Canonical. Reprinted from Synodal Edition in Great Britain by HarperCollins Manufacturing, Glasgow, British and Foreign Bible Society, 1982. – 372 p.

Abbreviations:

Exodus (Ex), Numbers (Nam), 1 Kings (1 Kgs), 2 Kings (2 Kgs), 1 Chronicles (1 Chr), 2 Chronicles (2 Chr), Ezra (Ezra), Ezekiel (Ezek), Haggai (Hag), Matthew (Mt), Mark (Mk), Luke (Lk), John (Jn), Hebrews (Heb), Acts (Acts), Revelation (Rev) and Apocryphal books: 1 Maccabees (1 Mac), 2 Maccabees (2 Mac).

References

1. Fartusov V. Plans and facades of Noah's Ark, the Tabernacle of Moses, the first and second Temple in Jerusalem, the palace of Solomon. – M., 1909. – P. 10-12.
2. General History of Architecture in 12 volumes / Ed. O.H. Halpahchyan. – M.: Lit. to build., 1970, Vols 1: Architecture of the Ancient World. – P. 237-238.

3. Herodotus. History: 9 kn./Trans. by GA Stratanovsky. – M.: LadoMir: AST, 1999, II, 44; 38. –174 p.
4. Balakina L. Architecture and urban archetypes of the ancient world. Textbook. – Kazan: KSUAE, 2008. – 131 p.
5. Braybrook M., Harper J. Bible: large illustrated atlas / trans. from English by N. Sokolova. – M.-New York: World Book, 2005. – 144 p.
6. Flavius J. Judean War. – Minsk, Belarus, 1991, I, 255; V, 5; VI, 4.
7. Balakina L., Valeeva E. The architecture of cult constructions in the biblical texts // Izvestia KGASU, 2008, № 1 (9). – P.10-18.
8. MDS 31-9.2003. Orthodox temples. V.1. ACC. – M.: Patriarchate «Arhhram».

Балакина Л.А. – кандидат архитектуры, доцент

E-mail: bamila@list.ru

Валеева Е.А. – аспирант

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1

Архитектурные образы Скинии и Иерусалимского храма в Библии

Резюме

Библейские тексты исследовались с целью выявления сведений об архитектурных аспектах Скинии Моисея и Храма Соломона в Иерусалиме. Были обнаружены общие принципы формирования структуры этих храмов. Они стали прототипами для последующих христианских церквей.

В настоящее время стало актуальным обращение к текстам Священных Писаний как источникам сведений в различных областях знаний. В Библии упоминаются различные культовые сооружения. Наиболее подробные сведения встречаются об Иерусалимском Храме и Скинии как его прототипе.

Описания Храма позволяют судить о его композиционном объемно-пространственном решении, внутренней структуре и интерьерах, а также используемых строительных и отделочных материалах. Обо всем его великолепии, об архитектурных достоинствах и конструктивных особенностях, о богатейшей внутренней отделке, об организации террасированного храмового пространства, включающего многоколонные портики и другие постройки, мы узнаем также из описаний И. Флавия и П. Тацита, видевших этот знаменитый комплекс.

Скиния и Храм, сооруженные по Божьему замыслу, являются сакральными прообразами последующих христианских культовых сооружений.

Ключевые слова: Библия, информация о Скинии и Иерусалимском Храме, архитектурные аспекты, реконструкция архитектурного образа.

УДК 712.253

Гришина М.П. – аспирант

E-mail: grishinlh@yandex.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1

**Проблемы сохранения объектов ландшафтного искусства
и развития ландшафтной архитектуры крупных городов России
на примере парков г. Казани**

Аннотация

В статье описаны современные проблемы ландшафтной архитектуры и европейский опыт их решений. Предпринята попытка сравнительного анализа отечественной и мировой ландшафтной архитектуры. Разработана и проанализирована обобщенная времененная модель советского парка по данным натурного обследования и изучения архивного материала.

По результатам проведенного анализа сформированы концептуальные предложения по вопросам сохранения объектов ландшафтного искусства, представляющих историко-культурную ценность, а также развития российской ландшафтной архитектуры.

Ключевые слова: парк, сад, ландшафтная архитектура, историко-культурная ценность, воссоздание, реконструкция.

Основными ценностями современного общества являются: доступность ресурсов для получения энергии, комфортные и функциональные здания, удобные дороги и эффективные транспортные средства. Для обеспечения эксплуатации этих ценностей растет потребность в ресурсах, таких как: строительные материалы, топливо, энергия. С другой стороны, на таком уровне современной урбанизации становится актуальным вопрос о культурном развитии общества и восстановлении нарушенной связи человек-природа.

С древних времен люди, живущие в городах, стремились привнести живую природу в свои жилища. Кроме скотоводства и ведения сельского хозяйства человек на протяжении своей истории содержал домашних животных для «утехи» и выращивал декоративные растения в садах. Так, Сады Семирамиды считаются одним из древнейших объектов садово-паркового искусства в истории [1].

Постепенно с ростом городов человек отделился от природы. Сегодня эта отстраненность городского жителя усилилась и свелась к редким, в лучшем случае, еженедельным выездам на природу в пригород. Современному жителю крупного или крупнейшего города все труднее использовать любую возможность бывать вне интерьера здания. Это связано с ускоренными темпами городской жизни и развитием застройки. Из-за постоянного дефицита свободного места городская застройка в крупных и крупнейших городах России развивается за счет территории объектов ландшафтной архитектуры и территории зеленого строительства, что приводит к постепенному вытеснению растительности с внутригородских территорий на периферию крупных и крупнейших городов. В свою очередь, одним из последствий этого процесса стало то, что городские жители практически лишились возможности потребления так называемой «невесомой полезности леса», т.е. благотворного воздействия природы на физическое и моральное здоровье человека, его работоспособность и творчество [2].

Несмотря на бурное развитие современного постиндустриального общества, архитектуры и технический прогресс, все острее ставятся проблемы культурного развития, сохранения историко-культурного наследия и ресурсосбережения. Можно сказать, что интерес к этим двум довольно разным проблемам имеет нечто общее. В одном случае мы теряем быстрее, чем успеваем выявить и доказать историко-культурную ценность объекта. В другом – мы потребляем больше, чем природа может дать и восполнить.

Стоит отметить, что в последнее время развитие ландшафтной архитектуры в современных европейских городах играет далеко не последнюю роль в решении целого ряда подобных проблем.

Кроме того, городские парки, скверы, бульвары и набережные активно используются как «полигоны» для аккумуляции и преобразования энергии ветра, солнца, приливов и отливов в потребляемые городом ресурсы. В проектировании и строительстве формируются новые направления ландшафтной архитектуры, такие как «Energies Landscapes» [3] или энергетические ландшафты, суть которых состоит в поиске новых источников энергии и решении задач её возобновляемости и совместимости с существующими источниками.

К задачам озеленения современного города добавились новые, в то время как функция «легких» города отошла на второй план. Повысились требования, предъявляемые к эффективности шумо- и пылезащиты городских зеленых насаждений, уровню комфорта посетителей на территории объектов ландшафтного строительства. Изменилась эстетика городской ландшафтной архитектуры, усилив свою выразительность в чувственном восприятии.

Буквально пересмотрены подходы в ландшафтном строительстве. Теперь стало возможно устройство комбинированных площадей, где размещены фонтаны, подземные спортзалы, потребляющие энергию солнечных батарей, вписанных в покрытие площади. С возможностью использования энергии прилива и отлива стали появляться летние медиатеатры на пирсах. Парки, скверы и бульвары с современным оборудованием практически не нуждаются в энергоснабжении [4].

Мировые тенденции развития ландшафтной архитектуры таковы, что, возможно, в недалеком будущем она превратится из энергосберегающей в энерговырабатывающую отрасль строительства.

В то же время ценность этнической культуры по-прежнему находится под угрозой унификации и растворения в условиях современной глобализации. Однако в Европе и некоторых странах Азии все чаще обращают внимание на проблему сохранения историко-культурного наследия, ведутся исследования по воссозданию и выявлению основных принципов, отличающих исторические периоды строительства. Разработаны новые методы воссоздания, реставрации и реконструкции исторически ценных объектов ландшафтного строительства и природных территорий. Намечаются тенденции перехода от конфликта городской среды с природой к ее сближению и взаимодействию. Возобновился поиск наиболее гармоничного включения застройки в окружающий ландшафт, который производится на основе изученного исторического опыта.

Историческую ценность наследия в архитектуре, как правило, рассматривают по отношению к зданиям и сооружениям. Однако мы решили расширить это направление и попытаться выявить историко-культурную ценность объектов ландшафтного искусства на примере садов и парков города Казани.

Советский период был выбран как время наиболее активного развития городов, их экстенсивного и интенсивного роста. В этот период формируются новый облик и новое понимание городских объектов озеленения и ландшафтного строительства. Широко исследуются и описываются процессы формирования, развития, реконструкции, воссоздания и разрабатывается типология объектов городской ландшафтной архитектуры. Наиболее известны в этой области работы таких ученых, как: Белкин А.В., Вергунов А.П., Ожегов С.С. [5], Залесская Л.С., Теодоронский В.С. [6], Горохов В.А. [1], Лунц Л.Б., Жирнов А.Д., Моисеев В.С. [2] и др.

Ни для кого не секрет, что, не зная истории, мы не можем объективно анализировать настоящие, а значит, не способны к уверенным действиям в будущем. Не исключение и русское садово-парковое искусство, началом истории которого официально принято считать XVI в., а одним из первых объектов – «Государев сад» на территории московского Кремля и несколько других московских садов [5]. Однако более известен в истории Петровский период, такими парковыми ансамблями Санкт-Петербурга, как: Петергоф, Гатчина, Пушкино, Павловск, Ораниенбаум и др. Невозможно переоценить труд рабочих

и реставраторов в воссоздании сотен гектаров ленинградских парков и садов после Великой Отечественной войны, когда многие насаждения были вырублены для отопления города в блокаду, а дворцы и парковые сооружения разрушены.

Однако остановимся на истории советской ландшафтной архитектуры нашей страны. Кроме упомянутых особенностей, выбранный период характеризуется сформированными подходами к решению поставленных задач, предшествует современному периоду и наиболее сходен с современным периодом как по проблематике, так и по основным концептуальным решениям.

Чтобы наглядно представить историю советского ландшафтного искусства, нами разработана абстрактная обобщенная модель советского парка. За основу для построения модели взяты данные по истории формирования и развития 10 советских парков города из 17 существовавших. Объекты для анализа подбирались по двум критериям: историческому (начало освоения территории в постреволюционный период) и типологическому (соответствие определению ГОСТ 28329-89 «Озеленение городов. Термины и определения») [7].

Для наглядности и удобства в обобщении результатов нами составлен хроноряд, где условно представлено состояние территории парка в указанный промежуток времени (рис. 1).

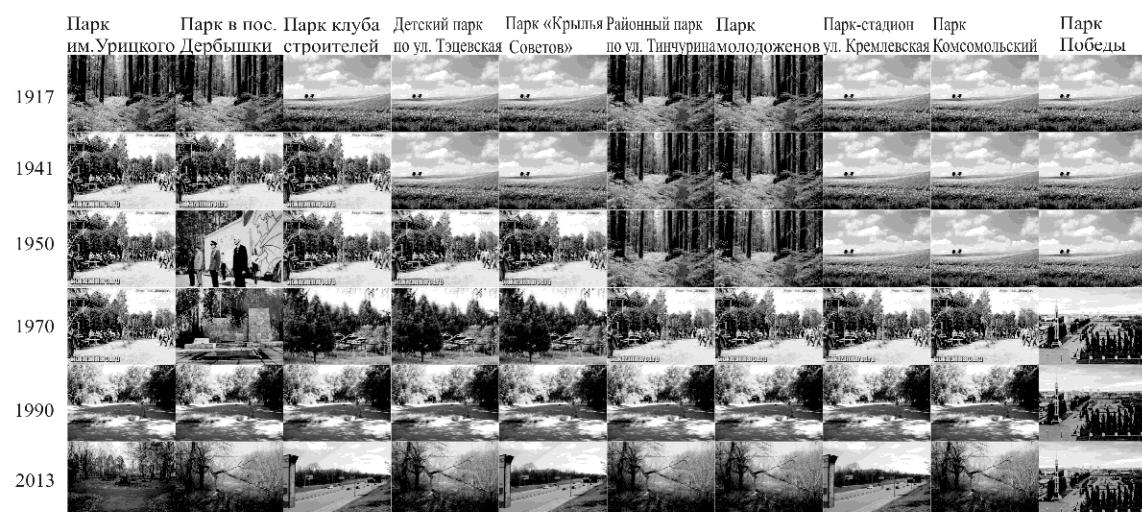


Рис. 1. Хроноряд истории развития 10 советских парков г. Казани

Выбранный хронологический период с 1917 по 2013 гг. поделен на этапы по наиболее значимым историческим событиям, повлиявшим на формирование либо ход развития территории парков. Таким образом, выбраны условные даты:

- 1917 – Октябрьская революция, начало периода;
- 1941 – начало Великой Отечественной войны;
- 1950 – начало формирования Куйбышевского водохранилища;
- 1970 – «пик» развития социализма;
- 1990 – начало перестройки, конец исследуемого периода;
- 2013 – современное состояние.

Объекты распределены по датам возникновения и основным этапам своего развития, начиная с самых ранних и заканчивая самым молодым мемориальным парком Победы (начало строительства главной аллеи 1976 г.).

Исследуемые парки можно разделить на три группы по месту и времени возникновения:

1. существовавшие до революции (Сад «Черное озеро», Русская Швейцария, позже ЦПКиО им. Горького, Кизическая роща, позже Детский парк Ленинского района, Парк Петрова) (исключены из хроноряда по историческому критерию);

2. сформированные на основе существовавших лесных массивов и лугов на присоединенных территориях, до возникновения Куйбышевского водохранилища (парк

станции Селекционная, парк Урицкого, парк в поселке Дербышки, парк клуба Строителей, Детский парк по ул. Тэцевская, парк «Крылья Советов»);

3. сформированные на осушенных территориях, после возникновения Куйбышевского водохранилища и строительства Ново-Савиновского района (районный парк по ул. Тинчурина, парк Молодоженов, парк-стадион по ул. Кремлевская, парк Комсомольский, парк Победы).

По советской типологии парков В.С. Теодоронского [6], в Казани имелись один полифункциональный городской парк им. Горького, три мемориальных: парк Петрова, парк в поселке Дербышки и парк Победы, три районных детских парка: Ленинском, Авиастроительном и Бауманском районах, один городской парк-выставка и один городской парк-стадион, два монофункциональных тематических: парк Молодоженов и «Крылья советов», а также еще четыре районных: парк им. Урицкого, парк Комсомольский, парк клуба Строителей и парк по ул. Тинчурина.

По данным хроноряда сформирована абстрактная модель, отражающая развитие и современное состояние советского парка в г. Казани (рис. 2).

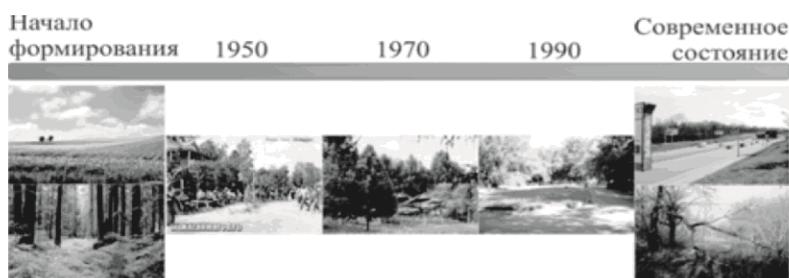


Рис. 2. Модель советского парка на основе данных составленного хроноряда

Эта модель отображает два типа формирования территории парков: на основе лесного массива и на основе луга. Развитие парков в Казани происходило довольно закономерно, с незначительными особенностями, характерными для некоторых парков. Однако современное состояние парков снова условно делится на два типа: парки либо застроены, либо представляют собой захламленные территории, не привлекательные и не пригодные для отдыха населения города.

Всего, по данным обследования зеленых насаждений [8], в 1971 году в Казани существовало: 16 парков, 13 садов, 93 сквера, 9 бульваров и 3 набережных. Таким образом, из 17 (чуть позже в 1976 г. был создан Парк Победы) советских парков на сегодняшний день частично функционируют 4: «Черное озеро», парк в поселке Дербышки, парк им. Урицкого и парк Победы.

Можно сказать, что большинство объектов зеленого строительства в городе Казани представляет собой захламленные территории, утратившие свои функции, ни один объект не сохранен в полной мере и в том виде, в котором он существовал в советский период. Однако на территории некоторых парков и садов встречаются элементы, по которым возможно воссоздать советский парк в целом. Например, в разном состоянии, но практически в каждом парке сохранилась главная аллея, фрагменты живой изгороди вдоль утраченных дорожек и площадок, в некоторых местах обнаружены рядовые посадки из лип, тополей и вяза, а также скульптуры и группы деревьев из высокодекоративных видов. Все выявленные элементы и особенности планируется использовать для выявления уровня историко-культурной ценности и, возможно, последующего воссоздания некоторых советских парков, представляющих особый интерес с точки зрения истории, культуры и туризма.

Согласно построенной модели парка очевидно, что отечественная ландшафтная архитектура не просто отстает от мировых тенденций, но начиная с 1970-ых годов буквально деградирует.

Современные территории городских парков либо застроены, либо захламлены и не пригодны для выполнения даже своей первичной функции – рекреации городского

населения. Политика города по вопросам дальнейшей судьбы этих объектов неопределенна и неясна. Генеральным планом города конкретных мероприятий по воссозданию либо реконструкции территории парков и садов не предусмотрено.

Таким образом, успех в сохранении наследия и развитии ландшафтной архитектуры в городах России возможен:

- после определения четкой политики города в отношении объектов ландшафтной архитектуры;
- после проведения более подробного исторического анализа территорий парков, садов и скверов, с изучением их проблем, задач, а также сформировавшихся на тот период подходов к их решению;
- при подготовке собственных профессиональных кадров, обладающих знаниями, специфичными для этой области (фитопатология, энтомология, география, гидрология, дендрология, ландшафтное проектирование, ландшафтное строительство, психология, экология и др.);
- при активном сотрудничестве с более развитыми странами;
- после проведения паспортизации всех существующих и формирующихся объектов ландшафтного строительства, с последующим ежегодным мониторингом их состояния и эффективности функционирования;
- после выявления и воссоздания представляющих историческую ценность парков и скверов и реконструкции остальных объектов ландшафтной архитектуры и зеленого строительства.

Современное общество сохраняет то, что ценит, а ценит то, что понимает и в чем нуждается. Ценность природы в городской среде неоспорима, однако история парков, садов, скверов, бульваров и набережных недостаточно изучена и понятна, чтобы цениться простым жителем города с его современными и вполне понятными потребностями.

По результатам сравнительного анализа современной мировой и отечественной ландшафтной архитектуры и построения модели советского парка можно сказать, что проблема развития современной ландшафтной архитектуры городов России связана с некоторыми причинами:

- изменением требований и добавлением новых функций объектам ландшафтного искусства;
- неопределенностью в отношении исторической и культурной ценности таких объектов, сформировавшихся на более ранних этапах развития городской ландшафтной архитектуры нашей страны;
- недостаточной изученностью истории возникновения и развития их территорий;
- отсутствием методологической базы для воссоздания, реконструкции и строительства объектов ландшафтного искусства.

Построение модели позволило выявить основные задачи современной ландшафтной архитектуры страны и сформулировать предложения для их решения.

Более глубокое изучение истории советского ландшафтного искусства России на примере городских парков и садов Казани позволит выявить его место в истории и культуре, разработать методику реставрации и реконструкции таких объектов, как городские сады и парки, с учетом современных требований, послужит фундаментом для развития современной ландшафтной архитектуры городов нашей страны.

Список литературы

1. Горохов В.А. Зеленая природа города. – М.: Стройиздат, 2003. – 528 с.
2. Моисеев В.С. Строительство и реконструкция лесопарковых зон. – М.: Стройиздат, 1990. – 288 с.
3. «The international review of landscape architecture and urban design Topos70/Sustainability», the Germany is Munich. 2010. – 111 p.

4. «The international review of landscape architecture and urban design Topos71/ Urban design», the Germany is Munich, 2010. – 109 p.
5. Ожегов С.С. История ландшафтной архитектуры. – М.: Стройиздат, 2003. – 230 с.
6. Теодоронский В.С., Жеребцова Г.П. Озеленение населенных мест градостроительные основы. – М.: «Академия», 2010. – 256 с.
7. ГОСТ 28329-89 «Озеленение городов. Термины и определения». Госстандарт СССР. – М.: Издательство стандартов, 1990. – 12 с.
8. Материалы отчета обследования зеленых насаждений города Казани, ЦНИИП по градостроительству, 1971. – 65 с.

Grishina M.P. – post-graduate student

E-mail: grishiniih@yandex.ru

Kazan State University of Architecture and Engineering

The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Problems of preservation of landscape skills objects and landscape architecture development in large cities of Russia in an example of parks in Kazan

Resume

The article describes the current problems of landscape architecture and the European experience of its decisions. A comparative analysis of national and world landscape architecture was made.

The description of the formation and development of the Soviet parks in an example of the city of Kazan was made. Based on the collected and analyzed archival data and full-scale survey, time series history of the Soviet landscape building in a major city was developed. Design and analysis of time series with 10 parks served as the basis for creating an abstract model of the history of the Soviet fleet. Built a conditional model reflects the main historical stages of development of the territory of the Soviet fleet, as well as the current state of its territory.

Comparative analysis of domestic and foreign landscape architecture revealed quite a big difference in the approaches of modern landscape architecture and a marked gap in the levels of development of the domestic landscape architecture from foreign cities.

According to the results of the analysis the conceptual proposals on identification of historical and cultural value of urban parks and gardens of the Soviet period, the conservation of landscape art of particular value were formed. In addition, the article offers identified proposals to control the condition of green building objects, and recommendations for the formation of the methods for the gradual development of landscape architecture in the cities of Russia are given.

Keywords: park, garden, landscape architecture, historic and cultural valuable, recreates reconstruction.

References

1. Gorohov V.A. Green nature urban. – М.: Stroyizdat, 2003. – 528 p.
2. Moiseev V.S. Building & reconstruction forest. – М.: Stroyizdat, 1990. – 288 p.
3. «The international review of landscape architecture and urban design Topos70/Sustainability», the Germany is Munich, 2010. – 111 p.
4. «The international review of landscape architecture and urban design Topos71/ Urban design », the Germany is Munich, 2010. – 109 p.
5. Ojegov S.S. History landscape architecture. – М.: Stroyizdat, 2003. – 230 p.
6. Teodoronsky V.S., Jerebcova G.P. Green building in the town town-planning basis. – М.: «Academy», 2010. – 256 p.
7. GOST 28329-89 «Urban planting. Terms and definitions». Gosstandart USSR. – М.: Publisher standards, 1990. – 12 p.
8. Proceedings repor examination greenery in the Kazan, CNIIP for urban development, 1971. – 65 p.

УДК 72.03

Дыба Ю.Р. – кандидат архитектуры, доцент

E-mail: yuriy_dyba@ukr.net

Национальный университет «Львовская политехника»

Адрес организации: 79013, Украина, г. Львов, ул. С. Бандери, д. 12

О булгарском происхождении мастера Георгиевского собора в Юрьеве-Польском

Аннотация

Статья посвящена анализу сообщения В. Татищева об участии в строительстве и отделке Георгиевского храма в Юрьеве-Польском (1230-1234 гг.) мастера булгарского происхождения. По мнению автора, о его булгарском происхождении свидетельствует имя – Бакун, сохранившееся на фасаде храма в виде частично поврежденной авторской надписи. Это особенное имя, оно принадлежало покровителю (патрону) зодческой деятельности, которым, в мусульманской традиции, следует считать строителя Каабы – Бакуна (Бакума). Имя мастера Георгиевского храма доказывает, что он был потомственным зодчим и подтверждает известие В. Татищева о его булгарском происхождении.

Ключевые слова: Юрьев-Польский, церковь св. Георгия, Бакун, зодчий, мастер, Волжская Булгария, Кааба, белокаменная архитектура, резьба.

Известный к сегодняшнему времени перечень имен древнерусских зодчих, строителей и ремесленников, которые принимали участие в создании и украшении храмов, вряд ли можно назвать слишком пространным [1], поэтому каждое имя, оставленное мастером на стене храма, или упомянутое в летописи, вызвало и вызывает до сих пор пристальное внимание ученых. Неподдельный интерес вызвала и находка частично утраченной надписи с именем «БАК [...]» на стене памятника белокаменного зодчества Владимиро-Сузальской земли – Георгиевского собора в Юрьеве-Польском, возведенного в 1230-1234 годах (рис. 1, 2). Дискуссию о личности мастера, оставившего свою подпись, которая развернулась в 60-е годы XX в., нельзя считать завершенной, а в свете новых аргументов и фактов прежние выводы требуют пересмотра и верификации.



Рис. 1. Церковь св. Георгия в Юрьеве-Польском (1230-1234 гг.). Вид с юго-востока

Рис. 2. Церковь св. Георгия в Юрьеве-Польском (1230-1234 гг.). Западный фасад

В Тверской летописи XVI в. роль строителя храма св. Георгия отводится сыну Всеяволода Большое гнездо, Юрьевскому князю Святославу Всеяволодовичу: «И създа ю Святославъ чудну, рѣзанымъ каменемъ, а самъ бѣ мастеръ» [подчеркивание здесь и ниже по тексту наше – Ю.Д.]» [2]. Это сообщение, как допускал М. Воронин [3], было

инспирировано текстом надписи, сохранившимся на каменном блоке, который сопровождал композицию «Распятие» (так называемого «Святославового креста»): «*(м)(о)с(а)ца июна въ л[день въ люто] ѿзумѣ на] памѧтъ с(в)ятого Iw(ана) воин(ни)ка поставленъ кр(е)стъ [сии] С(в)ятыиославъмъ Всево[ло]дичемъ ами[нь]*» [4, 5].

Уже в XVIII в., в контексте повествования о сооружении Георгиевской церкви, В.М. Татищев сообщил (не ссылаясь на источник своей информации), что «*Святыиослав, пришед во град свой Юриев, и от имени Болгарского начал строить церковь святаго Георгия каменную*», имея в виду близкую к Владимиро-Суздальщине Волжскую Булгарию, на которую был осуществлен успешный поход. И дальше продолжает, что «*Князь Святыиослав Гавриил Всеиволодович, как выше сказано, разруша прежнюю ветхую построенную в Юриеве дедом его церковь, построил новую вельми дивную резным камением. Мастер был болгарский, и освятил оную Епископ Митрофан, где были князь великий Юрий и другие, веселились три дня*» [6]. Известием о булгарском мастере историк надолго внес сумятицу в умы исследователей, занимавшихся историей архитектуры Руси.



Рис. 3. Надпись «Б/А/К/[...]»
на северном притворе
Георгиевского храма
(за Г.К. Вагнером [20])



Рис. 4. Рельеф Спаса северном притворе Георгиевского храма
с надписью «Б/А/К/[...]» (за Г.К. Вагнером [9])

В конце XIX в. В.В. Суслов высказал предположение, что автором декоративной резьбы фасадов Георгиевской церкви мог быть упомянутый в Галицко-Волынской летописи «хитрецъ Авдей» [7], создавший рельефы Спаса и св. Ивана холмской церкви св. Иоанна Златоуста [8]. По его мнению, Авде(и)й был одним из многих беженцев, бежавших от татар в Галицко-Волынскую землю. Эта идея базировалась и на том обстоятельстве, что между княжескими семьями Владимиро-Суздальской и Галицко-Волынской земель существовали тесные связи. Так, на дочери Георгия Всеиволодовича был женат волынский князь Василько Романович, который в 1229 г. ездил во Владимир-на-Клязьме.

Новые суждения касательно авторства Георгиевского храма и каменной декорации его фасада вызвало выявление фрагмента колончатой надписи «Б/А/К/[...]» (рис. 3, 4), высеченной на каменной стене северного притвора (рис. 5). В современных работах это граффити уже традиционно связывают с именем одного из мастеров авторов каменной резьбы храма [9].

Изучение вопроса об имени того или иного мастера перерастало обычно в вопрос определения его национальности. Оно актуально и сегодня. Поэтому целью предлагаемой публикации является исследование возможных восточных источников практики каменной резьбы Георгиевского храма и верификация сообщения В.М. Татищева о вероятном происхождении его строителя с Волжской Булгарией.

Сложность анализа каменного резного декора церкви св. Георгия в Юрьеве-Польском заключается в существенных изменениях, которые претерпел храм со времени построения. Простояв неизменно более 230 лет, церковь разрушилась в конце 1460-х годов (предполагают – в 1467 г.) и была «собрана» по-новому московским архитектором Василием Ермолиным за один сезон 1471 года. Композиция храма менялась и в более поздние времена, когда он обрастал пристройками, получил четырехскатную кровлю и широкий, луковичных очертаний, купол.



Рис. 5. Надпись «Б/А/К/ [...]» на северном притворе Георгиевского храма
(реконструкция А.В. Столетова, за Г.К. Вагнером)

Рис. 6. Надпись
«Б/А/К/[А€]»
на северном притворе
Георгиевского храма
(Реконструкция
А.А. Медынцевой [18])

Колончатая надпись «Б/А/К/ [...]» находится возле одного из парных (правого) нимбованных изображений, расположенных *in situ* на стене закомары северного притвора (рис. 5, 6). Несмотря на отсутствие креста на нимбах и положение изображения ниже рельефа св. Георгия, М.П. Кондаков и К.К. Романов считали его изображением Спаса Нерукотворного [10, 11]. Эти парные рельефы К. Вагнер считает святыми Убрусом и Керамиодом (Черепием – отражением образа Нерукотворного Спаса из платы на керамическую плиту). Расположение граффити, признаваемого подписью имени мастера, Вагнер связывает с ремесленной традицией, основанной на убеждении в том, что Спас является помощником и покровителем мастера в его профессиональной деятельности [9]. Исследователь ссылается на эпиграфические данные – подписи мастеров, которые сопровождались формулой «Господи помоги [...]», на которых акцентировал внимание Б.А. Рыбаков [12].

Компоновка надписи и ее выполнение было, очевидно, последней стадией в длительном процессе, который начинался с монтировки блока с рельефом в кладку, выполнением нимба и завитков растительного орнамента. Палеографически синхронная с сооружением надпись помещена таким образом, что буква «Б» вырезана лишь немного ниже верхнего края блока так, что выше уже не оставалось места для каких-то других букв. Хорошо читаются три буквы «Б/А/К/ [...]». Четвертая книзу буква сохранилась фрагментарно, а текст ниже (на две-три буквы) полностью потерян из-за деструкции поверхности камня. Фрагментарно сохранившуюся четвертую букву традиционно отчитывали как «У». Анализируя граффити и соседний рельеф Георгиевского собора, Б.А. Рыбаков допускал, что он изображает небесного покровителя какого-то боярина Аввакума / Абакума [13]. В то же время Г. Вагнер отметил, что прочтение слова как «Абакум» (в летописи и на суздальских вратах зафиксирована форма «Амбакум») сомнительно. По мнению Г. Вагнера, вероятным является прочтение имени «Бакун», что было довольно широко

распространено на территории Руси. Перечень примеров употребления имени «Бакун» и его производных от середины XIV до нач. XVI века приводил Н.Н. Тупиков [14].

Новейшие исследования резной надписи Георгиевской церкви, обнаруженной рядом с изображением Спаса Нерукотворного, принадлежат А.А. Медынцевой. В 2007-2008 гг. были обследованы белокаменные сооружения Владимиро-Сузdalской земли, в том числе и храма в Юрьеве-Польском. По мнению А. Медынцевой, анализируемая надпись читается как «Б/А/К/[А€]». Особенностью такого прочтения надписи является ее колончато-строчная компоновка. Если три первых буквы «Б/А/К» расположены в колонку сверху вниз, то две следующие – «/[А€]» (меньшего размера) – ниже, в одну строку (рис. 6). В целом, надпись объясняется как личное собственное имя «Бакай» [15, 16]. Медынцева также указывает на неканоничность и не совсем прозрачную семантику этого мирского имени, допуская его происхождение от славянского «бакати» – много красноречиво говорить, болтать, не исключая возможности объяснить его как древнерусское производное от канонического «Аввакум», вскользь упоминая и возможное тюркоязычное происхождение имени [17, 18].

В контексте анализа имени зодчего, оставившего свою подпись на стене Георгиевского собора, обращает на себя внимание очевидное игнорирование прямого указания В. Татищева о его булгарском происхождении. Критический выпад в сторону этого известия звучит довольно тенденциозно «[...] В.Н. Татищев, без ссылки на источник, писал о булгарском происхождении этого мастера, но это было признано абсолютно необоснованным» [18]. Заметим, что вряд ли можно назвать необоснованным утверждение, которое полностью согласуется с историческими обстоятельствами эпохи строительства храма, на что объективно обращал внимание историк, указывая, что церковь создавалась «от имени Болгарского». Серьезной критики в сторону татищевского известия так и не прозвучало, и вопрос о булгарском следе в архитектуре Владимира-Сузdalского княжества остается открытым.

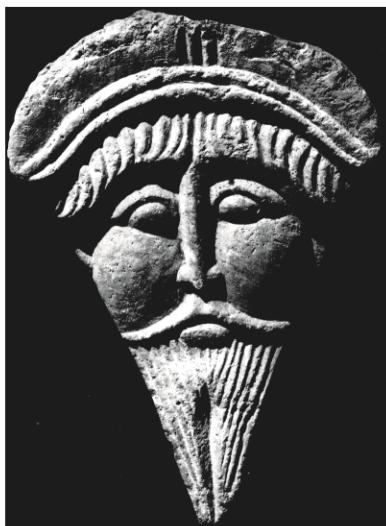


Рис. 7. Резная голова с замкового камня закомары северного притвора Георгиевского храма (за Г.К. Вагнером [20])



Рис. 8. Андрей Боголюбский.
Реконструкция антрополога
М.М. Герасимова

Напомним, что в литературе неоднократно отмечались «восточные» особенности резного убранства собора. Известие В. Татищева о булгарском происхождение зодчего Георгиевского храма считал вероятным С. Щербов. Он полагал, что образ мастера следует видеть в изображении резной головы треугольной формы, которая хранится в лапидарии собора (рис. 7) [19]. Одной из мотиваций для такой атрибуции стали выразительные восточные черты портрета. Маски воинов «кочевнического облика» отмечал и Вагнер [20]. Добавим, что к перечню восточных черт этого скульптурного изображения следует отнести еще и отчетливо выступающие скулы и своеобразный разрез глаз, полностью отличный от

пластической трактовки глаз в рельефе Спаса, рядом с которым и находится подпись «Б/А/К/[...]». И это притом, что оба рельефа, по мнению исследователя, принадлежат резцу одного и того же мастера. Подавляющее большинство современных исследователей склоняются к мысли, высказанной К. Вагнером, что с точки зрения средневековой табели о рангах, в портрете, который украшал замковый рельеф обводной тяги восточного притвора, нельзя видеть строителя Георгиевского собора, так как он располагался выше рельефа св. Георгия, патрона великого владимирского князя [21]. Восточные, монголоидные черты в резном портрете князя вполне логичны. Вспомним хотя бы пластическую реконструкцию антрополога М. Герасимова портрета родного дяди юрьевского князя Святослава Всеходовича – Андрея-Китая Боголюбского, сына Юрия Долгорукого и половецкой княжны, дочери хана Аепы Осекевича (рис. 8).

Вагнер привел дополнительный ряд аргументов, которые позволяют видеть в рельефе ктиторский портрет князя Святослава Всеходовича, выполненный главным мастером скульптурного убранства – Бакуном. По его мнению, князь Святослав, как и его брат Ярослав, изображенный на фреске Нередицкого храма (рис. 9), действительно мог иметь длинную бороду. Кроме того, ссылаясь на труд Кондакова [22], исследователь утверждал, что шапка, с выбивающейся из-под нее челкой волос, которую можно видеть на рельефе, имеет аналогии в княжеских изображениях XI–XIII веков. Характер волос действительно выразительно и самобытно смоделирован на рельефе, что и позволило исследователю утверждать, что это не просто декоративная маска, а ктиторский портрет, который к тому же повторяет ктиторские изображения Всеходода III на фасаде Дмитриевского собора во Владимире.



Рис. 9. Ктиторское изображение князя Ярослава Всеходовича. Роспись храма Спаса на Нередице (за Г.К. Вагнером)



Рис. 10. Рельефы на угловых пилонах Георгиевского храма (за Г.К. Вагнером [20])

Мастеру Бакуну Г. Вагнер приписывает также выполнение выразительных масок кочевниччьего (восточного) характера, изображенных на некоторых капителях собора (рис. 10). Исследователь объясняет этот факт многоэтничностью и разнохарактерностью окружения князя. Исследователь также не исключает возможности, что эти маски могли символизировать те народности, которые владимиро-суздальские князья считали покоренными, не исключая из списка и побежденных Святославом Всеходовичем волжских булгар. Восточная специфика присутствует и в рельефах юношей в арочках, которые первоначально венчали барабан купола собора, одетых в «кафтаны», задернутые слева направо по русскому обычаю, схожему с монгольским и персидским, но не с тюркским [20].

В свое время Н. Кондаков сравнивал резной декор Георгиевского храма не только с отделкой византийских изделий и романской пластики, но и с прикладным искусством Грузии, а также – с восточными тканями. Ученый также обратил внимание на ошибки мастера в начертании титлов у головы рельефа Богородицы, что позволило Г. Вагнеру предположить не греческое, а русское происхождение резчика или наличие у мастера русского оригинала. Но логичнее предположить, что надпись с ошибками выполнял мастер нерусского происхождения. В связи с вышесказанным, возможность происхождения кого-то из мастеров (не исключено и руководителя артели) с Волжской Булгарией, как об этом писал В. Татищев, выглядит достаточно правдоподобной. Приведенные факты диктуют необходимость более тщательного изучения личности мастера – автора подписи «Б/А/К/[...]», который реконструируют как «Б/А/К/[У/Н]» (сокращенное от «Амбакум / Абакум / Аввакум») или «Б/А/К/[АЄ]» (Бакай).

По нашему мнению, анализ имени мастера Георгиевского храма не исчерпал своих информационных возможностей. Во-первых, не очень убедительными выглядят попытки трактовать его как упрощение полной формы имени. Формула благопожелательного обращения «*Господи помоги рабу своему...*» (подражанием которого объясняется помещение надписи «Б/А/К [...]» рядом с рельефом Спаса) обычно содержит полную крестильную церковнославянскую форму имени: Костантиноу, Григориеви, Гаврилови и т.д. В то же время, мирская, упрощенная форма уместна больше для частной переписки. На преимущественное употребление именно крестильных форм имени обращает внимание известный исследователь граффити киевских храмов С.А. Высоцкий: «*Следует заметить, что авторы софийских граффити в подобных надписях обычно пишут свои крестильные имена, изредка – мирские*» [23]. Это замечание применимо и к трактовке надписи «Б/А/К [...]», которую с очевидной натяжкой считают сокращенной формой имени библейского пророка Аввакума.



Рис. 11. Надпись «Б/А/К [...]»
на северном притворе
Георгиевского храма
(за Г.К. Вагнером [20])

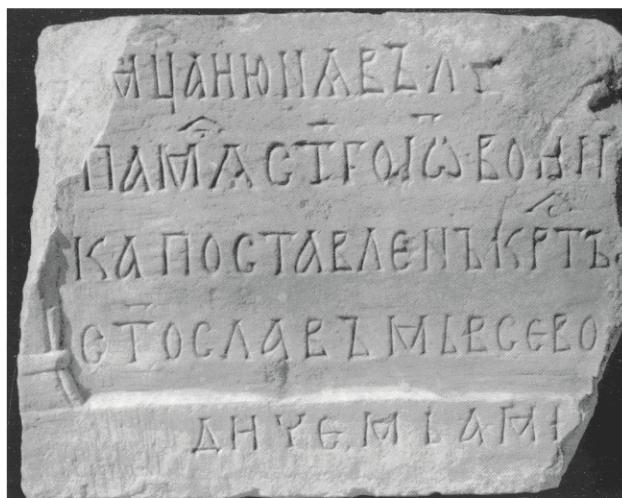


Рис. 12. Надпись на каменном блоке
с лапидария Георгиевского храма
(за В. Кавельмахером [5])

Подробного рассмотрения требуют и аргументы, которые стали основанием для прочтения анализированной надписи как «Б/А/К/[АЄ]». Обследования *in situ* и новые фотографии позволили А. Медынцевой прийти к следующим выводам:

- 1) невзирая на то, что рельеф Спаса и надпись расположены на соседних блоках, растительный орнамент и нимб на них составляют единое целое, из чего следует, что они вырезались одновременно;
- 2) надпись расположена на специально оставленном для нее месте;
- 3) надпись не может быть случайной и входит в первоначально задуманную композицию;

- 4) не подтвердилось предположение о повреждении или незаконченности надписи;
- 5) колончатая надпись из трех букв «Б/А/К/[...]» напоминает подписи имен святых на иконах и фресках, хотя обозначение «одуточ» отсутствует;
- 6) четвертый знак, в котором видели букву «У», прочитан как две расположенные рядом буквы «А€», несколько меньшего размера, чем предыдущие;
- 7) правее надписи вырезано двоеточие, используемое обычно для обозначения конца строки или фразы;
- 8) надпись читается как «Бакае» и может передавать имя, звучавшее как «Бакай»;
- 9) несмотря на тюркоязычное звучание этого имени, читаемого как «Бакай», его (как и вариант прочтения – «Бакун») возможно считать производным от полного имени «Аввакум»;
- 10) датирующим признаком может быть начертание буквы «А»: в обоих случаях с наклонной правой чертой и небольшой «оплывшей» петлей;
- 11) палеография надписи не противоречит датировке ее XIII веком.

Проанализируем детально те выводы, которые кажутся нам сомнительными. Углубления на месте четвертого книзу знака, прочитанные А. Медынцевой как две расположенные рядом буквы «А€», хорошо различимы на всех опубликованных ранее фотографиях (рис. 3, 4, 11). Нельзя сказать, что их раньше не наблюдали, но выделять две графемы из кучного скопления подобных углублений, вероятно, не представлялось возможным. Это скопление визуально прочитывается как природное отслоение камня в нижнем окончании продолговатой поверхности, несколько возвышающейся над плоскостью блока. На этой «мысоподобной» поверхности отчетливо прочитывается колонка из трех букв «Б», «А» и «К». Ниже, отделяясь от буквы «К» регулярной межстрочной полосой, довольно выразительно выделяются верхние окончания двух штрихов с расширениями в виде засечек (серифов), в которых видели верхние оконечности буквы «У». Сближаясь книзу, эти штрихи теряются в неровностях и углублениях упомянутого скола в окончании «мыса» с надписью.

Не беремся спорить с мнением, что в указанных неровностях можно прочитать контур двух букв «А€», но остаются сомнения в их рукотворности. Тем более, что не все визуально читабельные углубления учтены в предложенной А. Медынцевой реконструкции текста. В частности, одно из таких углублений, отмеченное между двумя нижними буквами в публикации 2010 г. [17], в новейшей публикации уже отсутствует [18].

В перечне основных выводов А. Медынцева указывала, что анализированная надпись расположена на специально оставленном для нее месте. Тем не менее, нижняя строка с буквами «А€» оказывается за пределами возвышенной плоскости, на которой вырезаны буквы «Б/А/К/[...]». Хотя автор надписи имел возможность расположить все ее буквы в одной плоскости, две нижние буквы находятся на подтененной, наклонной поверхности, которую мы считаем сколом.

Обращает на себя внимание и двоеточие, расположенное правее колонки текста. Поскольку этот знак обычно применяли для обозначения конца строки или фразы, то его расположение на уровне межстрочной полосы между третьей и четвертой (последней) графемой кажется произвольным, случайным. Логично было бы ожидать размещение двоеточия на уровне двух последних букв, в завершении текста или посередине колонки. Двоеточие оказывается ближе к середине, если предположить, что часть графем первоначального слова утрачены, как и предполагалось ранее при его реконструкции как «Б/А/К/[У/Н]». В таком случае логично и смещение двоеточия на межстрочный уровень. Тем самым автор инскрипции демонстрировал, что этот знак относится ко всему слову, а не разделяет его на части, в случае его размещения на уровне буквы «К».

Нельзя согласиться и с графическим начертанием петли буквы «А» (второй книзу в колонке), которую А. Медынцева называет «оплывшей», подчеркивая тем самым некоторую ее «одутловатость». Вопреки такой характеристике обращаем внимание на заостренный книзу профиль этой петли, сходный с написанием буквы «А» в инскрипции на плите, сопровождавшей композицию «Распятие» (рис. 12). Предложенный А. Медынцевой вариант прорисовки этой буквы сглаживает существенные различия в форме ее петли, в сравнении с петлей следующей буквы «А», расположенной ниже (в строке из двух букв «А€»). Различие усугубляется и тем, что петля верхней буквы «А»

присоединена к середине косого штриха, а нижней – располагается у его вершины. Существенная разница в начертании двух букв «А» в одном слове заставляет критически отнестись именно к варианту написания второй из них.

Не находит логического обоснования и присутствие в колончатой надписи двух нижних букв, написанных в одну строку, как необъяснимо и уменьшение величины этих букв. Попытку сравнить своеобразное начертание буквенной композиции с растительным орнаментом (А. Медынцева считает, что две нижние буквы «образуют подобие крына (ростка)») вряд ли можно назвать удачной.

Сказанное выше заставляет сомневаться в достоверности предложенного А. Медынцевой прочтения инскрипции как «Б/А/К/[АЄ]». Во всяком случае, принимать такую реконструкцию текста в качестве окончательного решения вопроса нет достаточных оснований. Полагаем, что сбрасывать со счетов вариант прочтения надписи как «Б/А/К/[У...]» – преждевременно.

Пристальное внимание к имени главного мастера Георгиевского храма не случайно. Исследователи древнерусского зодчества обратили внимание на то, что в семьях ремесленников (с наследственной передачей профессиональных навыков) детям обычно выбирали имя покровителя того вида деятельности, в котором специализировалась семья (артель). Так, Ю.С. Асеев отмечал, что мастера каменных дел на Руси часто носили имя Петр [24]. Предположение Ю. Асеева поддержал и развил И. Николаев, который утверждал, что обычай называть сына Петром выработался именно в семьях строителей. Следовательно, имя мастера Петр часто означает, что он родился в семье строителя и свидетельствует о наследственности его профессиональной деятельности [25]. Связь имени Петр со строительной деятельностью базируется на его этимологии. Старославянское Петръ через церковнославянское посредничество заимствовано в древнерусский язык с греческого; гр. Πέτρος образовано от πέτρος – «камень», связанного с πέτρα – «скала, утес, каменная глыба» [26]. Кроме известного киевского зодчего Петра Милонега имя Петр имел новгородский строитель кон. XI - нач. XII в., автограф которого сохранился в Софии Новгородской (1045-1050 гг.) на стене придела св. Иоанна [27]. Граффити с именем еще одного Петра было обнаружено во время расчистки южной стены храма полоцкой Софии. Как полагают, это имя также принадлежит одному из зодчих [28].

Кроме св. Петра, патронами архитектурно-строительной деятельности считались еще несколько библейских персонажей, в частности – Давид, Фома, Стефан, Яков и т.п. Их имена также отразились в именослове древнерусских зодчих и строителей [29]. К числу «профессиональных» относится и летописное имя автора рельефов собора св. Иоанна в Холме – Авдея (Авдия). Библейское имя «Авдий» принадлежало управляющему (эконому, устроителю) двора библейского царя Ахава: (3Цар18; 3-9) «И призва Ахавъ Авдіа строителя дому». Поскольку в княжеский период выражение «строити», кроме смысла «управлять», употреблялось также и для обозначения строительной деятельности, то не исключаем, что именно на этом основании и мог получить свое имя резчик Авдей. Профессиональные навыки холмского «хитреца» развивались, вероятно, по наследству.

Имя пророка Аввакума не только не относится к патрональным именам строителей и художников, но и отсутствует, как отметила А. Медынцева, в перечне патрональных святых княжеской династии. Эти замечания дают достаточно оснований для того, чтобы усомниться в справедливости попытки прочесть имя мастера, как сокращенную форму какого-либо «канонического» христианского имени. К тому же А. Медынцева признавала его возможное тюркское происхождение. Напомним, что мужские имена с основой «Бак...» характерны именно для народов, принадлежащих к кипчакско-булгарской подгруппе тюркских языков. Так, имена Бакый и Баки – современные башкирские имена; Баки – татарское; Бакы, Бакы и Баки – имена крымско-татарские [30].

В свете свидетельства В. Татищева о булгарском происхождении мастера Георгиевского собора связь надписи «Б/А/К/[...]» с именословом кипчакско-булгарского происхождения выглядит вполне логично. И все же, есть все основания рассматривать исследуемую надпись, в первую очередь, в ее связи с профессиональной архитектурной деятельностью ее автора.

С подписью мастера Георгиевского собора в Юрьеве-Польском в прочтении «Б/А/К/[У/...]» логично связывается «профессиональное» имя Бакун / Бакум, которое принадлежало строителю главной мусульманской святыни – Каабы.

Кааба – небольшое сооружение кубической формы в Мекке, к которому пять раз в день обращаются взоры мусульман во время совершения молитвы. Кааба строилась и восстанавливалась пророками Адамом, Ибрахимом (Авраамом), Исмаилом и Мухаммадом. Реконструкция Каабы производилась от 5 до 12 раз. После одного из крупных паводков здание Каабы в очередной раз было повреждено и требовало ремонта. Право на проведение реконструкции было поручено четырем племенам курайшитов. В этом строительстве принял участие пророк Мухаммад. В то время, когда Курайшиты планировали восстановление Каабы, около порта Джидда потерпел аварию и был выброшен на берег корабль с грузом железа, дерева и мрамора, который плыл в Абиссинию на строительство церкви. На помощь пострадавшим в крушении пришел Валид Бен Мюир с несколькими людьми и увидел, что корабль поврежден. Он приобрел строительные материалы, которые перевозились в этом корабле, для восстановления Каабы. Среди пассажиров корабля, оставшихся в живых после аварии, был и ромейский (византийский) строитель (каменщик и плотник) на имя Бакун или Бакум (Bakun / Bakum). С этим мастером и был заключен договор на восстановление Каабы. Иногда Бакуна называют и коптским (эфиопским) христианином.

Факт совпадения имени мастера Георгиевского храма (сохраненного в фрагментированной надписи «Б/А/К/[...]» или «Б/А/К/[У/...]») с именем строителя Каабы, известного как Бакун или Бакум, вряд ли можно назвать случайностью. Это совпадение нужно рассматривать в связи с характерным для ремесленных династий обычаем называть наследника в честь покровителя (патрона) определенной профессии. Выше упоминались имена покровителей архитектурно-строительной деятельности, характерные для христианства. В мусульманской традиции покровителем зодчих следует считать строителя Каабы, известного по имени Бакун.

Таким образом, вырезанное на поверхности стены Георгиевского храма имя «Б/А/К/[У/Н]» или «Б/А/К/[У/М]» служит подтверждением сообщения В. Татищева о булгарских корнях мастера Георгиевского храма. Имя «Бакун/Бакун» следует воспринимать доказательством того, что его владелец был (по крайней мере – во втором поколении) наследственным зодчим и происходил из исламской среды. Ислам в Булгарии официально был принят в 922 году.

Не исключено также, что Бакун это не личное имя мастера, а его своеобразный творческий псевдонимом – высокая оценочная похвала, полученная от единоплеменников, потрясенных его мастерством. Подобным хвалебным образом и древнерусский летописец характеризовал строителя Петра Милонига, сравнивая его с библейским зодчим Веселейлом (Бецаэлом). Появление мастера-булгара в артели, которая между 1230 и 1234 гг. создавала христианскую церковь в Юрьеве-Польском, находит объяснение в походе основателя храма на Волжскую Булгарию. В 1220 г. Святослав идет войной на булгар. Следовательно, необходимые для строительства храма немалые финансовые и материальные ресурсы князь мог получить из булгарской добычи.

Из Булгарии, как об этом сообщал В. Татищев, мог происходить и главный строитель. Если согласиться с этим мнением, то возникает вопрос о межконфессиональном аспекте возможного участия мастера-мусульманина в сооружении и отделке христианской святыни. Полагаем, что религиозный момент не является непреодолимым для мастера-мусульманина, которому должен быть известен поучительный исторический факт с периода деятельности строителя Каабы – Бакуна. Во время своего «прощального» паломничества в 630 г. Мухаммад уничтожил идолов, которые стояли рядом с Каабой, хотя и сохранил изображение Марииам (девы Марии) и Исы (Иисуса). Следует брать во внимание, что и сам строитель мусульманской святыни был христианином.

Взаимоотношения между христианами и мусульманами в средневековье не обязательно имели конфронтационный характер. Напомним хотя бы сообщение арабского путешественника XII в. Абу Хамида ал-Гарнати, который писал о «хорезмийцах» в Венгрии, которые служат царям и снаружи исповедуют христианство,

но тайно – ислам. Такого рода неустойчивые религиозные убеждения, которые менялись в зависимости от социальной или политической конъюнктуры, могли быть еще более выразительными на христианско-мусульманском пограничье в Поволжье. Во внимание следует принимать и тогдашнюю военно-политическую ситуацию в Булгарии, благоприятную для миграции художников и ремесленников в соседнее Владимиро-Сузdalское княжество. В ходе строительства Георгиевского храма южным рубежам Волжской Булгарии угрожали монголы. В 1232 г. они напали на нижне-волжских булгар (Саксин). Когда волго-камские булгары обратились за помощью к владимиро-сузальскому князю Юрию Всеволодовичу и пообещали заплатить ему за эту помощь, то получили от него отказ. Действуя по принципу, что слабый сосед лучше сильного, владимиро-сузальские князья принимали у себя тех, особенно ремесленников, кто в ожидании нападения монголов искал более безопасное место.

Рассуждая о причинах участия булгарского мастера в строительстве Георгиевского храма в Юрьеве-Польском, следует принимать во внимание и упомянутые исторические обстоятельства. Вероятно, это был свободный выбор булгарского мастера, нанятого для выполнения конкретного заказа. Связывая его прибытие во Владимиро-Сузальщину с событиями военной кампании 1220 г., нужно учитывать, что до начала строительства храма в 1230 г. прошло десять лет, достаточных для культурной и языковой адаптации мастера-мусульманина в христианском обществе.

Об активной деятельности булгарских зодчих на территории Владимиро-Сузальской земли сообщает самобытный нарративный источник, известный под названием «Летописи Джагфара» («Джагфар тарихы») [31]. Это собрание древнебулгарских летописей написано 1680 г. Бахши Иман. В отдельной ее части – «Летопись Гази-Барадж» («Гази-Барадж тарихы») под 1229-1246 гг. имеются сведения о деятельности булгарских мастеров-строителей и резчиков. Известны их имена: Чути, Абрак-Хум, Убар, Аслан, Яхам и Касим. Этот текст дошел до нашего времени только в русском переводе, а оригиналный документ был утерян. По этой причине существует много противоречивых суждений о его подлинности – от полного отрицания, до восхищения. Несмотря на противоречивое отношение ученых к этому источнику, оставить его без внимания было бы неправильно. Даём возможность читателю трактовать его по своему усмотрению.

Выводы

Сообщение В. Татищева о том, что строительством белокаменного храма в Юрьеве-Польском (1230-1234 гг.) руководил мастер булгарского происхождения, находит подтверждение в исторических реалиях 30-х годов XIII века. Творческая специфика булгарского зодчего отразилась, в частности, в восточных чертах каменного убранства храма.

Имя этого зодчего, вырезанное крупными буквами на стене Георгиевского храма, совпадает с именем легендарного строителя мусульманской святыни Каабы, христианина по происхождению, известного по имени Бакун / Бакум. Это совпадение свидетельствует о бытовавшей в семьях булгарских ремесленников традиции выбирать наследнику имя покровителя того вида деятельности, в котором эта семья (артель) специализировалась. Эта традиция соответствует средневековой европейской практике (зафиксированной в семьях потомственных строителей, в том числе и на Руси) называть детей именами христианских покровителей строительной отрасли. Имя мастера доказывает, что он был потомственным зодчим и подтверждает известие В. Татищева о его булгарском происхождении.

Список литературы

1. Диба Ю. Творці монументальної архітектури Русі // Буття в мистецтві. Збірник наукових праць і матеріалів на пошану Степана Костюка з нагоди 80-річчя. – Львів: Львівська наукова бібліотека ім. В. Стефаника НАН України, 2007. – С. 191-212.
2. Тверская летопись // Полное собрание русских летописей. – СПб.: Изд-во «Наука», 1864, Т. 15. – С. 355.
3. Воронин Н.Н. Зодчество Северо-Восточной Руси XII-XV веков. – М.: Изд-во АН СССР, 1962, Т. 2: XIII-XV столетия. – С. 121-122.

4. Воронин Н.Н. О некоторых рельефах Георгиевского собора в Юрьеве-Польском // Советская археология, 1962, № 1. – С. 140-151.
5. Кавельмахер В.В. Краеугольный камень из лапидария Георгиевского собора в Юрьеве-Польском (К вопросу о так называемом Святославовом кресте) // Древнерусское искусство. Русь. Византия. Балканы. XIII век. – СПб.: Изд-во «Дмитрий Буланин», 1997. – С. 185-198.
6. Татищев В.Н. История российская с самых древнейших времен. – М.: Напечатана при Имп. Московском Университете, 1774, Т. 3. – С. 421, 456.
7. Суслов В.В. Очерки по истории древнерусского зодчества. – СПб.: Типография А.Ф. Маркса, 1889. – С. 80, прим. 1.
8. Ипатьевская летопись // Полное собрание русских летописей. – М.: Изд-во восточной литературы, 1908, Т. 2. – С. 843-844.
9. Вагнер Г.К. О главном мастере Георгиевского собора 1234 г. в Юрьеве-Польском // Советская археология, 1966, № 3. – С. 99-108.
10. Толстой И., Кондаков Н. Русские древности в памятниках искусства. – СПб: Типография А. Бенке, 1899, Т. 6. – С. 43.
11. Романов К.К. Георгиевский собор в Юрьеве-Польском // Известия археологической комиссии. – СПб., 1910, Вып. 36. – С. 76.
12. Рыбаков Б.А. Ремесло древней Руси. – М.: Изд-во АН СССР, 1948. – С. 253.
13. Рыбаков Б.А. Прикладное искусство и скульптура // История культуры древней Руси. – М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1951, Т. 2. – С. 462.
14. Тупиков Н.М. Словарь древнерусских личных собственных имен. – М.: «Русский путь», 2004. – С. 37.
15. Медынцева А. Мастер Георгиевского собора // Достояние поколений, 2007, № 2 (3). – С. 60-67.
16. Медынцева А.А. Автограф мастера на фасаде Георгиевского собора в Юрьеве-Польском // Труды II (XVIII) всероссийского археологического съезда в Суздале. – М.: Ин-т Археологии РАН, 2008, Т. 2. – С. 357-359.
17. Медынцева А.А. Граффити белокаменной архитектуры Владимир-Сузdalской Руси // Восточная Европа в древности и средневековье. Устная традиция в письменном тексте. – М.: Ин-т всеобщей истории РАН, 2010. – С. 187-193.
18. Медынцева А.А. Имя мастера на фасаде Георгиевского собора в Юрьеве-Польском // Российская археология, 2012, № 2. – С. 149-155.
19. Основные положения исследования С.Г. Щербова (Щербов С.Г. Бело каменные Рельефы Георгиевского собора в г. Юрьеве-Польском (XIII в.)) известны нам по публикациям К. Вагнера.
20. Вагнер Г.К. Мастера древнерусской скульптуры. Рельефы Юрьева-Польского. – М.: «Искусство», 1966. – 70 с.
21. Вагнер Г.К. Скульптура Владимира-Сузdalской Руси: г. Юрьев-Польский. – М.: «Наука», 1964. – С. 54-55.
22. Кондаков Н.П. Изображения русской княжеской семьи в миниатюрах XI века. – СПб.: Изд. Имп. АН, 1906. – С. 50.
23. Высоцкий С.А. Средневековые надписи Софии Киевской (По материалам граффити XI-XVII вв.). – К.: «Наукова думка», 1976. – С. 47.
24. Асеев Ю.С. Архитектура древнего Киева. – К.: «Будівельник», 1982. – С. 135.
25. Николаев И.С. Творчество древнерусских зодчих. – М.: «Стройиздат», 1978. – С. 37, 103.
26. Петро // Етимологічний словник української мови. – К.: «Наукова думка», 2004, Т. 4: Н-П. – С. 362.
27. Каргер М.К. К вопросу об источниках летописных записей о деятельности зодчего Петра и Феофана Грека в Новгороде // Труды Отдела древнерусской литературы Института русской литературы АН СССР. – М.-Л., 1958, Т. 14. – С. 565-568.
28. Булкин В.А., Рождественская Т.В. Надписи на камне из храма Софии в Полоцке // Памятники культуры. Новые открытия. Письменность. Искусство. Археология. Ежегодник 1982. – Л.: «Наука», 1984. – С. 7-12.

29. Дыба Ю.Р. Спадкова професійна діяльність в світлі іменослову будівничих Русі XI-XIV ст. // Проблемы теории и истории архитектуры Украины. Сборник научных трудов. – Одесса: «Астропринт», 2012, Вып. 12. – С. 186-196.
30. Справочник личных имен народов РСФСР. – М.: Русский язык. – С. 74, 139, 185.
31. Бахши Иман. Джалгас тарихы, Т. I. Свод булгарских летописей 1680 г. / Изд. подготовлено Ф. Нурутдиновым. – Оренбург: Редакция Вестника Болгария, 1993. – 393 с.

Dyba Y.R. – candidate of architecture, associate professor

E-mail: yuriy_dyba@ukr.net

National University «Lviv Polytechnic»

The organization address: 79013, Ukraine, Lvov, S. Bandera st., 12

On the bulgar origin of the master of St. George Cathedral in Yuriev-Polsky

Resume

The article analyzes the reliability of V. Tatishchev's message about participation of a master of Bulgar origin in the construction of St. George Cathedral in Yuriev-Polsky (1230-1234). This possibility is supported by historical realities of the 30-s in the XIII century and is reflected in the oriental specifics of white stone carvings of the temple. According to the author, the Bulgar origin of the master is proved by his name – Bakun, the name of the patron of architecture, which is characteristic to Muslim tradition.

Name match of the master of St. George's Church is proved by a fragmented inscription with the name of the builder of the Kaaba, known as the Bakun or Bakum, and cannot be considered as accidental. This match should be read in connection with the typical custom of the artisan dynasties to name an heir in honor of the patron saint (patron) of a certain profession. The name of the master proves that he was a hereditary architect and confirmed the mention by W. Tatishchev about his Bulgar origin.

The presence of the master of Bulgarian origin in a building team, who created St. George Cathedral in Yuriev-Polsky between 1230 and 1234 find a logical explanation in the campaign of Prince Svyatoslav Vsevolodovich to the Volga Bulgars in 1220. The military and political situation in the Bulgar land during the construction of the temple facilitated the migration of artists and craftsmen to the nearby Vladimir-Suzdal principality. At this time the Mongols threatened the southern borders of the Volga Bulgar. Vladimir-Suzdal princes hosted especially those artisans who were looking for a safer place in anticipation of new attacks of the Mongols.

Keywords: Yuriev-Polsky, St. George Church, Bakun, builder, artist, Volga Bulgaria, Kaaba, white stone building, carving.

References

1. Dyba Y. The creators of the monumental architecture of Rus' // Being in the arts. Collection of scientific papers and materials in honor of Stepan Kostiuk on the occasion of the 80th anniversary. – Lviv: Vasyl Stefanyk Lviv National Scientific Library of Ukraine, 2007. – P. 191-212.
2. Tver chronicle // Complete Collection of Russian Chronicles. – SPb.: Publisher «Nauka», 1864, Vol. 15. – Col. 355.
3. Voronin N.N. Architecture of the North-Eastern Russia XII-XV centuries. – M.: Publisher Academy of Science of the USSR, 1962, Vol. 2: XIII-XV century. – P. 121-122.
4. Voronin N.N. On some reliefs of St. George Cathedral in Yuriev-Polsky // Soviet archeology. – M., 1962, № 1. – P. 140-151.
5. Kavelmaher V.V. The cornerstone of the lapidary St. George Cathedral in Yuriev-Polsky (On the question of so-called cross of Prince Svyatoslav) // Old Russian art. Russ. Byzantium. The Balkans. XIII century. – SPb.: Publisher «Dmitry Bulanin», 1997. – P. 185-198.
6. Tatischev V.N. History of Russia from ancient times. – M.: Printed at the Imp. Moscow University, 1774, Vol. 3. – P. 421, 456.

7. Suslov V.V. Essays on the history of architecture of ancient Russ. – SPb.: Typography A.F. Marx, 1889. – P. 80, note 1.
8. Ipatyevskaya chronicle // Complete Collection of Russian Chronicles. – M.: Publisher Oriental Literature, 1908, Vol. 2. – Col. 843-844.
9. Wagner G.K. About the Grand Master of the Cathedral of St. George 1234 in Yuriev-Polsky // Soviet archeology. – M., 1966, № 3. – P. 99-108.
10. Tolstoy I., Kondakov N. Russian antiquities in the monuments of art. – SPb.: Typography A. Behnke, 1899. – Vol. 6. – P. 43.
11. Romanov K.K. St. George's Cathedral in Yuriev-Polsky // Proceedings of the Archaeological Commission. – SPb., 1910, Issue 36. – P. 76.
12. Rybakov B.A. Craft ancient Rus'. – M.: Publisher Academy of Science of the USSR, 1948. – P. 253.
13. Rybakov B.A. Applied Art and Sculpture // History of culture of ancient Russia. – M.-L.: Publisher Academy of Science of the USSR, 1951, Vol. 2. – P. 462.
14. Tupikov N.M. Dictionary of proper names of ancient Rus'. – M.: «Russkiy put'», 2004. – P. 37.
15. Medyntseva A. Master of St. George's Cathedral // Property of generations. – M., 2007, № 2 (3). – P. 60-67.
16. Medyntseva A.A. Master's autograph on the facade of St. George Cathedral in Yuriev-Polsky // Proceedings II (XVIII) All-Russian Archaeological Congress in Suzdal. – M.: Institute of Archaeology RAS, 2008, Vol. 2. – P. 357-359.
17. Medyntseva A.A. Graffiti white-stone architecture of Vladimir-Suzdal Rus' // Eastern Europe in ancient times and the Middle Ages. Oral tradition in the written text. – M.: Institute of Universal History RAS, 2010. – P. 187-193.
18. Medyntseva A.A. Master's name on the facade of St. George Cathedral in Yuriev-Polsky // Russian archeology. – M., 2012, № 2. – P. 149-155.
19. The main provisions of S.G. Shcherbov research (Shcherbov S.G. White-stone reliefs of St. George Cathedral in Yuriev-Polsky (XIII century)) known to us from K. Wagner's publications.
20. Wagner G.K. Masters of ancient Rus' sculpture. Reliefs Yuriev-Polsky. – M.: «Iskusstvo», 1966. – 70 p.
21. Wagner G.K. Sculpture of Vladimir-Suzdal Rus'. Yuriev-Polsky. – M.: «Nauka», 1964. – P. 54-55.
22. Kondakov N.P. Images of Russian princely family in the miniatures of the XI century. – SPb.: Publisher of the Imp. Academy of Sciences, 1906. – P. 50.
23. Vysotsky S.A. Medieval inscriptions Sophia Cathedral in Kiev (According to the materials graffiti XI-XVII centuries). – K.: «Naukova dumka», 1976. – P. 47.
24. Aseyev Y.S. The architecture of ancient Kiev. – K.: «Budivelnyk», 1982. – P. 135.
25. Nikolaev I.S. Creativity ancient Rus' architects. – M.: «Stroyizdat», 1978. – P. 37, 103.
26. Petro // Etymological Dictionary of the Ukrainian Language. – K.: «Naukova dumka», 2004, Vol. 4: N-P. – P. 362.
27. Karger M.K. To a question about the sources of the chronicle records on the activities of the architect Peter and Theophanes Greek in Novgorod // Proceedings of the Department of Old Russian literature Literature Institute, Academy of Sciences of the USSR. – M.-L., 1958, Vol. 14. – P. 565-568.
28. Bulkin V.A. Rozhdestvenskaya T.V. The inscriptions on the stone of the temple of Sofia in Polotsk // Monuments of Culture. New discoveries. Writing. Art. Archaeology. Yearbook 1982. – L.: «Nauka», 1984. – P. 7-12.
29. Dyba Y.R.. Hereditary professional activities in light of the names of the builders of Rus' XI-XIV centuries. // Problems of the theory and history of architecture of Ukraine. Collection of Scientific Papers. – Odessa: «Astroprint», 2012, Issue 12. – P. 186-196.
30. Directory of personal names of the peoples of the RSFSR. – M.: «Russkiy yazik». – P. 74, 139, 185.
31. Bakhshi Iman. Djafar Tarihi. Vol. I. Code of Bulgar chronicles 1680 / Publications Prepared by F. Nurutdynov. – Orenburg: Journal editors Bulgaria, 1993. – 393 p.

УДК 72.03+725.4

Козлова И.В. – аспирант

E-mail: in_k@list.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

**Льно-прядильная мануфактура Алафузовых.
Современное состояние промышленного комплекса XIX в.**

Аннотация

В данной статье раскрыто современное состояние застройки льно-прядильной мануфактуры.

Целью работы является анализ исторической застройки промышленных зданий и сооружений льно-прядильной мануфактуры Алафузовых, составлено ее описание и выявлена степень сохранности.

Исследования проводились на основании натурных обследований и имеющихся архивных, библиографических и иконографических источников.

В результате исследований составлено описание каждого сохранившегося ценного объекта, с указанием первоначальной функции и месторасположения, а также описаны изменения, которым подвергался объект.

Ключевые слова: промышленная архитектура, Алафузов Иван Иванович, льно-прядильная мануфактура, промышленный комплекс.

Промышленная архитектура – это неотъемлемая часть инфраструктуры Казани, во многом формирующая образ и панорамный силуэт города. Подобным примером является льно-прядильная мануфактура Алафузовых, располагающаяся в Кировском районе по улице Гладилова на берегу старого русла реки Казанки и основанная в середине XIX века (рис. 1, 2).

Данное исследование было проведено в рамках дипломной работы «Реконструкция и реставрация льно-прядильной мануфактуры Алафузовых» под руководством старшего преподавателя кафедры РиПАН Персовой С.Г. Ранее комплекс льно-прядильной мануфактуры не изучался. Все исследования, как натурные, так и архивные проведены впервые. В результате исследований была проанализирована вся застройка и определена историко-архитектурная ценность каждого строения комплекса.

Сейчас территория бывшего Льнокомбината вместе со всеми зданиями и сооружениями, включая два объекта культурного наследия федерального значения – дом Котелова и регионального – производственный корпус, принадлежит предприятию ОАО АПК «Казанский лен», которое находится на грани банкротства. Крупное промышленное предприятие в прошлом на данный момент является предметом депрессивной экономики.



Рис. 1. Вид льно-прядильной мануфактуры с берега старого русла Казанки, 2010 г.



Рис. 2. Вид льно-прядильной мануфактуры с Горбатого моста, 2010 г.

На территории фабрики в ходе архивных исследований и визуального осмотра объекта было выявлено 15 объектов, построенных в XIX веке, несущих в себе историческую и архитектурно-художественную ценность, в том числе два объекта культурного наследия федерального и регионального значения – Дом Котелова и производственный (ткацкий) корпус (рис. 3).



Рис. 3. Режимы реконструкций

Казармы (объект № 1). Здание построено в 1870 году, располагается по красной линии, вдоль ул. Гладилова (рис. 4а). Корпус неправильной в плане Г-образной формы, в три этажа выполнен из кирпича. В дворовой части здание имеет поздний трехэтажный кирпичный пристрой (предположительно сделанный в период реконструкции в 1929-1936 гг.).

Первоначально здание функционировало как жилье для фабричных рабочих с помещением в нем училища для их малолетних детей [5]. В советский период до недавнего времени здесь располагалась швейная фабрика. Сейчас помещения здания сдаются в аренду.

Кардный корпус (объект № 2). Здание построено в 1889 году, располагается на территории мануфактуры вдоль берега старой излучины Казанки (рис. 4б). Корпус Г-образной в плане формы, в три этажа выполнен из кирпича. В 1898 году с юго-западного фасада к нему был сделан одноэтажный пристрой, который частично сохранился. В середине XX века надстроен четвертый этаж.

На протяжении всего времени здание являлось производственным корпусом. Первоначально в нем размещалось кардное производство. В советский период – ткацкое.

Прядильный корпус (объект № 3). Здание построено в 1895 году, располагается на территории мануфактуры вдоль берега старой излучины Казанки (рис. 4в). Корпус прямоугольной в плане формы, в три этажа выполнен из кирпича, является продолжением кардного корпуса. В советский период был надстроен четвертый этаж. На протяжении всего времени здание являлось производственным корпусом. Первоначально в нем размещалось прядильное производство. В советский период – ткацкое.



Рис. 4. Современная фотофиксация: а) казармы; б) кардный корпус; в) прядильный корпус

Котельная (объект № 4). Здание построено в конце XIX века, предположительно в 1895 году, располагается на территории мануфактуры (рис. 5а). Здание квадратной в плане формы, одноэтажное, выполнено из кирпича. Практически со всех сторон имеются различные пристройки, разной этажности и размеров. С северо-восточной части здание соединено одноэтажным переходом XIX века с кардовым корпусом. Форма кровли изменена – с восточной части имеет вальмовое завершение, торец утрачен. Первоначально в здании размещалась котельная. В советский период и до настоящего времени располагалась кузница.

Дымовая труба (объект № 5). Сооружение построено в 1895 году, располагается на территории мануфактуры (рис. 5а). Общая высота – 43 м. Труба восьмигранная в плане, выполнена из кирпича, расширяется книзу и располагается на базе высотой 6 м. Верх трубы имеет завершение в виде широкого профилированного кирпичного карниза с декоративными фальш-байоницами. На основании изученных архивных материалов выявлено, что труба соединена с котельной подземным каналом. Первоначально труба относилась к котельной [4].

Электрическая станция (объект № 6). Здание построено в 1898 году, располагается на территории мануфактуры вдоль берега старого русла Казанки (рис. 5 б). Здание кирпичное одноэтажное, прямоугольное в плане, выполнено в стиле неоготики. В советский период были утрачены центральный и боковые фронтоны, кровля, заполнения оконных проемов, надстроен второй этаж. Также в этот период с обоих торцов пристроены корпуса. В результате визуального обследования выявлено, что вход в здание сделан в советский период с главного фасада и располагается справа от центрального фронтона. В этом месте часть стены переложена, утрачен декор. Первоначально здание являлось электрической распределительной станцией всего завода, в советский период и до настоящего времени в нем располагалась котельная [3].

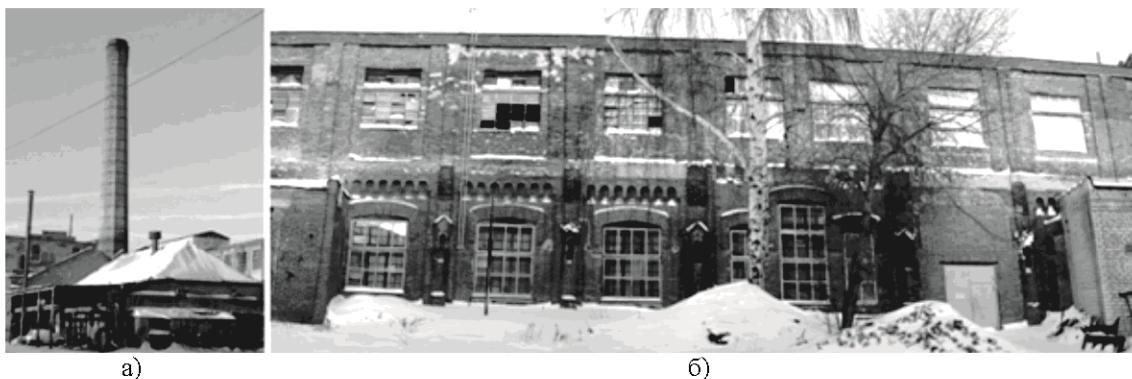


Рис. 5. Современная фотофиксация: а) Котельная и дымовая труба; б) Электрическая станция

Ткацкий корпус (объект № 7). Здание построено в 1865 году, располагается на территории мануфактуры вдоль берега старой излучины Казанки. Корпус является

объектом культурного наследия регионального значения. Здание трехэтажное прямоугольное, вытянутое в плане, выполнено из кирпича, стены оштукатурены (рис. 6а). Предположительно в 70-х годах XIX века к зданию в продолжение всего объема сделан трехэтажный пристрой в подобных архитектурных формах и стилистике. Также к зданию примыкают более поздние кирпичные пристройки. На протяжении всего времени здание являлось производственным корпусом. Первоначально в нем размещалось ткацкое производство. В советский период – красильно-пропиточный цех.

Палетный корпус (объект № 8). Здание построено в конце XIX века, располагается на территории мануфактуры перпендикулярно берегу старой излучины Казанки. Корпус трехэтажный прямоугольный, вытянутый в плане, выполнен из кирпича (рис. 6б). В советское время был разделен на два, после сноса средней части здания, и соединен одноэтажным переходом в уровне второго этажа, образовав проезд. Также предположительно в 70-е годы к южной части был перпендикулярно пристроен еще один корпус из силикатного белого кирпича, продолжающий направление старого ткацкого корпуса. На протяжении всего времени здание являлось производственным корпусом. Первоначально в нем размещалась палетная.

Дубильный корпус (объект № 9). Здание построено в 1970 году. Располагается на территории мануфактуры перпендикулярно берегу старой излучины Казанки и торцом примыкает к палетной. Корпус первоначально двухэтажный, в верхнем этаже располагалось сушило для кож. Позднее этаж с сушилом для кож было достроено до полного третьего этажа, добавлено перекрытие. Здание в плане приближенное к квадрату, выполнено из кирпича. С восточного фасада располагается поздний пристрой XX века (рис. 6в). На протяжении всего времени здание являлось производственным корпусом и относилось к кожевенному производству.

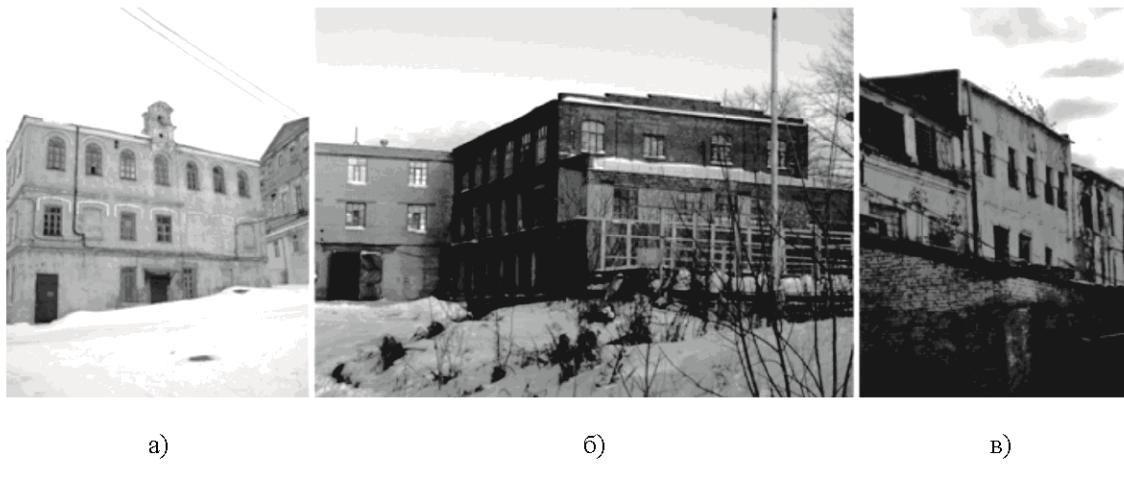


Рис. 6. Современная фотофиксация: а) Ткацкий корпус (ОКН); б) Палетный корпус; в) Дубильный корпус

Дубильный корпус (объект № 10). Здание построено в 1873 году, располагается на территории мануфактуры перпендикулярно берегу старой излучины Казанки и торцом примыкает к дубильной (рис. 7 а). Корпус двухэтажный, с третьим деревянным этажом, где располагалось сушило для кож. Здание прямоугольное вытянутое в плане, кирпичное с большими проемами и деревянными ставнями в третьем этаже по двум вытянутым фасадам. С восточного фасада располагается одноэтажный пристрой XIX века. С западного – одноэтажный пристрой XX века. На протяжении всего времени здание являлось производственным корпусом и относилось к кожевенному производству.

Дубильный корпус (объект № 11). Здание построено в конце XIX века, располагается внутри территории мануфактуры. Вытянутой частью размещается перпендикулярно берегу старой излучины Казанки. Южным торцом примыкает к дубильной № 10, северным выходит на улицу Гладилова (рис. 7 б). Корпус двухэтажный, с третьим деревянным этажом, где располагалось сушило для кож. Здание прямоугольное, вытянутое в плане, кирпичное, с

большими проемами, с деревянными ставнями в третьем этаже по двум вытянутым фасадам. С восточного фасада располагается одноэтажный пристрой XIX века. С западного – одноэтажный пристрой XX века. Также с западного фасада примыкает к слесарному корпусу, располагающемуся по улице Гладилова. На протяжении всего времени здание являлось производственным корпусом и относилось к кожевенному производству.

Слесарный корпус (объект № 12). Здание построено в конце XIX века, располагается по красной линии по улице Гладилова (рис. 7 б). Западным торцом примыкает к дубильной № 11, восточным – к прядильному цеху. Корпус трехэтажный, в плане имеет форму вытянутого прямоугольника, выполнен из кирпича. С дворового фасада имеет трехэтажные кирпичные пристройки по двум третьим всей длины здания. На протяжении всего времени здание являлось производственным корпусом.



Рис. 7. Современная фотофиксация: а) Дубильный корпус; б) Дубильный и слесарный корпуса

Дом Котелова (объект № 13). Здание построено в 1833 году, располагается во дворе мануфактуры по улице Гладилова [6]. Является объектом культурного наследия федерального значения. Архитектор П.Г. Пятницкий. Здание трехэтажное. Первый этаж – каменный, два верхних этажа – деревянные. Также есть подвальный этаж. В плане здание почти квадратное. Главный вход в здание – со стороны юго-восточного фасада. С северо-восточного фасада имеется портик с шестью каменными колоннами коринфского ордера на рустованном ризалите в первом этаже. С юго-западного фасада портик утрачен в советский период. В середине XIX века здание претерпело реконструкцию. Был надстроен третий этаж, и с северо-восточного фасада сделано два двухэтажных пристроя (рис. 8а). Нижний этаж здания отводился под контору, остальные этажи – для жилых комнат владельца завода. Позднее, после того как завод перешел во владение Алафузовых, здесь стала размещаться главная контора Алафузовских фабрик [8, 9]. В советское время в бывшем доме Котелова располагалось управление Льнокомбината. Сейчас – главный офис предприятия ОАО АПК «Казанский лен», также часть помещений здания сдается в аренду.

Кузница (объект № 14). Здание построено предположительно в начале XIX века. Располагается в дворовой части льно-прядильной мануфактуры. Здание одноэтажное, кирпичное прямоугольное в плане. В середине XX века был надстроен второй этаж и соединен переходом с палетной. В конце XIX века с северного и западного фасада к зданию пристроен двухэтажный строгальный корпус (рис. 8б). Первоначальная функция неизвестна. В ходе натурных исследований возникло предположение, что позднее здание использовалось как кузница.

Строгальный корпус (объект № 15). Здание построено предположительно в конце XIX века, двухэтажное, кирпичное. В плане имеет Г-образную форму. Южным и западным фасадами примыкает к зданию кузницы. В середине XX века над частью здания надстроен третий этаж. Первоначальная функция – строгальный корпус.



Рис. 8. Современная фотофиксация: а) Дом Котелова (ОЖН); б) Кузница; в) Строгальный корпус

Остальная застройка завода низкого качества архитектурного и строительного исполнения, носит временный характер и находится в неудовлетворительном состоянии.

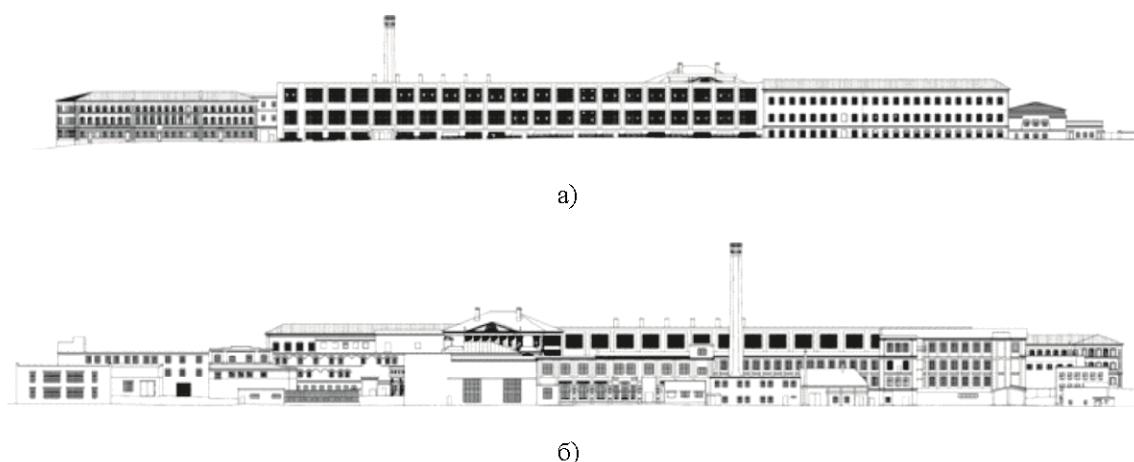


Рис. 9. Современные развертки: а) по улице Гладилова; б) по территории завода

Сейчас территория льно-прядильной мануфактуры находится в деградирующем состоянии. В ходе натурных исследований было замечено нарушение температурно-влажностного режима, большинство зданий не эксплуатируется и не отапливается. Экологическое состояние территории также в критической ситуации (рис. 9). По результатам исследований Казанского университета и Института озероведения РАН излучина реки Казанки представляет крупномасштабный очаг эпидемиологической и генетической опасности в центре г. Казани. Данная проблема требует принятия срочных мер.

Промышленная зона потеряла свою актуальность на данной территории, как в структуре всего города и района в целом, так и относительно самой мануфактуры. Здания и сооружения завода уже более не могут служить своей старой функции, соответствуя современным требованиям и стандартам, предъявляемым к производству, и требуют ремонта и реконструкций. Само расположение данного промышленного предприятия на берегу старой излучины реки Казанки нарушает санитарные нормы. Также мануфактура как промышленный объект не вписывается в общую концепцию развития города, в соответствии с генеральным планом г. Казани. В связи с основными градостроительными планами развития и расширения города, данная территория оказывается более приближенной к центральной его части.

Учитывая сложившуюся общую ситуацию, исторический промышленный объект находится на грани исчезновения. Для сохранения архитектурно, культурно и исторически значимых объектов требуется ревалоризация данной территории, привнесение новой функции.

Список литературы

1. Анисимов Н.Г. Казанский Льнокомбинат 100 лет. – Казань: Татарское книжное издательство, 1960. – 584 с.
2. Гельман И.М. Из истории Казанского Льнокомбината имени В.И. Ленина (В связи с 40-й годовщиной Великой Октябрьской социалистической революции). – Казань, 1957. – 41 с.
3. НА РТ, ф. 2 оп. 15 д. 610, «Проект на постройку каменного здания для электрической станции при Алафузовском заводе в Ягодной слободе», 1898.
4. НА РТ, ф. 2 оп. 15 д. 635, «Проект Дымовой трубы для новой котельной при льно-прядильной фабрике Алафузова», 1895.
5. НА РТ, ф. 2 оп. 15 д. 637, «Проект на постройку каменного трехэтажного корпуса для фабричных рабочих и помещений в нем училища для их малолетних детей при льно-прядильной механической ткацкой мануфактуре С.Е. Александрова и И.И. Алафузова», 1870.
6. Отдел рукописей Казанской научной библиотеки им. Лобачевского. Инв. Книга 17 № 8958, 8960, «План месту, сост. в 5 части в Ягодной слободе... купца Котелова», 1833, (чертежи).
7. Отдел рукописей Казанской научной библиотеки им. Лобачевского. Инв. Книга 17 № 89588960, «Пятницкий П.Г. Фасад... для построения деревянного этажа с мезонином на имеющемся каменном этаже в Ягодной слободе... I гильдии купцу П.И. Котелову», 1833, (чертежи).
8. Архив ОАО АПК «Казанский лен», «Копия чертежа фасада главной конторы Алафузовского завода», XIX в.
9. Архив ОАО АПК «Казанский лен», «Общий план всех строений Торговопромышленного общества Алафузовских фабрик и заводов в г. Казани», начало XX века.
10. URL: www.rukazan.ru/wiki/Алафузов_Иван_Иванович (дата обращения 10.03.2011).

Kozlova I.V. – post-graduate student

E-mail: in_k@list.ru

Kazan State University of Architecture and Engineering

The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Alafuzov's linen-spinning factory. Contemporary state of industrial complex of XIX century

Resume

Alafuzov's linen-spinning factory is located in the north-western part of the city of Kazan in the Kirov region in the territory of Jagodnaja sloboda, Gladilova street (former Arkhangelskaya) on the banks of the old river bed Kazanka and was founded in the middle of the XIX century.

Factory complex consists of various buildings of different periods of construction. During archival research and visual inspection of the object 15 buildings were found that were built in the XIX century, which bear the historical, architectural and artistic value, two of them are the objects of cultural heritage.

Now the territory linen-spinning factory is in degraded condition. During the field study violation of temperature and humidity conditions were found, most of the buildings are not in use and are not heated. Ecological situation is also in an emergency state. This problem requires urgent actions.

The industrial zone has lost its value in the area, both in the structure of the city and region as a whole. Buildings and structures of the factory can no longer fulfill its old functions, and cannot correspond to the modern requirements and standards of production. They must be

repaired and reconstructed. In connection with the major urban plans of city development and expansion, this area is going to be closer to the central part.

Taking to consideration the overall situation the historic industrial object is on the verge of extinction. To preserve the architectural, cultural and historical significant objects the valorization of the area and the introduction of a new function are required.

Keywords: industrial architecture, Alafuzov I.I., linen spinning manufacture, industrial complex.

References

1. Anisimov N.G. Linen-spinning factory of Kazan, 100 years. – Kazan: Tatar publishing house, 1960. – 584 p.
2. Gelman I.M. From the history of linen-spinning factory named by V.I. Lenin. (In connection with 40 year anniversary of Great October Socialist Revolution). – Kazan, 1957. – 41 p.
3. National Archive of Tatarstan Republic, f. 2 i. 15 c. 610, «The project of a stone building construction for a power station at Alafuzov's factory in Jagodnaya sloboda», 1898.
4. National Archive of Tatarstan Republic, f. 2 i. 15 c. 635, «The project of a chimney for the new boiler in Alafuzov's linen-spinning mill», 1895.
5. National Archive of Tatarstan Republic, f. 2 i. 15 c. 637, «The project of a three-floor stone housing building for factory workers and a school for young children within linen-spinning mechanical weaving factory of S.E. Alexander and I. Alafuzov», 1870.
6. Manuscript Division of the Kazan Scientific Library of Lobachevsky. Inv. Book 17 № 8958, 8960, «A plan location, status. in 5 of the berry Kotelova merchant settlement ... » 1833, (drawings).
7. Manuscript Division of the Kazan Scientific Library of Lobachevsky. Inv. Book 17 № 89588960, «P.G. Pyatnitsky Facade ... building a wooden floor with a mezzanine on the existing stone floor in a suburb of berry ... merchant of first guild P.I. Kotelov», 1833, (drawings).
8. Archive of JSC AIK «Kazan Linen», «The copy of the facade drawing of Alafuzov's factory main office», XIX.
9. Archive of JSC AIK «Kazan Linen», «The overall plan of all buildings of Commerce Society of Alafuzov factories in Kazan», beginning XX.
10. URL: www.rukazan.ru/wiki/Алафузов_Иван_Иванович (reference date: 10.03.2011).

УДК 711.25; 726.7

Шулик В.В. – доктор архитектуры, профессор

Савченко А.А. – аспирант

E-mail: al_sav@ukr.net

Логвиненко О.С. – аспирант

E-mail: logvinenko1001@mail.ru

Полтавский национальный технический университет им. Юрия Кондратюка

Адрес организации: 36000, Украина, г. Полтава, Первомайский пр., д. 24

Особенности развития религиозного и оздоровительного туризма в контексте формирования рекреационно-туристической системы Полтавской области

Аннотация

Цель статьи – определение основных составляющих рекреационной деятельности, обоснование целесообразности использования историко-культурного потенциала для развития религиозного туризма в Полтавской области. В статье даётся определение туристической деятельности, классификация основных видов туризма. Анализируя туристическо-рекреационную сеть (инфраструктуру) в контексте развития религиозного туризма, как важнейшие составляющие выделяются культовые и религиозные центры. Статья описывает рекреационно-туристическую сеть Полтавщины по видам туризма, её основные туристические центры и памятники архитектуры культового назначения, в частности монастырские православные комплексы. Даётся классификация монастырских православных комплексов по конфессиональной принадлежности.

Ключевые слова: рекреация, религиозный туризм, рекреационно-туристическая сеть, православные монастырские комплексы.

Известно, что среди жизненно необходимых потребностей человека и общества выделяются те, реализация которых связана с восстановлением и развитием жизненных сил и определенными условиями их удовлетворения – со свободным временем и особыми свойствами пространства. Т.е. речь идет о выделении отдельной группы – рекреационных потребностей. В центре внимания рекреационной сферы находится человек с его рекреационными потребностями – бытовыми, культурными и т.п.

Научно-технический прогресс активно оказывает содействие развитию рекреации и туризма. Во многих странах мира он разрешает много социальных и экономических проблем. Развитие рекреационно-туристической области оказывает содействие увеличению доходов в бюджет, созданию новых рабочих мест, развитии рекреационной инфраструктуры, охране и реконструкции существующих историко-культурных памятников, охране природы. Государственной программой развития туризма в Украине с 2002 года предусмотрена реализация комплекса задач из приоритетных направлений, которые будут оказывать содействие решению важных социально-экономических и научно-технических проблем, активизации производственной деятельности туристических предприятий разных форм собственности.

Рекреационная деятельность, ориентированная, в первую очередь, на рекреационные нужды населения (а потом на систему ресурсных ограничений), выступает как элемент социального балансирования народнохозяйственного комплекса. В то же время, рекреационные нужды рассматриваются как динамическая, управляемая и одна из наиболее важных категорий, поскольку они являются частью и условием реализации программы гармоничного развития личности, ее социально-биологического воспроизведения.

Формирование архитектурной среды, с учетом разнообразных нужд разных социальных групп населения, стало основным фактором в архитектурном и градостроительном проектировании. Организация процессов, связанных с рекреационной деятельностью человека, и формирование соответствующей среды на сегодняшний день выступают не только как задача градостроительная, но и как социальная и экономическая, что должна решаться как на общегосударственном, так и на региональном уровнях.

Потребности в отдыхе и туризме определяются необходимостью снятия физической, психической усталости и напряжения, желанием духовного, интеллектуального, физического развития. Рекреационные нужды, под действием этих факторов, определяют спрос на рекреационные услуги как часть нужд потребителей, обеспеченных денежной массой. Итак, на спрос, с одной стороны, большое влияние имеет материальная обеспеченность населения района, с другого – предложение, возможность выбора согласно вкусам, привычкам, интересам, ожиданиям рекреантов, которые формируются под влиянием таких факторов, как возраст, пол, социальная принадлежность, традиции, религиозные и национальные особенности, вкус, состояние здоровья [1]. Сейчас существует значительная дифференциация разных прослоек населения по уровню доходов, но удельная часть малообеспеченного населения остается на сегодня наибольшая.

Разделение свободного времени в зависимости от характера его использования на: ежедневное (с учетом суточного бюджета времени и режима рабочего дня), еженедельное (выходные дни) и ежегодное (отпуск) – является важным в методическом отношении, так как служит основой при рассмотрении структуры отдыха и использования свободного времени для рекреационных целей.

Дифференцированное таким образом свободное время разрешает рассматривать рекреационную деятельность за территориальными признаками и связывать с особенностями естественной среды, которая является необходимой для обеспечения рекреационной деятельности. Использование ежедневного свободного времени и ежедневная рекреация непосредственно связаны с жильем и городской средой, их социальной и пространственной организацией; еженедельного – больше зависит от размещения рекреационных объектов и «пороге» города и за его пределами, на межселенных территориях; использование ежегодного свободного времени зависит от размещения рекреационных объектов санаторно-курортного типа и разнообразных сооружений для долгосрочного отдыха и туризма.

Рекреация за пределами города является более разнообразной по своим формам, организации, продолжительности и оздоровительной эффективности. Быстрое развитие автомобилизации привело к расширению возможностей еженедельного отдыха [2]. По мнению большинства ученых, рекреация связана с отдыхом, хотя определение отдыха разноплановое и включает любое занятие в свободное время вне трудовой деятельности человека.

Процедура решения таких сложных задач нуждается в исследованиях на научной основе, которые могут включаться как предпроектная стадия в процесс градостроительного проектирования на соответствующем уровне. Рекреация тесно связана с такими понятиями, как отдых и туризм. Связано это с общим использованием ресурсных баз и разных средств, т.е. одна и та же территория используется для удовлетворения рекреационных и туристских нужд, разные виды туризма являются рекреацией [3]. Поэтому можно дать определение, что туризм – это разновидность рекреации, один из видов отдыха, который, в свою очередь, тоже делится на разные формы, виды и типы (рис. 1).

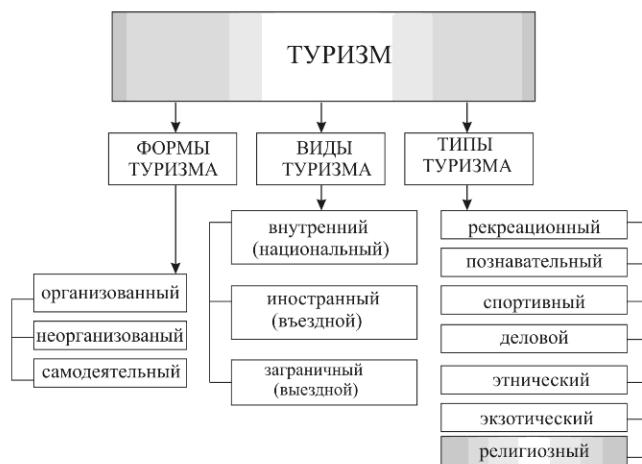


Рис. 1. Классификация туризма (по Лукьяновой Л.Г.) [4]

Полтавская область имеет высокую обеспеченность ресурсами для организации различных видов туризма, значительный историко-культурный потенциал. Довольно развитая транспортная сеть позволяет организовывать перемещения рекреантов по всей территории, связывая основные туристические центры (рис. 2).

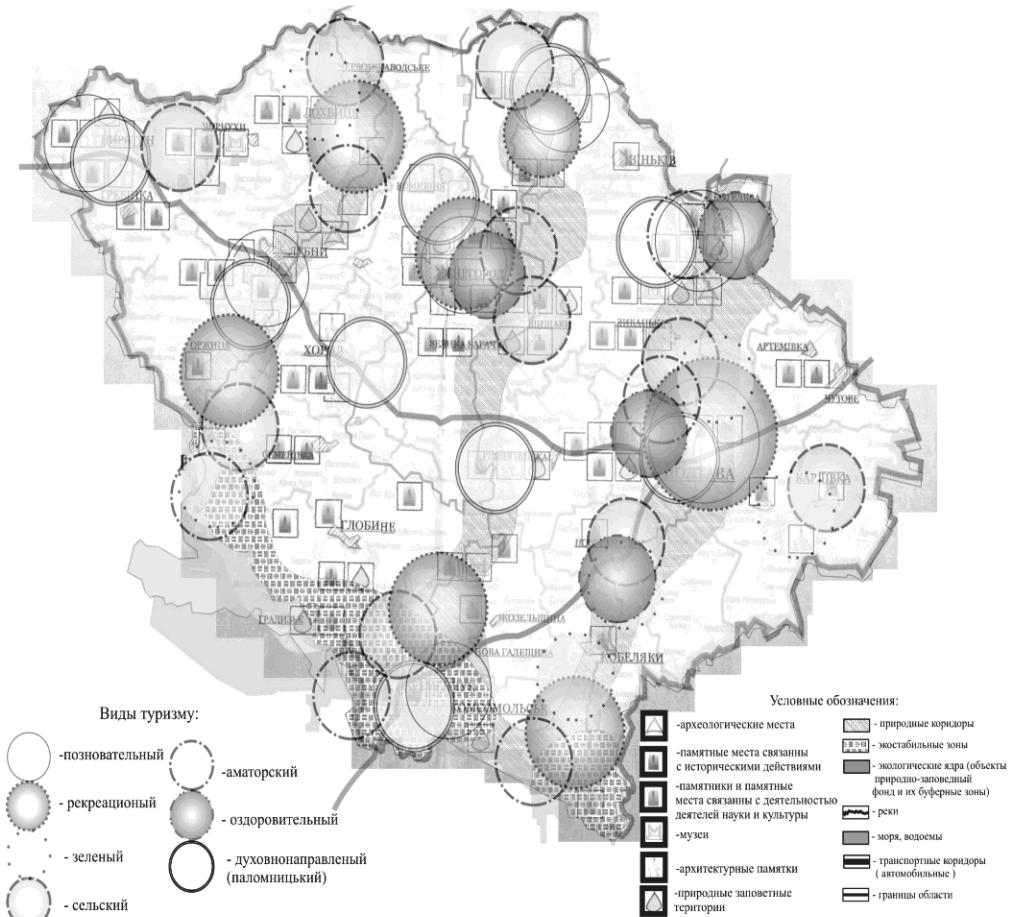


Рис. 2. Система рекреационно-туристического потенциала по Полтавской области

Среди приведенной выше классификации следует выделить религиозный туризм, как один из актуальных на современном этапе становления туристической инфраструктуры нашей страны, и в частности Полтавщины. Этот вид туризма можно признать одним из наиболее давних, что ведет свое начало со времен внедрения христианства на Украине. Он основывается на религиозных потребностях людей разных конфессий. Как и другие виды туризма, он имеет свои разновидности: паломнический туризм (отдельно следует выделить духовно-паломническое направление) и религиозный туризм экскурсионно-познавательной направленности.

Паломнический туризм как особый вид существует и развивается в наше время интенсивно и с большим успехом. Под религиозным туризмом экскурсионной направленности следует понимать виды деятельности, связанные с предоставлением услуг и удовлетворением нужд туристов, которые направляются к святым местам и религиозным центрам, находящимся за пределами обычной для них среды.

Духовно-паломнический туризм имеет узкую социально-психологическую базу и географическую направленность. Духовно-паломнический туризм тесно связан с лечебно-оздоровительным туризмом. Например, большинство духовных центров в Индии являются центрами аюрведичного лечения. В Индии аюрведа является комплексной наукой лечения, омоложения организма и предупреждения заболеваний, которые возникают вследствие нарушения гармонии между энергией человека и Вселенной. Разнообразные практики и установки, которые являются универсальными для людей

разных вероисповеданий, национальностей, возраста, выходят за рамки религии и не имеют непосредственно религиозной основы. Цель таких практик – помочь человеку в решении его психологических проблем, а также в его духовном самосовершенствовании, познании своей внутренней духовной природы. В первую очередь, духовно-паломнический туризм связан и практикуется в духовных центрах стран Востока, а именно в Индии, Тибете, Китае, Непале, Японии. Следует отметить близость духовно-паломнического туризма и других видов туризма. Например, ежегодно много туристов посещают Китай для занятий системой цигун. Цигун помогает человеку набрать запас жизненных сил и энергии. Такое путешествие включает в себя элементы религиозного, спортивного и лечебно-оздоровительного туризма.

Религиозный туризм экскурсионно-познавательной направленности предусматривает посещение религиозных центров, в которых туристы имеют возможность увидеть религиозные объекты – действующие культовые памятники, музеи, посетить богослужение, принять участие в религиозных процессиях, медитациях и других религиозных мероприятиях [5].

Анализируя туристическо-рекреационную сеть (инфраструктуру) в контексте развития религиозного туризма, как важнейшие составляющие целесообразно выделить культовые центры и религиозные центры. Культовый центр – это место, которое имеет большое значение для представителей определенной конфессии, в котором проводятся культовые и другие мероприятия, которые собирают большое количество паломников. В таких местах по обыкновению есть храм с чудодейственной иконой или там раньше жил известный святой, духовный наставник, или происходили исторические религиозные события. Религиозный центр – более широкое понятие, чем культовый центр. Религиозный центр, кроме объекта культа, включает учреждения образования и административные органы религиозных организаций.

В Украине много святых мест, которые ежегодно привлекают миллионы паломников как из нашей страны, так и со всего мира. В частности, монастырские комплексы, которые принадлежат украинским православным церквям Московского и Киевского патриархатов, армянской апостольской церкви, греко-католической (униатской) и римско-католической церквям, а также мусульманам и буддистам, имея большой историко-культурный и духовный потенциал, играют ведущую роль в проведении религиозного туризма [6].

Ведущая роль принадлежит православным монастырям, главными среди которых являются Киево-Печерская и Свято-Успенская Почаевская лавры, а также Свято-Успенская Святоогорская лавра. Полтавская область, имея значительный историко-культурный потенциал, который в частности представлен большим количеством памятников архитектуры культового назначения, удобное расположение и благоприятные климатические условия, является очень привлекательным регионом для организации и развития туризма, в частности религиозного (рис. 3).

Сегодня на Полтавщине функционируют 4 православных монастырских комплекса, здания трех из которых являются памятниками архитектуры XVII-XIX вв. Каждый из них имеет свои собственные традиции, святыни, на их территории жили и похоронены известные религиозные деятели, духовные наставники, происходили исторические религиозные события [7]. В разные времена их посещали известные деятели культуры и искусства, в частности, Т.Г. Шевченко неоднократно бывал в Мгарском Спасо-Преображенском монастыре, о котором он упоминает в повести «Близнецы». Чудотворные иконы Полтавского и Козельщинского монастырей издавна привлекали большое количество паломников. Такой весомый потенциал придает им значение культовых центров, возлагает на них функцию главных составляющих сети религиозного туризма [8].

Главным центром формирования и концентрации туристических потоков является г. Полтава, где сосредоточены основные историко-культурные памятники, туристические организации области и сконцентрированы объекты для приема и размещения туристов. К основным центрам концентрации туристов на Полтавщине целесообразно также отнести такие населенные пункты, как Кременчуг, Миргород, Лубны, Диканька, Решетиловка, Гадяч, Опошня и Шишаки [9].

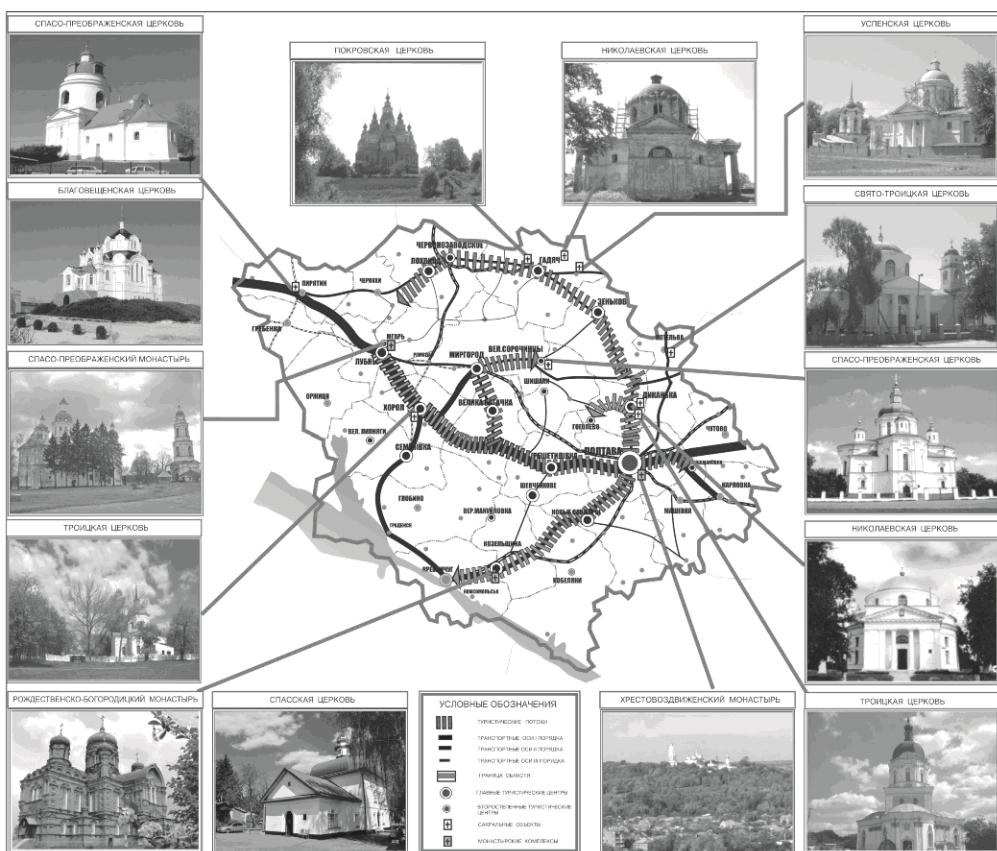


Рис. 3. Схема туристической инфраструктуры Полтавской области
с выделением виднейших памятников сакральной архитектуры

В результате проведения анализа можно сделать следующие выводы.

На сегодняшний день понятие «рекреация» охватывает широкий круг проблем, связанных с санаторно-курортным лечением, прохождением реабилитации и всеми видами активного оздоровительного отдыха: занятие физической культурой, туризмом, экскурсиями и т.д. Если для организации кратковременного отдыха должны быть отведены места в населенных пунктах в любой климатической зоне, то для организации продолжительного отдыха определяющим в выборе территории становится наличие климатических условий.

Указанные выше данные позволяют указать на существующую популярность и потребность в перспективном развитии в Украине такого вида туризма, как религиозный. Проанализировав историко-культурный и природный потенциал Полтавской области, можно указать на её привлекательность для развития такого вида туризма.

Основными задачами формирования сети религиозного туризма в нашей стране и Полтавской области следует считать такие:

1. Организация экскурсионных маршрутов, которые в полной мере освещали бы привлекательность и потенциал историко-культурных памятников, в частности культовых (храмовых и монастырских комплексов) и оказывали бы содействие повышению уровня духовности и образованности туристов.
2. Дальнейшее восстановление, реставрация и восстановление памятников архитектуры, истории и культуры культового назначения.
3. Развитие туристической инфраструктуры – объектов гостиничной сети, учреждений общественного питания и транспортной сети вдоль туристических маршрутов религиозного направления.
4. Введение и формирование зон психологической реабилитации в структуру культовых объектов (храмовых и монастырских комплексов) с целью использования их не только в экскурсионных, паломнических и образовательных целях, но и в лечебно-оздоровительных.

Список литературы

1. Мальская М.П., Худо В.В. Туристический бизнес: теория и практика Учебн. пособие. – К.: Центр учебной литературы, 2007. – 424 с.
2. Кусков А.С., Голубева В.Л., Одинцова Т.Н. Рекреационная география. – Изд. Флинта, 2005. – 493 с.
3. Николаенко Т.В. Процесс рекреационного освоения региона (на примере Крыма). – Симферополь, 1998.
4. Лукьяннова Л.Г. Рекреационные комплексы: Учебное пособие. – К.: Высшая школа, 2004. – 346 с.
5. Бабкин А.В. Специальные виды туризма: Учебное пособие. – М. Советский спорт, 1998.
6. URL: <http://pravoslavye.org.ua>. Официальный сайт Украинской православной церкви.
7. Полтавщина: энцикл. справочник. (За ред. А.В. Кудрицкого). – К.: УЕ, 1992. – 1024 с.
8. Гладыш К.В. Архитектура и памятники Полтавщины. Путеводитель. – Харьков, «Пропор», 1982. – 105 с.
9. Отчёт о научно-исследовательской работе «Развитие туристическо-рекреационной системы Полтавской области. № договора 0122/12. ПолНТУ имени Юрия Кондратюка. – Полтава, 2012.

Shulik V.V. – doctor of architecture, professor

Savchenko A.A. – post-graduate student

Logvinenko O.S. – post-graduate student

Poltava National Technical University named after Uriy Kondratuk, Poltava

The organization address: 36000, Ukraine, Poltava, Pershotravnevyi prospect, 24

Features of religious tourism and health in the context of the formation of recreation and tourist system of Poltava region

Resume

The purpose of the article – identification of the main components of recreational activities, rationale for the use of historical and cultural potential for the development of religious tourism in the Poltava region. The paper provides a definition of tourism, classification of the main types of tourism. Analyzing the tourist and recreational area network (infrastructure) in the context of the development of religious tourism as the most important components are distinguished religious and religious centers. The article describes the recreational-tourist network of Poltava of different kinds of tourism, its main tourist centers and monuments of religious purpose, in particular the Orthodox monastic complexes. A classification of the Orthodox monastic complexes confessional affiliation is given in the article.

Keywords: recreation, religious tourism, recreation and tourism network, the Orthodox monastic complexes.

References

1. Malskaya M.P., Hudo V.V. Travel industry: Theory and Practice. Studies / The grant for high schools. – K.: Center for scientific literature, 2007. – P. 424.
2. Kuskov A.S., Golubeva V.L., Odincova T.N. Recreational geography. – Publishers Flint, 2005. – P. 493.
3. Nikolaenko T.V. The process of recreational development in the region (for example, the Crimea). – Simferopol, 1998.
4. Babkin A.V. Special forms of tourism: Studies/ The grant for high schools. – M. Sovetskiy sport, 1998.
5. Luk'yanova L.G. Recreational complexes: Studies/ The grant for high schools. – K. High school, 2004. – P. 346.
6. URL: <http://pravoslavye.org.ua>. Official website of Ukrainian orthodox church.
7. Poltava: encyclopedic reference book. (For Ed. Kudritskogo AV). – K.: PU, 1992. – P. 1024.
8. Gladysch K.В. Architecture and monuments of Poltava. Guide. – Kharkov «Prapor», 1982. – P. 105.
9. Report on the research work «Development of tourism and recreation system of Poltava region». Contract number 0122/12. PNTU named after Yuri Kondratuk. – Poltava, 2012.



УДК 72.03

Зайцев А.А. – аспирант

E-mail: mehanikk1@mail.ru

Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет

Адрес организации: 603950, Россия, г. Нижний Новгород, ул. Ильинская, д. 65

Принципы контекстуализма в архитектуре

Аннотация

Данная статья раскрывает основные принципы, которые архитекторы должны учитывать при проектировании новых зданий в исторической среде городов. Тема является актуальной, так как грамотное, тактичное проектирование в исторически сложившейся среде необходимо для сохранения ее специфических особенностей, формировавшихся веками. При этом объект, проектируемый в конкретной среде, должен взаимодействовать с ней, быть органично вписанным в нее, формировать вместе с ней единый ансамбль. Задачами данной статьи являются выявление характерных приемов и правил проектирования, выявление как общих, так и специфических принципов адаптации к исторической среде.

Ключевые слова: историческая среда, взаимодействие, контекст, ансамбль, приемы адаптации, принципы контекстуализма.

Необходимость обоснованного, систематизированного и грамотного контекстуального (средового) подхода – основного метода архитектурного проектирования в исторически сложившейся среде – является в наши дни одной из самых актуальных задач. Реконструкция исторической ткани, ее ревитализация, реновация и ревалоризация осуществляются с целью ее сохранения. Сохранение целостности исторической среды возможно достичь либо консервацией исторически ценного фрагмента застройки, либо при ревитализации этой застройки, приспособлении ее под новые социокультурные функции социума, что, как показывает практика, является наиболее эффективным способом. При этом исторические центры городов по-прежнему являются сосредоточением деловой активности населения, т.к. являются геометрическими центрами, в которые легче всего добраться большей части населения города и его окраин, с ростом этого населения нагрузка на исторические центры возрастает [3].

Задачей архитекторов при проектирования зданий в исторической среде (в соответствии с законом об охране объектов культурного наследия) является сохранение морфотипной целостности среды, с одной стороны, и, с другой – внедрение в нее более оптимальных архитектурно-планировочных и объемно-пространственных решений [2]. К новым зданиям предъявляются определенные требования по этажности застройки в данной исторической среде, которые зафиксированы в Градрегламенте и в ФЗ (от 25 июня 2002 г.). Это требования по сохранению красных линий застройки, этажности застройки, сохранению в отдельных случаях стилистической и колористической картины исторической среды при внедрении нового здания в эту среду и т.д.

Контекстуализм как стилистическое течение пришел в новейшую архитектуру в конце XX века и стал востребованным при проектировании в исторической среде. В данной статье показаны основные приемы и принципы контекстуализма, которыми осознанно могут пользоваться архитекторы, проектируя в исторических городах. Определенные приемы адаптации нового здания к историческому контексту позволяют органично вписывать его в сложившуюся застройку, при этом решая функционально-планировочные и социокультурные задачи [4]. Приемы адаптации можно разделить на композиционные, морфологические, колористические, стилистические, декоративные, образно-символические, ассоциативные, типологические, а также и лендморфные (приемы адаптации к природной среде, ландшафту, когда здание повторяет форму и рельеф). Также при анализе произведений в истории архитектуры был выявлен и тектонический прием адаптации, который объединял здания, формирующие ансамбль в единую взаимосвязанную систему на основе подобной конструктивной системы. В современный период развития технологий строительства этот прием адаптации стал менее актуальным,

так как нет необходимости обосновывать взаимодействие нового здания с окружением, которое выполнено в соответствии с новаторскими технологиями строительства, с соседними историческими зданиями на единой конструктивной системе. Перед началом проектирования в исторической среде необходим комплексный анализ для выявления ее основных характеристик, который осуществляется на градостроительном, композиционном и стилистическом уровнях, а также анализируются характерные приемы, применяемые в данной среде. Приемы адаптации в разных градостроительных ситуациях формируют определенную общность свойств и характеристик, что позволяет определить их как принципы контекстуализма в городской или природной среде.

1. Композиционные приемы адаптации условно можно разделить на приемы, используемые при формировании фронтальной, объемно-пространственной и глубинной композиций:

- при создании фронтальной композиции фасадов новых зданий большое значение уделяется расположению оконных проемов на фасадной плоскости, пропорциям этих проемов и плотности заполнения, а также горизонтальным и вертикальным членениям, метрическим и ритмическим зависимостям. Характерным примерами могут служить жилые здания № 17 и 19 на ул. Рю де Сизес, р-н Плезано, Париж (арх. Ж. Герцог и П. де Мерон, 2001 г.);

- при формировании объемно-пространственной композиции нового объекта уделяется внимание приемам масштабирования, пропорционирования и модульности габаритных объемов ближайшего окружения, соразмерности по высоте и длине с соседними зданиями, сомасштабность отдельных форм этого здания с элементами соседних зданий. Характерным примером может служить здание Банка Москвы (арх. А.А. Скокан, 1991-1993 гг.);

- при учете построения глубинной композиции выявляются приемы геометрических трансформаций, такие как сдвигка (выявление посредством заглубления основной фасадной плоскости, использование выступающих ризалитов или прием консольно нависающей фасадной плоскости). Также характерен прием ступенчатой композиции, которая развивается по вертикали и в глубину застройки, что визуально нивелирует высотность проектируемого здания. Характерным примером может служить жилой дом с банком «Глобэкс» на Верхне-Волжской набережной в Н.Новгороде (арх. В.Ф. Быков, А.Л. Гельфонд и др., 2002 г.).

Данные приемы адаптации относятся к общему *композиционному принципу контекстуализма*, который основан на анализе исторической среды на композиционном уровне.

2. Колористические приемы адаптации возможно разделить на пять наиболее распространенных приемов:

- использование современных материалов, но сближающихся с окружением по колориту и текстурированию поверхности стен;
- использование контрастных по колориту материалов, которые тем самым выявляют и выгодно подчеркивают историческое окружение;
- использование характерных в данной среде облицовочных материалов стен;
- использование традиционных для данного региона строительных материалов (например, красного кирпича в среде с преобладанием исторических зданий из этого материала или использование дерева в исторической деревянной застройке);
- использование нейтрального современного строительного материала – стекла или зеркального стекла, отражающего окружение.

Таким образом, формируется общий *колористический принцип контекстуализма*, который включает в себя взаимодействие нового объекта с окружением как на уровне цвета, комбинации нескольких цветов, так и на уровне фактуры, текстуры применяемых строительных и облицовочных материалов. Характерным примером может служить музей культур в Базеле, Швейцария (арх. Герцог и де Мерон, 2011 г.) и здание художественной галереи в г. Лилль, Франция (арх. Ибос и Витар, 1998 г.).

3. Прием стилистической адаптации делится на:

- использование декоративных деталей вернacularного характера, нередко этот декор стилизован и интерпретирован на современный манер [2]. Характерным примером

может служить здание отеля Иннител-отел в г. Заандам – Амстердам в Голландии (арх. бюро Моленаар и Ван Вилден, 2011 г.)

- использование исторического классического декора в виде цитат из истории. Это необходимо, когда историческая ткань хотя и состоит из разновременной и разностилевой застройки, но имеет в своей основе, например, классицистические приемы построения и классические элементы декора. Примером может служить здание гостиницы на пл. Островского, 2а в Санкт-Петербурге (арх. мастерской «Е. Герасимов и партнеры», 2007 г.);

- использование исторического декора в качестве свободной стилизации. Этот прием применяется, когда необходимо создать средовое здание-связку в исторической застройке в определенном стиле, которое бы воспроизвело ранее утраченную застройку или собирало в единый ансамбль объемно-пространственную композицию в достопримечательном месте. Характерным примером может служить здание гостиницы по ул. Пожарского, 18 в Н.Новгороде (арх. Худин А.А., 1998 г.);

- использование определенной декоративной модульной сетки, состоящей из проемов, соразмерных или спропорционированных с окнами соседних зданий. Характерным примером может служить зал многофункционального назначения в г. Мурсия в Испании (арх. Р. Монео, 1998 г.).

Этот прием является общим и используется часто, так как стилистическая адаптация объекта к исторической среде является необходимой при вписывании нового объекта в сложившийся стилистически однородный ансамбль. Данные приемы проектирования возможно объединить в *стилистический принцип контекстуализма*.

4. Приемы морфологической адаптации делятся на:

- обращение к силуэтной адаптации (например, наличие в среде характерного силуэта кровли с щипцовыми завершениями, фронтонами, куполами, шатрами и т.д.). Ярким примером может служить жилой комплекс «Таврический» по проспекту Чернышевского, № 4 в Санкт Петербурге (арх. М. Мамошин, 2011 г.);

- приемы формообразования и морфологических трансформаций, которые имеют определенные точки соприкосновения с композиционными приемами в соседнем окружении при выявлении объемной композиции. Благодаря этому создается сложносочлененная объемно-пространственная структура, которая сочетается на уровне формы с пластически богатой структурой исторической ткани. Характерным примером может служить здание гостиницы «Октябрьская» (арх. А. Харитонов, В. Коваленко, А. Гельфонд, 1987 г.);

- использование выявленного определенного архетипа, характерного для данного региона. Так, например, в архитектуре Нидерландов широко распространен архетип двухэтажного дома с щипцовым фронтом, двумя окнами и дверью в рядовой застройке вдоль исторической улицы или набережной. Этот архетип впоследствии лег в основу проектирования целых кварталов в Зволе и Эхтернахе в Нидерландах в период постмодернизма конца XX века [1].

При этом *морфологический принцип контекстуализма* применяется там, где преобладает определенный архетип или морфотип застройки, или силуэт. Он не является общим принципом, в отличие от композиционного, колористического и стилистического, а относится к специфическим. На уровне формирования силуэта этот принцип тесно переплетается с композиционным принципом контекстуализма. Характерным примером может служить жилой комплекс «Таврический» по проспекту Чернышевского, № 4 в Санкт- Петербурге (арх. М. Мамошин, 2011 г.).

5. Приемы образно-символической и ассоциативной адаптации

также можно разделить на применение символа, знака и выявление определенного образа. Знаки могут быть индексными, иконическими или символическими [1], от этого зависит степень ассоциативного раскрытия образа здания. Это нередко осуществляется посредством адресной корреспонденции к определенному историческому событию, когда-то происходившему на данном месте или в данной местности, или же являться выражением «духа места», определенных ассоциативных или вернакулярных рядов, свойственных для данного региона и выраженных через знак или определенную семантику;

- выявление взаимосвязи с окружением посредством использования символов и знаков из контекста, метафорических рядов и цитат из истории архитектуры, различных

стилистических течений: например, административное здание «Нижегороднефтепродукт» (сейчас банк «Лукойл»), на ул. Грузинской, 26 (ТМА Никишина, 1998 г.);

- создание определенного образа (для передачи взаимосвязи с окружением архитектуры) с помощью метафор и образно-ассоциативных рядов, например, храм в честь Жанны Д'Арк в г. Руане (арх. Л. Арретче, 1979 г.) и филармонический зал на р. Эльбе в г. Гамбурге (арх. Ж. Герцог и П. де Мерон, 2007 г.);

- обращение к «духу местности», к историческим событиям, когда-то происходившим в этой среде, можно увидеть на примере здания, получившего название «Танцующий дом», в Праге (арх. Ф. Гери и В. Милунович, 1995 г.).

Эти приемы образно-символической и ассоциативной адаптации широки и разнообразны и характерны для специфического семиотического принципа контекстуализма.

5. Типологические приемы адаптации действуют на уровне объемно-планировочных решений в тех случаях, когда существует необходимость подчеркнуть или выявить определенную планировочную единицу как модуль в среде, например, секцию жилого дома, квартиру или офисную единицу. При этом окружающая среда должна обладать определенной планировочной и типологической идентичностью, образуя определенную идентичную и гомогенную ткань. Эти приемы легли в основу типологического принципа контекстуализма, который находит отражение в повторении в новом здании планировочной структуры и функционального содержания из окружающего контекста. Характерным примером может служить жилое здание по ул. Тверской, д. 1 лит. А в Санкт-Петербурге, выполненное архитектурной мастерской «Герасимов и партнеры» в 2009 г.

6. Приемы адаптации к природно-ландшафтной среде весьма разнородны и разнообразны и обычно имеют много общего с композиционными, колористическими и морфологическими приемами адаптации к искусственной среде, но при этом преследуют конкретную цель – вписывание нового здания в существующий рельеф, сочетание с природным окружением по цвету и фактуре, нередко по применяемым материалам, по визуальной массе. Формирование объема нового здания часто неотделимо от ландшафта и нередко призвано подчеркнуть его. Оно корреспондирует к определенным архетипам, образам и ассоциативным рядам, характерным для данной местности. Весь этот широкий набор приемов лег в основу формирования лендморфного принципа контекстуализма, который в определенных ситуациях является специфическим и полностью зависит от факторов и характеристик окружающей среды. Характерным примером может служить здание библиотеки «Парку Испании» в Колумбии (арх. Дж. Мазанти, 2009 г.), комплекс зданий культурного центра в Ниме, Новая Кaledония (арх. Р. Пиано, 1998 г.).

В ходе исследования выявлено:

1. При проектировании в исторической среде отмечается в основном комплексный подход, когда автором одновременно используется широкий набор композиционных приемов, позволяющих достичь контекстуального взаимодействия нового здания и исторической среды.

2. На основе изученных приемов адаптации и посредством их объединения по характерным чертам удалось выявить основные принципы контекстуализма в исторической среде при проектировании новых зданий: композиционный, колористический, стилистический принципы, которые являются общими почти для всех анализируемых ситуаций, а также специфические: морфологический, типологический, семиотический и лендморфный принципы, которые зависят от специфики конкретной градостроительной или природно-ландшафтной ситуации, которые в ряде случаев являются дополнительными к общим принципам.

3. Установлено, что в отдельных случаях авторы пользуются лишь каким-то одним приемом, который достаточен для адаптации объекта, или среди многочисленных приемов главенствует один, а остальные носят дополнительный и подчиненный ему характер.

4. На основе выявленных в процессе анализа отечественной и зарубежной практики принципов контекстуализма удалось сформировать определенные теоретические модели,

которые характерны для разных градостроительных и ситуаций и позволяют решать проблему взаимосвязи традиций и новаторства в новейшей архитектуре для сохранения своеобразия, уникальности и неповторимости исторической городской ткани.

Список литературы

1. Дженкс Ч. Язык архитектуры постмодернизма / пер. с англ. А.В. Рябушкина, М.В. Уваровой; под ред. А.В. Рябушкина, В.Л. Хайта. – М.: Стройиздат, 1985. – 136 с.
2. Глазычев В.Л., Городская среда. Технологии развития: настольная книга Егоров М.М., Ильина Т.В. и др. – М.: «Издательство Ладья», 1995. – 240 с.
3. Линч К. Образ города: Пер. с англ. / К. Линч; Под ред. А.В. Иконникова. – М.: Стройиздат, 1982. – 328 с.
4. Тетиор А.Н. Городская экология : учеб. пособие для вузов – М : Академия, 2008. – 336 с.

Zaytsev A.A. – post-graduate student

E-mail: mehanikkkl@mail.ru

Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering

The organization address: 603950, Russia, Nizhny Novgorod, Ilyinskaya st., 65

Principles of contextualism in architecture

Resume

Contextualism in our days is the conscious and the required method of design in a historical environment with a certain set of characteristics and properties of factors. These features are identified on the basis of analysis carried out at a town-planning, composition, style, colour and other levels. Further identifies the techniques that are most characteristic in this environment, which are incorporated in the principles of context and selected the most characteristic of them in the town-planning situation. Methods of adaptation can be divided into compositional, morphological, color, style, decorative, figurative symbolic, associative, typological, and also landscape (methods of the adaptation to the natural environment, landscape, when building repeats the form and relief). Methods of adaptation, which are the most characteristic in this environment, combined in the principles of contextualism. Thus, formed the composition, color, style, semiotic, typological, morphological and landmorphical principles of contextualism. This system allows you to create objects, which are interrelated and interact with the environment, organic with it, make it seem as the integral ensemble.

Keywords: historical environment, interaction, context, ensemble, the methods of adaptation, principles of contextualism.

References

1. Jenks Ch. The language of postmodernism architecture / Tr. from English A.V. Ryabushin, M.V. Uvarova; ed. A.V. Ryabushin, V.L. Hait. – M.: Stroyizdat, 1985. – 136 p.
2. V. L. Glazychev., The urban environment. Technology development: a resource book Egorov N.M., Ilyina T.V., etc. – M.: Publishing house «Ladya», 1995. – 240 p.
3. Lynch K. The image of the city: Tr. from English / K. Lynch; ed. A.V. Ikonnikov. – M.: Stroyizdat, 1982. – 328 p.
4. Tetior A.N. Urban ecology: textbook for higher educational institutions. – M.: Academy, 2008. – 336 p.

УДК 728

Каримова А.А. – аспирант
E-mail: karalinka@inbox.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1

Принципы многообразия жилой среды. Характер открытых пространств в массовой жилой застройке

Аннотация

Статья посвящена исследованию открытых пространств как пространств, в которых заложен потенциал для создания многообразия жилой среды массовой застройки. На примере современной массовой жилой застройки г. Штутгарт (Германия) и г. Казани (Россия) рассматриваются открытые пространства по характеру их организации, включая исследование уровней доступности территорий. В ходе натурного обследования выявлена четырехчастная структура пространств с пятью уровнями доступности участка жилой территории Burgholzhof г. Штутгарт, двухчастная структура пространств с двумя уровнями доступности участка жилой территории г. Казани, а также установлена взаимосвязь между характером открытых пространств и многообразием жилой среды.

Ключевые слова: массовое жилье, многообразие жилой среды, открытые пространства, уровни доступности.

В соответствии с Положением о территориальном планировании муниципального образования г. Казани от 28.12.2007 года основными приоритетными задачами территориального планирования Казани являются улучшение жилищных условий, достижение многообразия типов жилой среды и комплексности застройки жилых территорий, создание благоприятной среды жизнедеятельности [1].

Рассматривая современную массовую жилую застройку города Казани последнего десятилетия, можно отметить преобладание точечной застройки и жилых комплексов (ЖК) повышенной этажности. Причем основной типологической единицей обоих способов застройки является секционный многоквартирный дом повышенной этажности. Так, в застройке таких жилых комплексов эконом и бизнес-класса, как «Солнечный город», «Казань XXI век», «Дубрава», «Ривьера», «Магеллан», «Чистое небо» и других, преобладает секционный многоквартирный дом от 9 до 19 этажей. Однако данная типология жилого дома, обладая слабой связью с придомовыми и общественными пространствами, не справляется с задачами достижения многообразия типов жилой среды и создания благоприятной среды жизнедеятельности, что можно увидеть, попав на территорию современной массовой жилой застройки. Подобная односторонность типологии и переход от застройки средней этажности к повышенной этажности приводит к общему снижению качества жилой среды.

Разберемся, что скрывается за понятием «многообразие типов жилой среды» в теории и на практике.

Теория

Многообразие типов жилой среды в качестве одной из основных задач повышения качества городской среды и устойчивости градостроительного развития заложено в Генеральный план многих городов РФ, в том числе и г. Казани. Однако данный документ не дает объяснения и не раскрывает методику его формирования.

В своей работе Р.Г. Аракелян на основе натурных исследований традиционных жилых поселений Армении замечает, что многообразие типов пространственных форм и функций жилой среды способствует социальной активности и является ключевым фактором, обуславливающим безопасность пространства, объясняя это формированием «перекрестных маршрутов» как на визуальном, так и на поведенческом уровне [2].

А.В. Крашенинников дает концепцию взаимосвязи средового поведения человека с пространственной организацией элементов жилой среды, при этом, не говоря о многообразии как одной из характеристик жилой среды, выявляет базовые модели ее формирования – «ниша», «угол», «стенка», «узел», «площадка», из которых складывается разнообразие пространственных элементов микроуровня внешней жилой среды, «двор», «сквер», «переулок», «улица», в качестве элементов мезопространства, и «жилая единица», «жилая группа», «жилой комплекс» в качестве элементов макропространства [3].

Можно отметить также подходы авторов, основанные на том, что характеристики жилой среды определяются разнообразием типов образа жизни человека и его средовым поведением. Наукой, занимающейся изучением геометрии социальных связей человека на физическом уровне, является проксемика. Исследованиями в области взаимосвязи и взаимовлияния пространственной среды и человека занимался антрополог Э. Холл, который и ввел термин «проксемика» в 1950-х годах, С. Лайман и М. Скотт в 1960-х годах, американский архитектор и урбанист О. Ньюман в 1970-х годах и другие исследователи [4, 5].

Можно предположить, что в основе формирования многообразия жилой среды лежит не только поведенческий аспект. Очевидно, что при условии формирования жилой среды как единой системы из двух компонентов – жилой застройки и пространства, образованного ею, застройка непосредственно влияет на многообразие жилой среды. Следует рассматривать разнообразие типологии жилой застройки и многообразие форм ее взаимодействия с окружающим пространством как потенциал создания многообразия жилой среды.

В связи с этим особое значение приобретает характер взаимодействия жилой застройки с открытыми пространствами. Под **открытыми пространствами** следует понимать территории общего пользования – жилой двор, игровые, спортивные и хозяйственные площадки; и придомовые территории, не являющиеся частной собственностью, а представляющие собой общую долевую собственность собственников помещений многоквартирных домов, в том числе общественные террасы на кровле, придомовые террасы и палисадники индивидуального использования. Открытые пространства в массовой жилой застройке позволяют объединить элементы жилой среды с жилым домом, собрать разрозненные фрагменты ландшафта в непрерывный природный каркас. Нельзя игнорировать важность подобных пространств в массовой жилой застройке, поскольку от их разнообразия и качества зависит возможность инициирования социальных процессов, развития частных и коллективных форм досуга, стимулирования пассивных и активных видов отдыха.

В исследованиях отечественных и зарубежных авторов в области взаимосвязи и взаимовлияния пространственной среды и человека можно выявить общее направление классификации открытых пространств по критерию степени доступности территорий (рис. 1). Так, Э. Холл выделяет пять межсубъектных зон: интимная (0-0,5 м), персональная (личностная) (0,5-1,2 м), социальная неформальная (1,2-2,6 м), социальная деловая (2,6-3,65 м), общественная (3,65 м и более) [4]. С. Лайман и М. Скотт рассматривают четырехступенчатую классификацию территорий и их взаимодействий с человеком: общественная территория (Public territory) – территория неограниченного посещения (парк и улица); домашняя территория (Home territory) – территория относительной свободы поведения, чувства связи и контроля (офисы, библиотеки, клубы, места для встреч); территория взаимодействия (Interaction territory) – зона временных социальных контактов; телесное пространство (Body territory) – пространство, относящееся к окружению человеческого тела. «Защищенные пространства» О. Ньюмана включают в себя публичные (public), полупубличные (semi-public), полупrivатные (semi-private) и приватные (private) территории [5]. А.В. Крашенинников определяет пространственную структуру жилой среды как набор пространств, самым мелким из которых является персональное пространство (или поведенческая ячейка), а самым крупным – обитаемое пространство (или ареал жизнедеятельности). При этом на основе территориального поведения людей, типологии обитаемого пространства и дистанций социальных взаимодействий он определяет обобщенную модель, состоящую из микро-, мезо- и макропространств. Микропространство ограничено персональным общением и колеблется от 1 до 10 метров (у входа в жилой дом); мезопространство включает в себя несколько микропространств, объединенных условиями социального контроля (жилой

двор); макропространство представляет собой участок территории, включающий несколько мезопространств, объединенных пешеходной связью (небольшой квартал) [3].

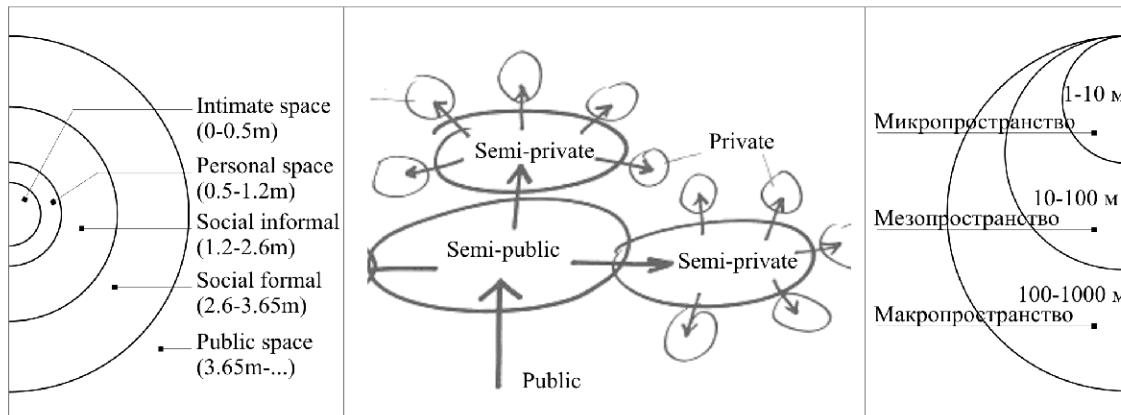


Рис. 1. Межсубъектные зоны, связанные с дистанцией между людьми по Э. Холлу (слева).

Градация пространств по О. Ньюману (в середине).

Градация пространств по А.В. Крашенинникову (справа)

Взяв за основу классификацию пространств по О. Ньюману, в ходе сравнительного анализа выявим характер открытых пространств жилой застройки на примере городов России и Германии. Изучение и сравнение архитектурно-средовых особенностей современной массовой жилой застройки, определение пространственных качеств жилой среды позволит установить роль и характер открытых пространств исследуемых территорий и выявить ключевые характеристики для создания многообразия типов жилой среды в застройке современного массового жилья крупных и крупнейших городов.

Практика

Объектом анализа был выбран участок жилой территории Burgholzhof района Bad Cannstatt города Штутгарт (Германия) и участок жилой территории Ново-Савиновского района города Казани (Россия), занимающие площадь по 12,24 и 9,8 га и расположенные в срединных районах города.

Для выявления архитектурно-средовых характеристик данных территорий автором были применены методы эмпирических исследований, в частности, натурные исследования с использованием фотосъемки, графоаналитический анализ, а также анализ литературных источников библиотек Казани и Штутгартта.

1. Характер открытых пространств участка жилой территории Burgholzhof г. Штутгарт (Германия)

Объектом анализа является жилая застройка и жилая среда участка жилой территории Burgholzhof района Bad Cannstatt, ограниченной улицами Roter-Stich, Auerbachstraße и Anwar-el-Sadat-Straße города Штутгарт, Германия.

Штутгарт является столицей и административным центром земли Baden-Württemberg. Население – 613 тыс. человек. Город расположен на берегах реки Неккар (Neckar). Район Bad Cannstatt – самый крупный из 23 районов Штутгартта, расположенный на северо-востоке города. На сегодняшний день на территории района общей площадью 1571,3 га проживает 66,6 тыс. жителей, или 9,2 % всего населения города [6].

Исследуемая территория габаритами 230 и 510 м и общей площадью 9,8 га организована квартальной застройкой с прямоугольной сеткой дорог. Кварталы представляют собой участки преимущественно прямоугольной формы размерами 70x70 м, 30x70 м (рис. 2). Население территории составляет порядка 3000 чел., из которых около 6 % составляют семейные пары без детей, 35 % – семейные пары с детьми и 50 % – одиночки [7].

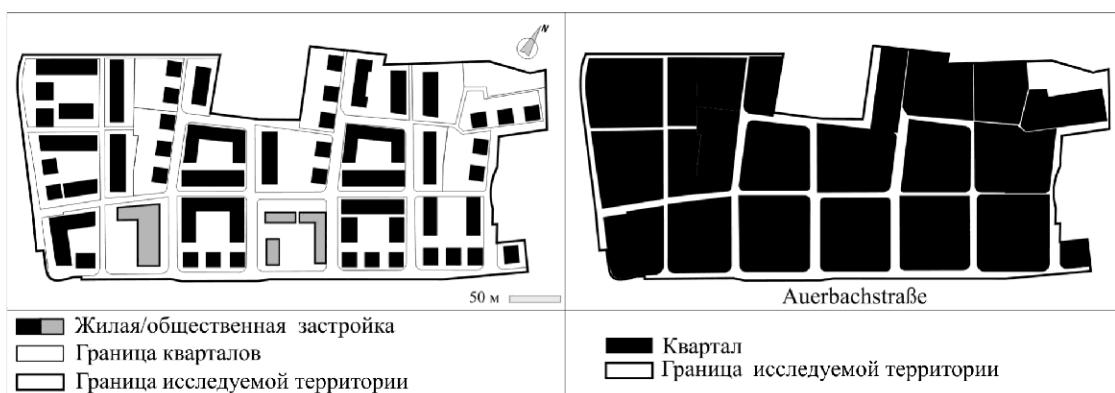


Рис. 2. Схема жилой застройки и кварталов жилой группы Burgholzhof г. Штутгарт

Рассматривая характер открытых жилых пространств территории Burgholzhof на основе классификации пространств по О. Ньюману, можно выявить четырехчастную структуру пространств: *публичные территории* (Public space), *полупубличные территории* (Semi-public space), *полуприватные территории* (Semi-private space) и *приватные территории* (Private space).

Данная структура пространств имеет пять уровней доступности (рис. 3):

- 1) **Публичные территории 1-го уровня доступности (Public space)** – улицы и пешеходные тротуары, открытые площадки и зоны отдыха при общественной застройке, игровые площадки. Данные территории ориентированы на удовлетворение потребностей местных жителей, но, являясь общедоступными, также используются горожанами;
- 2) **Полупубличные территории 2-го уровня доступности (Semi-public space)** – площадки для отдыха и прогулок вне территорий жилых дворов, «буферные» территории, ведущие от одного жилого двора к другому. Данные территории носят «проходной» характер, но объединяют соседние территории и являются важным элементом жилого района. Несмотря на то, что территории доступны и открыты для жителей города, они, находясь в близком контакте с жилыми дворами, носят внутрирайонный характер использования и используются преимущественно местными жителями;
- 3) **Полуприватные территории 3-го уровня доступности (Semi-private space)** – территории жилого двора, игровые площадки в составе жилого двора, придомовые территории – территории около подъездов, открытые газоны. Система пространственных, объемных и визуальных барьеров, в виде малых архитектурных форм, кустарника и предупреждающих информационных знаков, делает эти территории менее доступными для людей «со стороны»;
- 4) **Приватные территории 4-го уровня доступности (Private space)** – индивидуальные приквартирные террасы или зоны отдыха (около 15 м²). Данные территории, хотя и не являются частной собственностью, находятся в пользовании жильцов квартир нижних этажей. Визуальные барьеры в виде уличных растений в горшках, средней высоты кустарника или деревьев и предупреждающих информационных знаков, ограничивают доступ к этим территориям;
- 5) **Приватные территории 5-го уровня доступности (Private space)** – индивидуальные палисадники для садоводства, террасы. Данные территории также находятся в пользовании жильцов квартир нижних этажей и не являются их частной собственностью, но, в отличие от территорий 4-го уровня доступности, физически недоступны благодаря объемным и визуальным барьерам в виде легкого деревянного забора и живой изгороди.

1. Публичные территории (Public space) 1-го уровня доступности



2. Полупубличные территории (Semi-public space) 2-го уровня доступности



3. Полупrivатные территории (Semi-private space) 3-го уровня доступности



4. Приватные территории (Private space) 4-го уровня доступности



5. Приватные территории (Private space) 5-го уровня доступности



Рис. 3. Градация открытых пространств по уровню доступности

Примечательно, что будущий характер использования данных территорий был определен проектом в виде свода ограничений и допущений, установленных для каждого из типов территорий. Так, в зоне полупубличных территорий запрещена посадка деревьев и установка ограждений, допускаются сушилки для белья, места для пикника, навесы над площадками. В зоне приватных территорий в виде террас и зон отдыха допускается установка ограждения в виде свободно-растущей живой изгороди до 1,20 м,

экранирование высотой до 1,80 м и установка пергол. Для приватных территорий в виде палисадников запрещены установка ограждений, живые изгороди, садовые сараи и компост-системы. Подобные нормы, несомненно, способствуют сохранению архитектурного облика всей жилой территории Burgholzhof.

2. Характер открытых пространств участка жилой территории г. Казани (Россия)

Объектом анализа является жилая застройка и жилая среда участка жилой территории Ново-Савиновского района города Казани, ограниченного улицей Чистопольская и набережной реки Казанки.

Казань – столица Республики Татарстан, имея население более миллиона человек, считается крупнейшим городом. Ново-Савиновский район Казани расположен на северо-востоке города и является одним из самых плотнозаселенных районов города. На сегодняшний день на территории района общей площадью 2066 га проживает 206,2 тыс. человек, или 18,2 % всего населения города Казани [8].

Исследуемая территория располагается на правом берегу р. Казанки и имеет панорамный вид на Кремль и застройку левого берега реки.

Территория габаритами 240 м и 510 м и общей площадью 12,24 га организована периметральной квартальной застройкой с прямоугольной сеткой дорог. Кварталы представляют собой прямоугольные участки размерами 70x90 м, 70x100 м, 90x150 м (рис. 4).

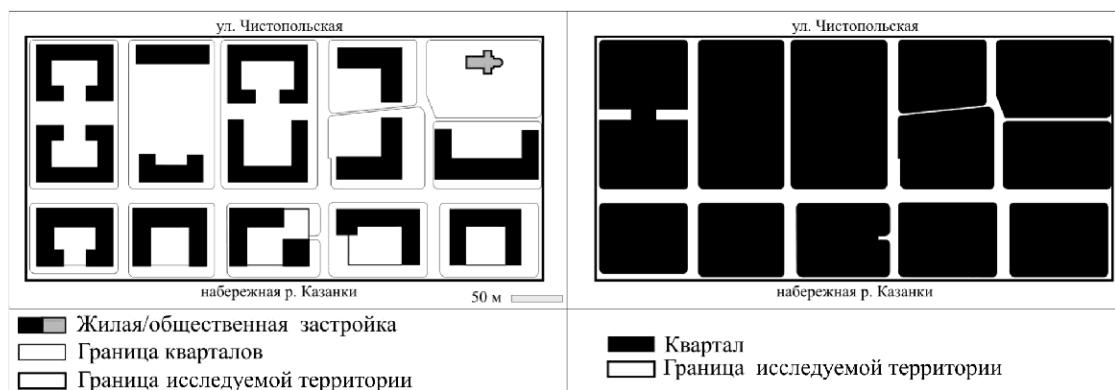


Рис. 4. Схема жилой застройки и кварталов жилой группы г. Казани

Рассматривая характер открытых жилых пространств участка жилой территории Казани, можно выявить двухчастную структуру пространств: *публичные территории* (Public space) и *полуприватные территории* (Semi-public space).

В данной структуре пространств выявлено лишь два уровня доступности (рис. 5):

1) **Публичные территории 1-го уровня доступности (Public space)** – улицы и пешеходные тротуары, открытые площадки для отдыха и прогулок. Данные территории являются общедоступными пространствами с преобладанием общегородского характера использования – прогулок вдоль набережной или проезда автотранспорта;

2) **Полуприватные территории 2-го уровня доступности (Semi-private space)** – территории жилых дворов на уровне земли и на стилобатах, а также игровых площадок и придомовых территорий в составе этих дворов. Дворовые территории доступны только для жителей домов, которым принадлежат дворы. Территории, расположенные на стилобате, физически и визуально не доступны с уровня земли для горожан и жителей района, остальные жилые дворы обнесены забором и охраняются.



Рис. 5. Схема открытых пространств по уровню доступности

Следует отметить очевидную дисгармонию жилой среды, выраженную, с одной стороны, изолированностью участка исследуемой территории ввиду строгого разграничения полуприватных и публичных территорий заборами и стилобатами и, с другой стороны, особым характером публичных территорий, ориентированных на общегородское, а не на внутрирайонное использование.

Заметной особенностью является полное отсутствие полупубличных территорий, как связующих элементов территорий жилых дворов и места для прогулок и отдыха жителей за пределами дворов. Нехватка связующих территорий усиливает эффект разрозненности среды и изолированности каждого жилого двора. В то же время отсутствие приватных территорий, индивидуальных зеленых пространств и палисадников, объясняемое в некоторых случаях высотностью застройки, создает низкую степень идентичности среды.

Заключение

В данной работе, с учетом приоритетности достижения многообразия жилой среды в современной жилой застройке, сделан акцент на выявлении характера открытых пространств по уровню их доступности.

На основе проведенного исследования в ходе изучения и сравнения архитектурно-средовых особенностей массовой современной жилой застройки территорий жилой застройки Германии и России автором была установлена взаимосвязь между характером открытых пространств и многообразием жилой среды.

Выявлено, что схожие по размеру и потенциалу городские территории явились основой для формирования разных типов среды. На участке жилой территории Штутгарта была реализована застройка средней этажности. Особый подход к формированию открытых пространств был проявлен в многоуровневой схеме доступности публичных и приватных территорий. Многообразие жилой среды было достигнуто за счет разнообразия типологии жилых домов и открытых территорий, использования мощения и уличных растений.

Участок жилой территории Казани представляет собой пример застройки средней и повышенной этажности. Пространственные и объемные решения в виде периметральной конфигурации домов, расположения некоторых жилых дворов на стилобатах, сделавших внутреннее пространство двора неприступным для взгляда пешехода, создания металлических заборов по периметру дворов с системой видеонаблюдения и охраной образуют максимально закрытую жилую среду.

В ходе исследования сделаны следующие выводы:

1. Придомовая территория в условиях застройки средней этажности осваивается и используется жителями более интенсивно, чем в условиях повышенной этажности;
2. Возможность организации отдельного выхода из квартиры первого или второго этажа на территорию общего двора или в индивидуальный палисадник повышает привлекательность этих квартир и вносит разнообразие в организацию улиц и жилых дворов при условии контроля их внешнего вида;
3. Полупубличные территории играют роль связующего звена всей жилой среды и их отсутствие создает эффект разобщенности среды и изолированности дворов;
4. Наличие, наряду с полупубличными, приватных пространств повышает степень идентичности жилой среды;
5. Свод ограничений и допущений на эксплуатацию открытых пространств способствует сохранению и поддержанию визуального качества жилой среды всего участка жилой территории;
6. Чем более разнообразны приемы разграничения публичных и приватных пространств, тем более разнообразна среда и ее восприятие.

Градация открытых пространств по уровню доступности и взаимодействию с жилой застройкой способствует созданию многообразия жилой среды. Увеличение количества уровней доступности в структуре открытых пространств в диапазоне от публичных до приватных территорий обеспечивает формирование многообразия жилой среды в застройке современного массового жилья для крупных и крупнейших городов.

Список литературы

1. Генеральный план муниципального образования г. Казани. Положение о территориальном планировании муниципального образования г. Казани. Утвержден решением Казанской городской Думы от 28.12.2007 № 23-26.
2. Аракелян Р.Г. Раскрытие ценностей объемно-пространственных характеристик традиционных жилых образований на территории Армянского нагорья. // Электронный журнал «Архитектура и современные архитектурные технологии (АМТ)», 2011, № 3 (16). – 23 с.
3. Крашенинников А.В. Жилые кварталы: Учеб. пособие для вузов / Под ред. Н.Н. Милородова. – М.: Высшая школа, 1988. – 87 с.
4. Hall E.T. The Hidden Dimension. Garden City. – N.Y.: Doubleday, 1966. – 217 с.
5. Newman O. Creating Defensible Spaces. – Washington D.C., 1996. – 123 с.
6. URL: <https://de.wikipedia.org/wiki/Stuttgart> (дата обращения: 10.03.2013).
7. Wohnen auf dem Burgholzhof. Ein neuer Stadtteil entsteht Dokumentation der Entwicklungsmaßnahme. – Stuttgart, 1988. – 43 с.
8. Официальный портал мэрии Казани. URL: <http://www.kzn.ru/> (дата обращения: 25.02.2013).

Karimova A.A. – post-graduate student
E-mail: karalinka@inbox.ru

Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Principles of living environment diversity. Nature of open spaces of mass housing

Resume

The comparison review of architectural-environmental features of Kazan's and Stuttgart's residential areas is carried out in this article with the aim of clarifying key principles of living environment's diversity. By the example of modern mass housing open spaces by the characteristic of their organization including research of accessibility levels are considered.

During the research of open spaces of Burgholzhof area, residential area in Stuttgart, open spaces of five levels of accessibility were found out: public space, semi-public space, semi-

private space and private spaces of two levels of accessibility. In Kazan residential area open spaces of only two levels of accessibility were found out: public space semi-private space.

Thus, the relations between nature of open spaces and diversity of living environment were determined as part of the study. Increasing quantity of accessibility levels within open spaces from public to private spaces is one of the key points of creating living environment diversity for mass housing in metropolis and major cities.

Keywords: mass housing, living environment diversity, open spaces, accessibility levels.

References

1. Master plan of municipality of the city of Kazan. The statement on territorial planning of municipality of Kazan. Approved by the decision of Kazan City Council of 28.12.2007, № 23-26.
2. Arakelyan R.G. Disclosure of property to three-dimensional characteristics of traditional residential units on the Armenian plateau. // Electronic scientific journal «Architecture and modern information technologies (AMIT)», 2011, № 3 (16). – 23 p.
3. Krasheninnikov A.V. Residential quarters: The grant for the high schools / Under the editorship of N.N. Milorodova. – M.: Vysshaya shkola, 1988. – P. 87.
4. Hall E.T. The Hidden Dimension. Garden City. – N.Y.: Doubleday, 1966. – 217 p.
5. Newman O. Creating Defensible Spaces. – Washington D.C., 1996. – 123 p.
6. URL: <https://de.wikipedia.org/wiki/Stuttgart> (reference date: 10.03.2013).
7. Wohnen auf dem Burgholzhof. Ein neuer Stadtteil entsteht Dokumentation der Entwicklungsmaßnahme. – Stuttgart, 1988. – 43 p.
8. Official web-portal of Kazan mayor's office. URL: <http://www.kzn.ru/> (reference date: 25.02.2013).

УДК 725.42.677

Конюков А.Г. – доцент

E-mail: alexandrkonyukov@yandex.ru

Москаева А.С. – студент

E-mail: annamoskva9@mail.ru

Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет

Адрес организации: 603950, Россия, г. Н. Новгород, ул. Ильинская, д. 65

Метод свободного проектирования производственных зданий и архитектурно-строительная унификация

Аннотация

Целью исследования является выявление принципов архитектурно-строительной унификации производственных зданий нового поколения. В качестве объекта исследования определены предприятия трикотажной отрасли, имеющие многочисленные сходные физико-технические свойства с рядом производств лёгкой промышленности, точного машиностроения и приборостроения, что позволяет рассматривать постановочные вопросы архитектурно-строительной унификации на межотраслевом уровне. В результате предшествующих поисковых работ по унификации производственных зданий установлена объективная необходимость перехода унификации с параметров зданий, конструкций несущего остова и ограждений на уровень объёмно-пространственных компонентов производственных структур. Это обстоятельство позволяет ставить задачу совершенствования проектного процесса на принципах «свободного проектирования» из ограниченной номенклатуры функциональных фрагментов.

Ключевые слова: закрытая система унификации, открытая система унификации, свободное проектирование, иерархическая структура, декомпозиция.

Учитывая значительную роль лёгкой промышленности в обеспечении экономической и стратегической безопасности страны в 2009 году, утверждена «Стратегия развития лёгкой промышленности России на период до 2020 года и План мероприятий по её реализации» (далее – Стратегия), которые предусматривают комплексную модернизацию лёгкой промышленности в связи с переходом на новую технологическую базу [1].

Согласно Стратегии, доля российской продукции на внутреннем рынке за расчётный период должна существенно увеличиться, при этом большинство товаров должно иметь инновационный характер.

В структуре товарного выпуска продукции лёгкой промышленности доля трикотажных изделий составляет около 7 % [1]. Следует указать на тенденцию полной или частичной замены классических тканей трикотажными изделиями, которым в большинстве случаев в процессе производства придаётся законченная форма, поэтому сокращаются расходы сырья и трудоёмкость на каждое изделие, в сравнении с производством из текстильных тканей. Поэтому развитие трикотажного производства экономичнее и выгоднее, чем ткацкого, при котором требуются самостоятельные швейные производства.

По назначению различают чулочный, верхний, бельевой, платочно-шарфовый и другие виды трикотажных изделий. В качестве предметов исследования определены фабрики по производству чулочных изделий, фабрики верхнего и бельевого трикотажа.

Чулочные изделия по назначению подразделяются на чулки и получулки, мужские, носки, колготки, подследники и тому подобное. К **верхним трикотажным изделиям** относятся: отдельные изделия и комплекты; а также бытовая, спортивная, производственная и специальная одежда. К **бельевому трикотажу** относятся нательные, постельные и столовые изделия. Последовательности изготовления чулочных изделий, верхних и бельевых трикотажных изделий приведены на рис. 1.

Из рис. 1 следует, что чулочные изделия, как правило, получают на машине практически готовыми, а верхние и бельевые изделия в основном шшивают из готовых деталей или трикотажного полотна.

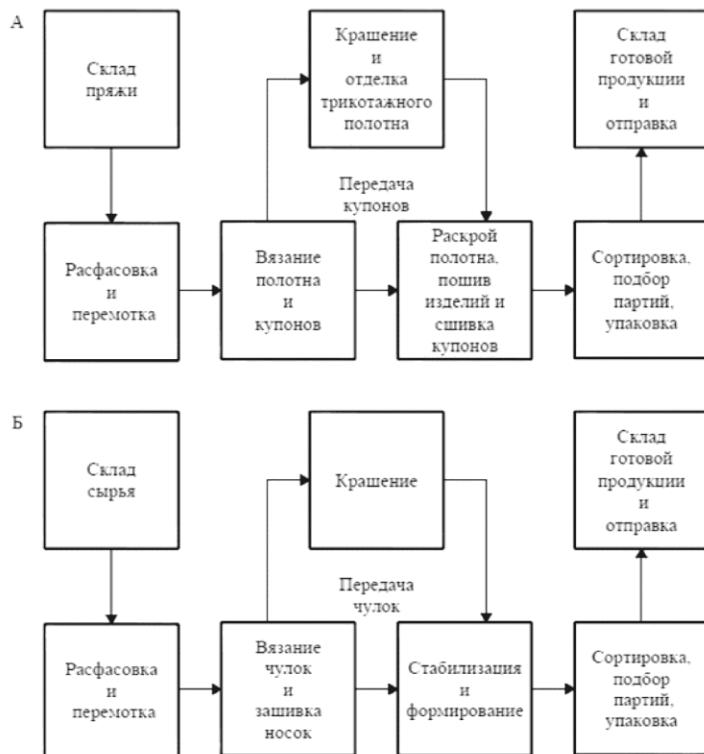


Рис. 1. Последовательность изготовления трикотажной продукции:
А – производство чулочных изделий; Б – производство верхнего и бельевого трикотажа

По данным Б.Р. Овакимян [2], к 2020 году объёмы прогнозируемого выпуска отечественных чулочно-носочных изделий должны вырасти в 1,8 раза и составить 925 миллионов пар изделий в год, а выпуск основных видов трикотажных изделий увеличится более чем в 2,2 раза и составит более 424 миллионов штук изделий в год.

Для реализации поставленной задачи большая часть физически и морально изношенного оборудования [1] подлежит замене, а объективная необходимость постоянного обновления ассортимента выпускаемой продукции каждые 3-5 лет предъявляет повышенные требования к гибкости планировочных решений производственных зданий.

В России трикотажная продукция вырабатывается более чем 300 предприятиями, большинство которых сосредоточено в Центральном, Приволжском, Северо-Западном и Южном федеральных округах. Трикотажные фабрики размещены в фонде существующих зданий, которые были возведены в период с середины XIX века по настоящее время. Производственные здания имеют разнообразные архитектурно-строительные параметры, сообразные времени их строительства и возможностям строительной индустрии. Поэтому модернизации отечественных трикотажных производств могут содержать различный удельный вес переустройства активной (машины, аппараты, оборудование) и пассивной (здания и сооружения) частей основных производственных фондов. Различные формы и масштабы переустройства предприятий подразумевают их техническое перевооружение с внедрением новой техники и технологии на имеющихся площадях или реконструкцию с коренным переустройством активной и пассивной частей основных фондов предприятий. Во многих случаях прирост производственных мощностей, как правило, решается путём расширения действующих производств, не затрагивая фонд существующих зданий [3]. Из сказанного следует, что можно прогнозировать значительные объёмы строительства новых производственных зданий в рамках расширения действующих фабрик.

Как отмечено в работе [4], формирование производственных зданий нового поколения, а также определение оптимальных направлений реконструкции и технического перевооружения действующих предприятий требует поиска новых идей и решений в промышленной архитектуре, которые могли бы гибко реагировать на изменения технологий и всемерно способствовать сокращению инвестиционного цикла в

строительстве. Наиболее реальное направление поиска – совершенствование архитектурно-строительной унификации на уровнях пространственно-планировочной структуры предприятия и внедрение в проектную практику принципов «свободного проектирования», выдвинутых видным архитектором и теоретиком И. Фридманом [5].

Процесс создания и функционирования системы отечественной архитектурно-строительной унификации и типологии можно разделить на три этапа: во-первых, создание модульного сортамента сборных конструкций и изделий (1937-1949 гг.); во-вторых, разработка и заводское изготовление комплектов типовых конструкций элементов каркаса, также создание на их базе типовых проектов заданной мощности (вместимости) с фиксированными параметрами (1961-1966 гг.); в-третьих, экспериментальные работы в 1974-1990 годах по созданию «открытой системы унификации» на принципах «свободного проектирования».

Созданная на первых двух этапах грандиозная и всеобъемлющая система типовой документации для строительства [6] базировалась на особой методике американского архитектора Альберта Кана, сущность которой состояла во внедрении в массовое возведение промышленных предприятий «скоростного поточно-конвейерного производства архитектурно-строительной проектной документации» [7]. Н.Н. Ким в своей работе [8] отмечает, что к середине 60-х годов XX столетия были разработаны проектные материалы в помощь проектировщикам в виде рабочих чертежей унифицированных типовых секций (далее – УТС) и пролётов (далее – УТП). На базе этих материалов для ряда отраслей промышленности были созданы типовые проекты с заданной производственной программой и фиксированными архитектурно-строительными параметрами. Такую систему типового проектирования принято именовать «закрытой системой унификации».

Использование типовых проектов существенно облегчило труд проектировщиков, повысило качество проектной продукции и сократило сроки проектирования. Однако, с точки зрения многовариантного формирования производственных зданий в различных исходных ситуациях и особенно в условиях модернизации действующих предприятий, привязка типовых проектов сопровождалась крупными переработками, сопоставимыми с разработкой индивидуальных проектов. Поэтому область применения типовых проектов производственных зданий была ограниченной, что в конечном итоге обусловило преобладание традиционных методов индивидуального проектирования при создании технической документации для строительства промышленных предприятий с использованием УТС и УТП, «наиболее часто применяемым в строительстве зданий производственного назначения...» [8].

Недостатки закрытой системы унификации архитектурно-строительных решений производственных зданий предопределили тенденцию постепенного перехода к «*открытой системе унификации*», сущность которой заключается в создании и использовании функциональных фрагментов (компонентов) для формирования производственных структур.

Основная идея свободного проектирования базируется на принципах использования «меню» унифицированных объектов, из которых можно свободно выбирать любую комбинацию [5].

Главное достоинство открытой системы заключается в создании широких возможностей многовариантной компоновки производственных зданий в различных исходных ситуациях – при новом строительстве и при реконструкции действующих производств.

Начиная с середины 70-х годов и вплоть до 90-х годов прошлого столетия, ЦНИИПромзданий и отраслевые проектные институты в рамках «*свободного проектирования*» производственных зданий осуществили экспериментальные работы по созданию основ открытой системы унификации. Однако в силу объективных причин с начала 90-х годов эти работы были приостановлены.

Прогнозируемый рост объёмов проектно-строительных работ по модернизации трикотажных предприятий на ближайшую перспективу ставит задачу переориентировать архитектурную унификацию с уровня конструкций каркасов на уровень комплексной унификации решений во всех частях проекта, что обеспечит дальнейшее совершенствование методов проектирования производственных объектов, включая трикотажную отрасль. Как отмечено в работе [4], приоритетными должны стать принципы автономного

конструирования технологической и строительной частей здания и компоновка производственных зданий из строительно-технологических модулей и функциональных фрагментов, а также создание зальных помещений с крупной сеткой колонн.

Совершенствование архитектурно-строительной унификации на уровне функциональных фрагментов должно содержать следующий порядок: установление иерархической структуры трикотажной фабрики; декомпозиция иерархической структуры и выделение компонентов-подсистем в общей системе производственного здания; определение номенклатуры объектов унификации и их параметрических характеристик; создание алгоритма многовариантной компоновки производственного здания и основные проектные процедуры в рамках «свободного проектирования».

Иерархическая структура трикотажных фабрик представлена на рисунке 2 в виде совокупности компонентов (единиц иерархии), образующих системную иерархию предприятия.

Предприятие представлено тремя уровнями упорядоченности, где более высокий уровень объединяет элементы нижестоящих уровней:

- **первый уровень** – фабрика в целом как совокупность многоуровневой системы;
- **второй уровень** – включает основные производства, инженерно-технические, подсобно-производственные и энергетические объекты, складское хозяйство и объекты транспорта, административно-бытовые помещения;
- **третий уровень** – включает в себя: специализированные цехи, помещения и здания жизнеобеспечения, ремонтные мастерские, склады сырья, готовой продукции и вспомогательных материалов, гаражи и зарядные станции, цеховые транспортные устройства и цеховые санитарно-гигиенические узлы, санитарно-бытовые помещения, помещения общественного питания и здравоохранения, помещения культурного обслуживания и административного назначения.

Декомпозиция представляет собой системно-структурный анализ иерархической структуры для установления повторяющихся подсистем, обеспечивающих автономное функционирование технологии. В результате декомпозиции установлен набор производств и помещений, куда вошли следующие компоненты: вязальные, красильно-отделочные и швейные цехи; системы жизнеобеспечения в виде энергоклиматических установок; транспортные и цеховые санитарно-гигиенические узлы.

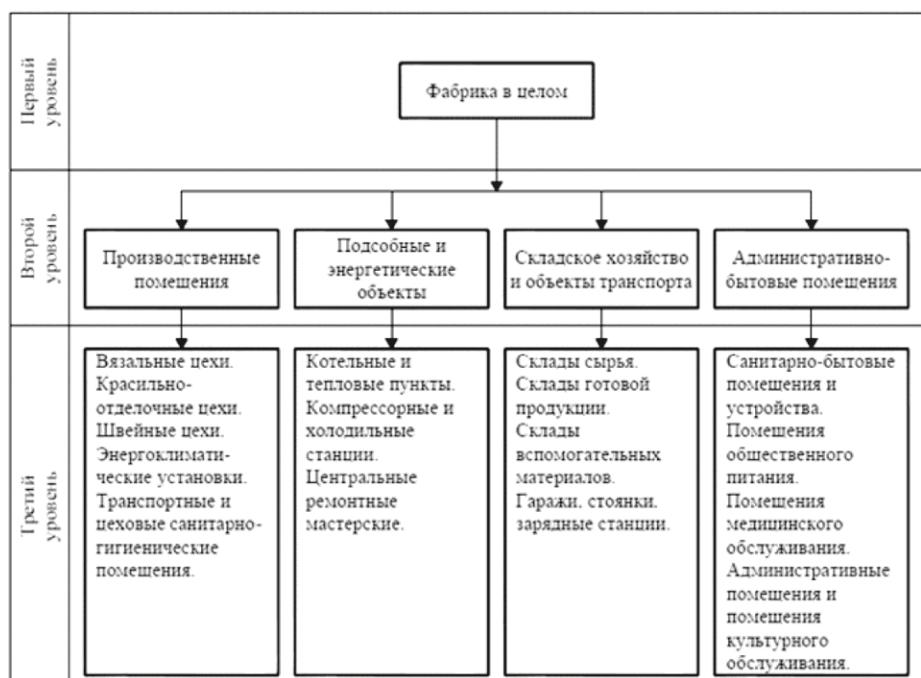


Рис. 2. Иерархическая структура трикотажной фабрики

Таким образом, выделены три основных подсистемы, формирующие производственные здания с соответствующими комплектами чертежей, которые сведены в табл. 1.

Таблица 1

Технологическая подсистема	Инженерно-техническая подсистема	Строительная подсистема
TX – технология производства; TK – технологические коммуникации; АЗО – антакоррозионная защита технологических аппаратов	OB – отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха; BK – водоснабжение и канализация; BC – воздухоснабжение; ПУ – пылеудаление; ЭМ – силовое электрооборудование; ЭО – электрическое освещение внутреннее; РТ – радиосвязь, радиовещание и телевидение; ПТ – пожаротушение; ПС – пожарная сигнализация; ОС – охранная и пожарно-охранная сигнализация; АЗО – антакоррозионная защита трубопроводов; АК – комплексная автоматизация.	АР – архитектурные решения; КЖ – конструкции железобетонные; КМ – конструкции металлические; АЗ – антакоррозионная защита.

Для формирования производственных зданий трикотажных фабрик предложена **номенклатура** из шести функциональных фрагментов производственного назначения, двух фрагментов инженерно-технического и трех фрагментов транспортного назначения, с **параметрами**, которые приведены в таблицах 2 и 3.

Таблица 2

Номенклатура основных и доборных производственных фрагментов

В метрах

Обозначение функциональных фрагментов	Количество этажей	Размеры в плане	Сетка колонн	Высоты этажей
ПФ1	Два	36x60	9x6, 18x6	6+4,8
ПФ2	Три	36x60	9x6, 18x6	6+4,8+4,8
ПФ3	Четыре	36x60	9x6, 18x6	6+4,8+4,8+4,8
ПФД1	Два	36x36	9x6, 18x6	6+4,8
ПФД2	Три	36x36	9x6, 18x6	6+4,8+4,8
ПФД3	Четыре	36x36	9x6, 18x6	6+4,8+4,8+4,8

Примечание – ПФ – основные и ПФД – доборные фрагменты

Таблица 3

Номенклатура инженерно-технических и транспортных фрагментов

В метрах

Обозначение функциональных фрагментов	Количество этажей	Размеры в плане	Сетка колонн	Высоты помещений
ИТФ	1	18x60	18x6	4,8-6
ИТФД	1	18x36	18x6	4,8x6
ТФ1	3	12x6	Нет	6,0+4,8+4,8
ТФ2	4	То же	То же	6,0+4,8+4,8+4,8
ТФ4	5	То же	То же	6,0+4,8+4,8+4,8+4,8

Примечания:

1. ИТФ – основной фрагмент и ИТФД – доборный фрагмент;
2. Сетки колонн и высоты помещений приведены для случаев размещения энергоклиматического оборудования в строительной оболочке или под навесами.

В постановочном аспекте *алгоритм* формирования проектной документации осуществляется следующим образом: после получения необходимых исходных данных и их анализа авторы технологической части проекта подготавливают «технологическое задание» по составу помещений, требования к архитектурно-строительным параметрам и инженерному оборудованию. Практически все расчётные величины являются функциями заданной производственной программы. После получения и анализа данных о составе и площадях всех функциональных помещений из номенклатуры объектов унификации выбираются необходимые функциональные фрагменты и разрабатываются «имитационные модели» будущих производственных зданий.

Первым этапом компоновки является формирование производственной структуры путём варьирования фрагментов и их взаимоположения с размещением имитационной модели на генеральном плане и определением технологических, транспортных и пешеходных связей. Таким образом, создаётся имитационная модель на уровне предприятия или здания. После выбора окончательного варианта объёмно-пространственной структуры осуществляется компоновка помещений с помощью унифицированных планировочных нормативов. Рассмотренная модель является исходным материалом для выполнения проектно-сметной документации в автоматизированном режиме на исполнительном этапе проектирования.

В обобщённом виде процесс проектирования производственных объектов включает два главных этапа: *поисковый этап*, связанный с творческой деятельностью по формированию принципиальных проектных решений и *исполнительский этап*, когда осуществляется детализация проектных решений. Принципиальные схемы создания проектной продукции приведены на рисунке 3.

При традиционном индивидуальном проектировании поисковый этап по своей глубине и продолжительности продолжается практически в течение всего периода создания технической документации, так как требует участия наиболее квалифицированных специалистов в принятии принципиальных технических решений, в обратных связях, а также для многочисленных взаимных увязок и согласований проектных решений.

При проектировании с использованием объектов унификации поисковый этап сводится в основном к многовариантной компоновке производственных структур и их технико-экономической оценке, после чего в автоматическом режиме выполняются необходимые текстовые и графические материалы [9, 10].

Графическое сравнение методов индивидуального и «свободного проектирования» из унифицированных объектов приведено на рисунке 3 и показывает, что использование предложенных функциональных фрагментов обеспечивает чёткое разделение поискового и исполнительского этапов при создании проектной продукции. На основании этого сравнения можно прогнозировать определенное сокращение сроков проектирования с повышением качества проектных решений. Использование предложенных объектов унификации может упростить поисковый этап также и при реконструкции действующих предприятий, так как частично или полностью может отпасть необходимость разработки принципиальных инженерно-технических и строительных подсистем на объектах 1-ой категории сложности [6].

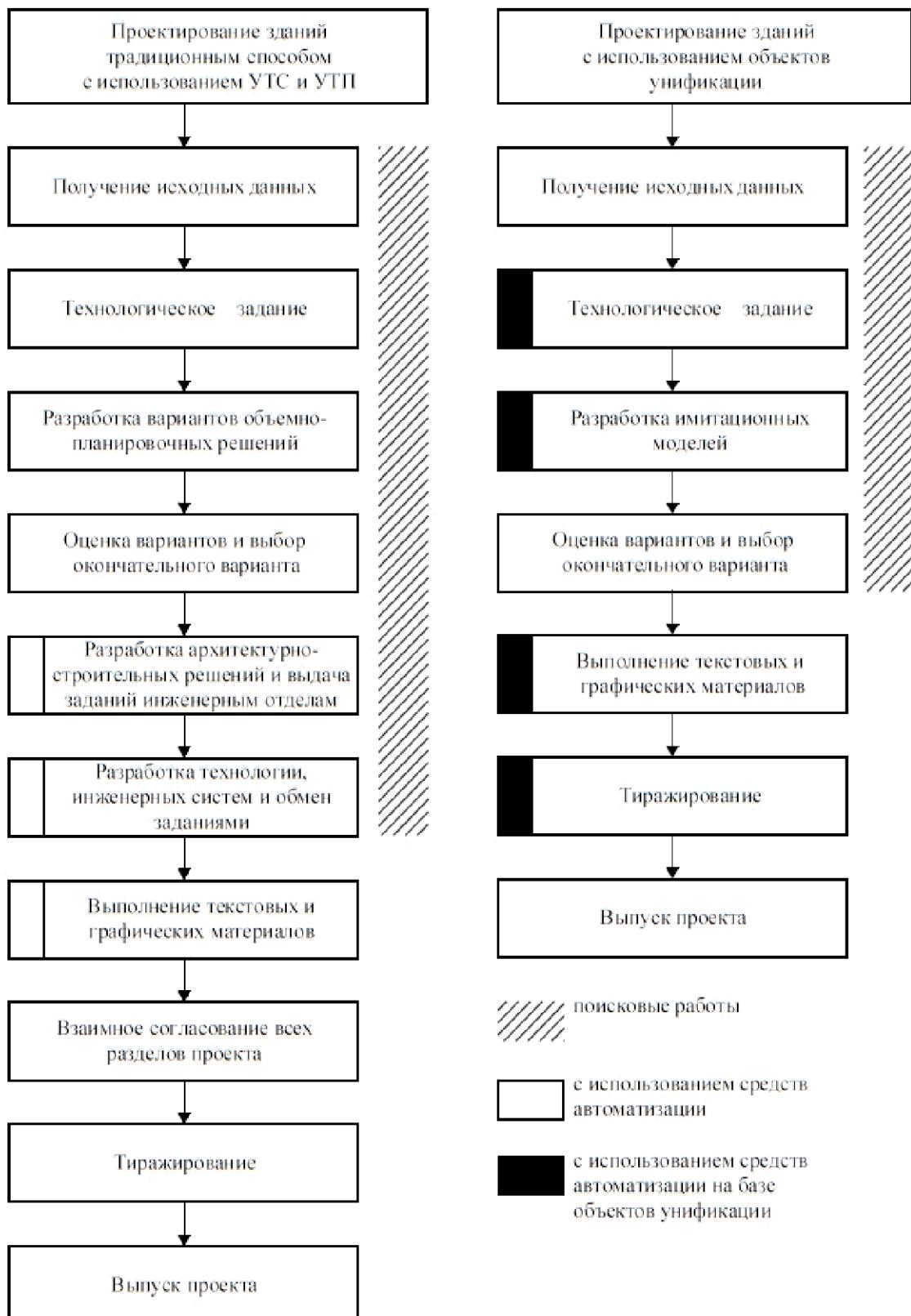


Рис. 3. Сравнительные схемы процесса проектирования производственных зданий

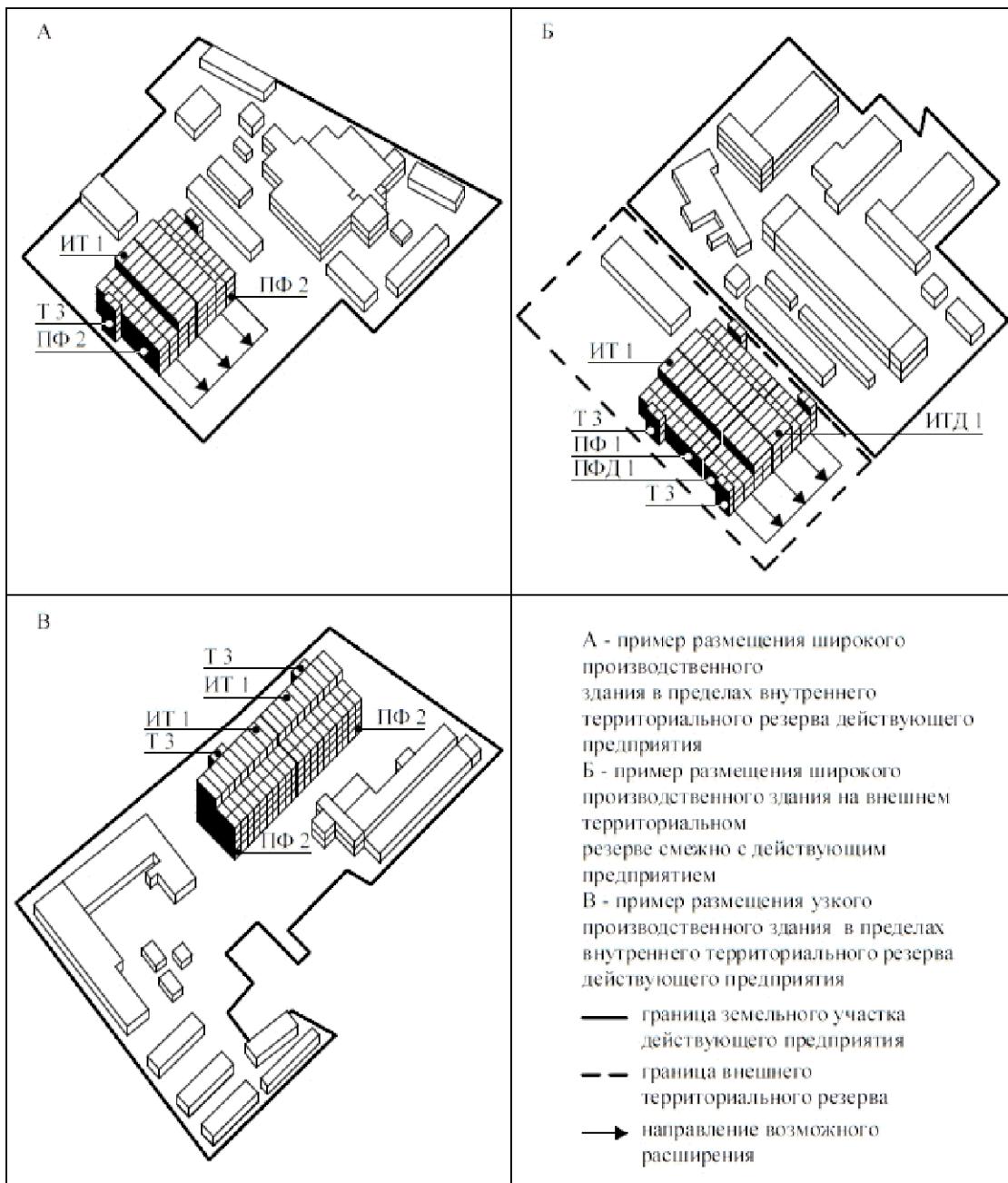


Рис. 4. Примеры компоновки производственных зданий на базе объектов унификации

На рис. 4 приведены примеры многовариантной компоновки производственных зданий в пределах внутренних и внешних территориальных резервов на действующих трикотажных предприятиях. При этом блокировка функциональных фрагментов может осуществляться по их торцевым или продольным сторонам, что позволяет в зависимости от исходной ситуации размещать узкие здания шириной 36 м и широкие шириной 72 м.

Внедрение в проектно-строительную практику методов свободной компоновки производственных зданий из ограниченной номенклатуры объектов унификации создаёт условия для автоматизации проектных работ на уровне диалога «Человек – ЭВМ» взамен использования современных средств автоматизации в качестве быстродействующих «чертёжных» инструментов. Особенно это актуально для условий модернизации действующих производств, когда создание архитектурной концепции на основе комплексной диагностики исходной ситуации является наиболее сложной и трудоёмкой процедурой.

Перестройка мышления в направлении широкого использования методов «свободного проектирования» требует большого искусства и определённого времени для подготовки или переподготовки проектировщиков всех специальностей [9].

Список литературы

1. Приказ Минпромторга России № 853 от 24 сентября 2009 г. «Об утверждении Стратегии развития лёгкой промышленности России на период до 2020 года и Плана мероприятий по её реализации».
2. Овакимян Б.Р. Стратегия развития лёгкой промышленности в России: автореф. дис... канд. эконом. наук: 08.00.05; науч. рук. Г.Н. Празднов; Академия народного хозяйства при Правительстве Российской Федерации. – М., 2010. – 24 с.
3. Новиков В.А. Архитектурно-эстетические проблемы реконструкции промышленных предприятий. – М.: Стройиздат, 1986. – 167 с.
4. Булгаков С.Н. Философия, концепция и принципы создания современных производственных зданий. URL: <http://www.gvozdik.ru/analit/1912.html> (дата обращения 30.04.2013).
5. Фридман И. Научные методы в архитектуре. – М., Стройиздат, 1983. – 160 с.
6. Нанасов П.С. Управление проектно-строительным процессом (теория, правила, практика) учеб. пособие. – М.: Издательство АСВ, 2008. – 160 с.
7. Меерович М.Г. Альберт Кан в истории советской индустриализации. // Проект Байкал, 2009, № 20.
8. Ким Н.Н., Маклакова Т.Г. Архитектура гражданских и промышленных зданий. – М.: Стройиздат, 1987. – 386 с.
9. Генин В.Е. Проектные решения административно-бытовых зданий реконструируемых предприятий. – Киев: Будівельник, 1987. – 119 с.

Konyukov A.G. – associate professor
E-mail: alexandrkonyukov@yandex.ru

Moskaeva A.S. – student
E-mail: annamoskva9@mail.ru

Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering
The organization address: 603950, Russia, Nizhny Novgorod, Ilyinskaya st., 65

The method of free design of manufacture buildings and the architectural-construction unification

Resume

The aim of the research is to identify the principles of architecture-construction of the unification of the manufacture buildings of the new generation. As the object of research are determined enterprises of the textile industry, with numerous similar physical-technical properties with a number of manufactures of light industry, exact mechanical engineering and instrument making, which allows to consider directing questions of architecture and construction of unification on the intersectoral level. As a result of previous search works for the unification of production buildings set the objective necessity of transition of the unification of the parameters of buildings, structures of bearing skeleton and fences at the level of the volumetric-spatial components of production structures. This circumstance allows you to set the task of improving the project process on the principles of «free design» from the limited nomenclature of functional fragments. Implementation of the project the practice of methods of «free design» creates favorable conditions for the transformation of the individual development of design and estimate documentation in the process of its formation in all the sections of pre-designed objects unification.

Keywords: closed system unification, open system unification, free design, hierarchical structure, decomposition.

References

1. Order of the Ministry of industry and trade of the Russian Federation № 853 dated 24 September 2009. «On approval Strategy of light industry of Russia for the period up to 2020 and action Plan for its implementation».
2. Ovakimian B.R. «Strategy of light industrial development in Russia» // The author's abstract of the dissertation of the candidate of economic sciences. –M., 2010. – 24 p.
3. Novikov V.A. Architectural and aesthetic problems of the reconstruction of industrial enterprises. – M.: Stroyizdat, 1986. – 167 p.
4. Bulgakov S.N. Philosophy and principle of modern production buildings. URL: <http://www.gvozdik.ru/analit/1912.html>. (reference date: 30.04.2013).
5. Fridman I. Scientific methods in architecture. – M.: Stroyizdat, 1983. – 160 p.
6. Nanasov P.S. Management of the project and construction process. Moscow. 2008. 160 p.
7. Meerovich M.G. Albert Kahn in the history of Soviet industrialization // Project Baikal, 2009, № 20.
8. Kim N.N. Architecture of civil and industrial buildings. – M.: Stroyizdat, 1987. – 386 p.
9. Genin V.E. Design solutions of administrative and household buildings of the reconstructed enterprises. – Kiev, 1987. – 119 p.

УДК 72:502.7

Мубаракшина Ф.Д. – кандидат архитектуры, доцент

E-mail: faina.arch@rambler.ru

Сафина Г.И. – студент

E-mail: sbsp4@rambler.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1

**Исторические зарубежные и отечественные примеры озеленения
и благоустройства среды как прообразы современного вертикального
и горизонтального озеленения архитектуры**

Аннотация

Начиная со средневековья, в массовом порядке в Европе люди пытались организовывать общественные сады. С тех времен в каждой стране формировался свой собственный стиль оформления садов и парков.

Из истории известны яркие примеры садового и паркового искусства.

Из-за вырубки лесов, загрязнения рек, увеличения объемов вредных промышленных выбросов в атмосферу от новых заводов экология не только внутри городов, но и в целом на планете, начала стремительно ухудшаться. Человечество стало задумываться о спасении ситуации. Горожане перебираются за город, чтобы дышать более чистым воздухом, выращивать свои, экологически чистые растения на садовых участках.

Специалисты пытаются решить эту проблему добавлением зеленых поверхностей внутрь городов.

Ключевые слова: благоустройство и озеленение, вертикальное озеленение, сады на крышиах.

В течение веков параллельно с развитием архитектуры развивалось и парковое искусство, имевшее свои характерные черты в каждом регионе и каждой стране. Уже в средневековой Европе, несмотря на условия ограниченности пространства, люди пытались организовывать общественные сады. Высшие слои населения не жалели на это времени и денег: при всех значимых королевских дворцах создавались великолепные парки, со сложными планировками, с переходами, с летними беседками и фонтанами, лабиринтами и целыми аллеями, обсаженными прекрасными деревьями. Этот период характеризовался формированием в каждой стране своего собственного стиля оформления садов и парков. В Средней Азии сады становились неотъемлемым местом в доме. Они становились защитой от палящих лучей солнца и охлаждали весь двор. На улицах восточных городов прокладывались арыки – искусственные ручьи, тянущиеся вдоль всех улиц, которые естественным образом охлаждали воздух, а иногда являлись и единственным средством обеспечения людей водой.

Проблема интеграции в город зеленых насаждений обострилась в связи с развитием научно-технического прогресса. Как только большие промышленные города начали активно развиваться, они стали расширяться, захватывая все новые территории, на которых раньше росли леса, обеспечивавшие климатический баланс близлежащих территорий. Из-за вырубки лесов, загрязнения рек, вредных промышленных выбросов в атмосферу от новых заводов экология не только внутри городов, но и в целом на планете, начала стремительно ухудшаться. Люди, занятые производством, предпочитали до последнего не замечать экологических проблем, однако критический уровень загрязнения окружающей среды, в конце концов, побудил человечество к исправлению ошибок. Чтобы исправить последствия надвигающейся глобальной экологической катастрофы, в 21 веке люди начали уделять больше внимания окружающей среде. С улучшением материальной составляющей жизни людей в мегаполисах, взгляд инженеров и архитекторов, наконец, обратился к созданию не только удовлетворительного жилья, но и комфорtnого и интересного жилья. Люди стали обращать внимание на условия, в

которых они проживают, и задумываться о том, чтобы улучшить их. Многие сейчас перебираются за город, чтобы дышать более чистым воздухом, выращивать свои, экологически чистые растения на садовых участках. Другие же люди пытаются решить эту проблему добавлением зеленых поверхностей внутрь городов. Это не так легко, ведь площади в центре чаще всего заняты, и именно поэтому инженеры и архитекторы обратили свое внимание на вертикальные поверхности, на поверхности крыш, стали задумываться о возможности введения озеленения внутрь зданий. В последние годы практически во всех крупных городах мира становятся весьма популярными вертикальное и горизонтальное озеленение поверхностей объектов архитектуры, которое разделяется на экстенсивное и интенсивное озеленение.

Вертикальное озеленение не имеет такой длительной истории, как, например, парковое искусство, но сегодня оно стремительно развивается под прессом экологических проблем урбанизированных территорий, а соответственно, из-за сокращения площадей городских парков, а также благодаря желанию горожан иметь привлекательную зеленую зону в шаговой доступности. Эффектными стенами с вертикально высаженными растениями украшены площади таких городов мира, как Лондон, Мадрид, Париж, Милан, Флоренция и других.

Озелененные крыши, напротив, известны из истории давно и уже с древних времен, они использовались в городах в виде дополнительных площадей озеленения. Холод и агрессивные природные условия побуждали человека создавать себе жилище как убежище и защиту. Исторически люди начали организовывать себе убежища, когда начали создавать крыши над головой, будь то крыши землянок, шалашей или жилых домов. Многие столетия люди создавали себе жилища из природных материалов: древесины, соломы, камыша, а в странах с суровым климатом, например, в Норвегии, крыши утепляли слоем земли, на котором потом вырастала трава (рис. 1). Так появились первые озелененные крыши экстенсивного типа, то есть не требующие особого ухода. Создавались они путем укладки на конструкцию крыши березовой коры, которая становилась в дальнейшем гидроизоляционным слоем. На кору насыпался торф толщиной 15-20 сантиметров, а попавшие в торф семена прорастали. Такие зеленые крыши защищали дома зимой от переохлаждения и ветра, а летом, наоборот, создавали дополнительную прохладу. Сейчас дома с такими крышами сохранились, в основном, как музейные экспонаты. Но некоторые современные дома в Норвегии сегодня также строятся с учетом традиционных технологий зеленого строительства [1].



а)



б)

Рис. 1. Дома с зелеными крышами в Норвегии:
а – исторический объект; б – современное сооружение

Понятно, что от травы на крыше до организованных садов на крышах лежит долгий путь. На северных территориях надобности в садах на крышах не возникало, а вот в жарком климате южных стран, особенно в пустынных Египте, Вавилоне и Ассирии,

отсутствие зеленых насаждений напрямую неблагоприятно сказывалось на самочувствии жителей. Это главным образом и побудило людей к организации парков, первых попыток к устройству озеленения на крышах, а также к созданию висячих садов.

Самые древние из известных ученым садов были разбиты в Египте. Сохранились росписи на стенах дворцов Нового царства, начиная со времен II тысячелетия до нашей эры, часто изображавшие регулярные сады с водоемами, обсаженными деревьями разных пород. Также сохранились планировочные элементы египетских городов, например, главная улица города Ахетатона имела пальмовую аллею: на протяжении всей своей длины она была обсажена с двух сторон пальмами, представляя собой один из первых образцов интенсивного озеленения. Этот древнейший композиционный прием далее получил широкое распространение в парковом искусстве [2].

Также хорошо известны примеры экстенсивного озеленения в Древней Греции. Можно только удивляться, как органично древние греки умели вплетать свои постройки в природный ландшафт, не создавая сооружение отдельно от площадки, но продолжая им гористую местность своего края. Наиболее удачно этот планировочный прием использован в ансамбле Афинского акрополя, который является как бы продолжением той скалы, на которой он расположен, и в древнем городе Приене, где склоны гор естественным образом образуют площадки для террас агоры и общественных зданий. В городах греки чаще всего организовывали маленькие садики в каждом доме, устраивая небольшие водоемы во внутренних двориках, обставляя их кадками с растениями или вынося их на крыши домов. Известно, что сады часто устраивались при гимнасиях для прогулок и размышлений. Иногда при храмах устраивались публичные сады, доступные для всего населения. Однако история не донесла до нас древнегреческие примеры вертикального озеленения или озеленения крыши зданий, внедрение живой природы внутрь городов там было минимальным.

Озеленение крыш, традиционно плоских и расположенных близко друг к другу, было широко распространено в странах Ближнего Востока. Например, известны крыши-сады и крыши-террасы в Азербайджане. Традиция организации так называемых «висячих садов» зародилась в древнем государстве Мидии, находившемся на территории современного Азербайджана. Позднее устройство «висячих садов» получило большое развитие в Ассирии и Вавилоне, находившихся в плодородной долине Ефрат и Тигра. Ближневосточные аналоги «висячих садов», как правило, сохраняли генетические черты мидийских, но нередко они устраивались на специальных конструкциях, иногда ступенчатых, создававших равномерно распределенную на основание нагрузку. Сады-террасы и сады на крышах жилых домов заметно оживляли архитектурно-ландшафтный облик восточных городов. Одними из самых знаменитых были сады города Тебриз. Многие тебризские дворцовые сооружения (например, знаменитые дворцы Аллахверди-хана в квартале Эмиркызы, Рустэм-хана и Бэнд-хана в квартале Рей) располагались среди садов. Традиционно для городов Азербайджана озеленение не только обрамляло величественные здания, оно дополнительно вводилось внутрь интерьеров, как бы продолжая окружающий здание парк [3].

Собственно родиной первых висячих садов, устраиваемых на специальных террасах и ступенчатых многоярусных конструкциях, считаются Ассирия и Вавилон. Ярчайшим примером ландшафтного дизайна Вавилона является одно из чудес света – Сады Семирамиды (рис. 2). Это грандиозное сооружение было возведено по приказу вавилонского царя Навуходоносора II, страстно любившего свою жену Амитис. Амитис была родом из цветущей Мидии, пыльные улицы Вавилона удручили ее. И тогда, чтобы угодить любимой, царь приказал построить для нее сады, для которых все растения, деревья и кустарники были привезены из Мидии. Висячие сады были устроены в виде пирамиды, состоящей из четырех озелененных ярусов. Четыре яруса-платформы поддерживались колоннами, высота которых достигала порой более двадцати трех метров. Нижний ярус пирамиды имел форму неправильного четырехугольника со сторонами по 42 и 34 метра.



Рис. 2. Современные визуальные версии садов Семирамиды

Конструкция висячих садов была довольно сложна. Платформы террас были сложены из каменных плит. Поверхность каждой платформы сначала покрывали слоем тростника (для предотвращения просачивания воды) и заливали асфальтом. Далее шли прокладки из двух рядов кирпичей, скрепленных гипсом и свинцовыми плитами, эта конструкция не пропускала воду в нижние этажи сада. На всем сооружении толстым слоем лежала плодородная земля, куда высаживались семена трав, цветов, кустарников и деревьев, толщина слоя позволяла выращивать крупные деревья. Ярусы поднимались уступами, соединенные широкими лестницами. Первые упоминания о чудесных садах известны в «Истории» Геродота, оставившего потомкам самое полное его описание. Постройка и эксплуатация садов требовала огромных затрат. В толщах колонн были скрыты трубы, по которым вода поднималась до верхней террасы. Ежедневно тысячи рабов качали воду из глубоких колодцев наверх в каналы, чтобы обеспечить полив растений, сверху вода стекала на нижние террасы. Сады просуществовали до IV века, до разорения Вавилона, когда некому стало за ними присматривать. Со временем конструкция разрушилась, и археологам остались лишь массивные столбы на территории площадью около гектара, где, по их предположениям, и были знаменитые сады [4].

В эпоху Возрождения также были известны сады на крыше вилл в Италии, Германии, Испании. Виллы Медичи во Флоренции (XIV век), дворцы в Мантуе, крыша-сад в Эскориале были наиболее известными примерами дворцов с садами на крышах. В Швеции был создан сад на крыше замка Карлсберг. В Германии был широко известен двухуровневый сад на крыше дворца архиепископа Иоганна-Филиппа в Пассау. В саду преобладали цветники, а деревья и кусты были высажены в кадки.

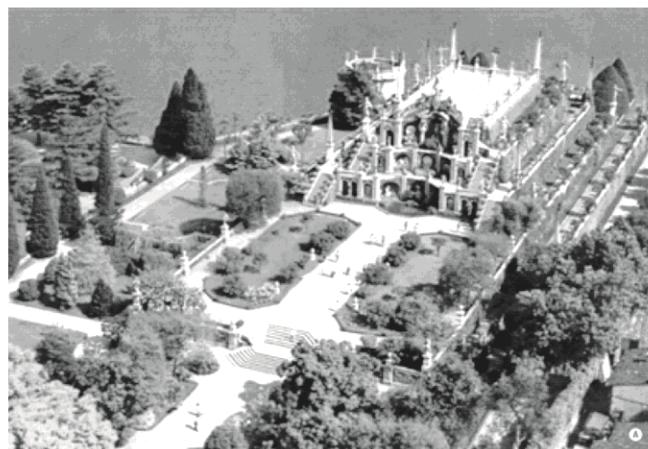


Рис. 3. Общий вид висячего сада конца XVI века над террасами дворца на острове Изола Белла (озеро Лаго Маджоре в Северной Италии)

Подражанием висячим садам Семирамиды на севере Италии стали построенные в XVI-XVII веках на скалах острова Изола-Белла террасы великолепного висячего сада, отражающиеся в водах окружённого горами озера Лаго-Маджоре (рис. 3). Под террасами размещена целая галерея подземных гротов, в которых можно укрыться в летний зной, а великолепный сад, в котором собраны растения чуть ли не со всего света, служит образцом садово-паркового искусства Позднего Возрождения. Сад площадью 3,2 га расположен на десяти террасах, пять из них – естественные, разбиты на холме, а пять из них – искусственные, устроены в структуре сооружения [5].

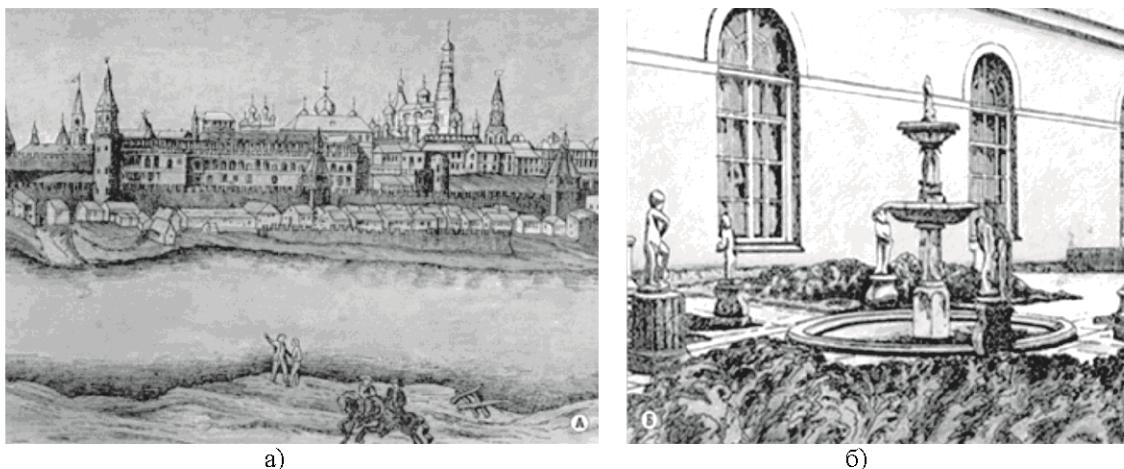


Рис. 4. Отечественные примеры садов на крыше:
а – Верхний и Нижний «верховые» сады на панораме Московского Кремля;
б – Висячий сад на крыше малого Эрмитажа в Санкт-Петербурге

У нас на Руси также были попытки создания висячих садов. В XVI и XVIII веках в Московском кремле выращивали «верховые сады», или «сады, что на сенях», располагаемые на каменных сводах, над палатами и погребами. В 1685 году верховой сад был устроен в Кремле при хоромах тринадцатилетнего царя Петра (рис. 4а). Размеры сада были 20 длинаю и 8 метров шириной. Для этого сада были отлиты свинцовые доски весом в 640 пудов, на которые был насыпан слой земли высотой около одного метра. В этом верховом садике устроили небольшой пруд. Грядки и клумбы были обложены досками, разрисованными пестрыми узорами с «черленью» (красной краской). Беседка, или «чердач» царевича, столбики для деревьев, решетка с балюсинаами были тоже расписаны яркими красками в русском стиле. В верховом саду росли грецкие орехи, шиповник, пионы, коруны, или цветы-венцы, тюльпаны, лилии белые и желтые, нарциза белая (нарцисс), мальва, душистые гвоздики, касатик, калуфер, девичья красота, рута, фиалки, пижма, иссоп. Летом в верховых садах висели шелковые клетки с канарейками, попугаями, соловьями и другими птицами. Верховые сады были уничтожены при закладке большого Кремлевского дворца в 1773 году.

Идея «висячих садов» претворялась в жизнь и в последующие годы. В Петербурге при царице Елизавете Петровне на Аничковом дворце, над колоннадой вдоль Невского и Фонтанки, которая в то время была сквозной, находился висячий сад. Во времена Екатерины II висячий сад был устроен в Зимнем дворце (рис. 4б). Этот сад не был виден со стороны, так как находился внутри здания, окруженный с одной стороны залом Эрмитажа, а с трех других – галереями. Сад был небольшой, занимал площадь всего 1200 квадратных метров (50 м в длину и 24 м в ширину), но в нем росли ряды берез, среди газона с клумбами из цветов шли дорожки, в конце которых стояли мраморные статуи. К открытому саду на крыше примыкала оранжерея, в которой содержались наши певчие птицы и иноземные – попугай, канарейки и другие. Там также содержались обезьяны, морские свинки и даже кролики. Висячий сад Эрмитажа сохранился до наших дней. В нем поныне существуют зеленый газон и цветы, сохранились статуи, но уже нет деревьев.

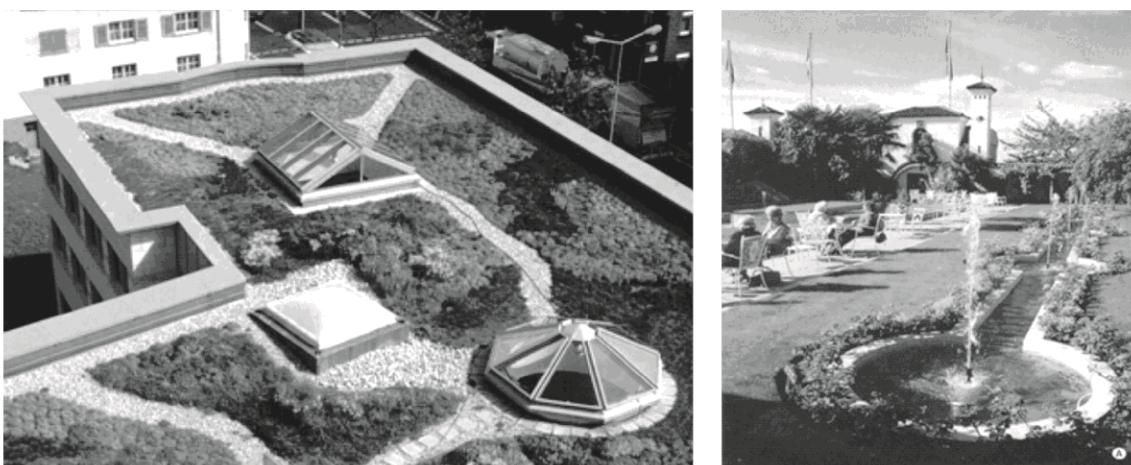


Рис. 5. Современные примеры устройства озеленения на крышах

В последние годы практически во всех крупных городах мира становятся весьма популярными вертикальное и горизонтальное озеленение поверхностей объектов архитектуры, которое разделяется на экстенсивное и интенсивное озеленение. Интенсивное озеленение требует дополнительного ухода (полива, прополки, удобрений), а экстенсивное озеленение может обходиться и без дополнительных мероприятий. Экстенсивное озеленение чаще всего выглядит как газон или невысокие кусты, посаженные на крыше, в то время как интенсивно озелененная крыша может содержать в себе и деревья, и кустарники, и даже небольшие пруды и фонтаны.

Критическая ситуация вынуждает архитекторов и инженеров вплетать в ткань современного города зеленые насаждения. Зеленые насаждения также привлекательны как для инвесторов и туристов, так и для повседневных жителей города. Они дают горожанам возможность воссоединиться с природой в шаговой доступности, улучшают психофизическое самочувствие и освежают загазованный городской воздух. Все эти факторы и побуждают дизайнеров устраивать все больше и больше таких насаждений в черте города.

Список литературы

1. Скандинавские крыши // GREEN-ROOF: сайт, предоставляющий информацию о зеленых крышах. URL: <http://green-roof.ru> (дата обращения 10.04.2013).
2. Ожегов С. С. История ландшафтной архитектуры. – Казань: «Идел-пресс», 2003. – С. 10-17.
3. Гасanova А.А. Сады и парки Азербайджана. – Баку: Издательство «Ишыг», 1996. – С. 16-19.
4. Информация о Висячих Садах Семирамиды // TOMOVL.RU: сайт, предоставляющий информацию по различным аспектам. URL: http://www.tomovl.ru/painting/ogrody_semiramidy.html (дата обращения 18.04.2013).
5. Титова Н.П. Сады на крышах. – М.: Олма-Пресс гранд, 2002. – С. 6-18.

Mubarakshina F.D. – candidate of architecture, associate professor

E-mail: faina.arch@rambler.ru

Safina G.I. – student

E-mail: sbsp4@rambler.ru

Kazan State University of Architecture and Engineering

The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Historical examples of foreign and domestic landscaping and improvement of the environment as prototypes of modern vertical gardens and gardens on the roofs

Resume

Since ancient times, people in Europe have tried to organize public gardens in different ways. Since then every country formed its own style of making gardens and parks. History knows vivid examples of garden and park art. The tradition of making gardens on the roofs comes from the first simplest Scandinavian houses, which were planted by grass on the tops. In this article there are also some examples of gardens of Babylon, Greece, Egypt. There are some examples of the Eastern tradition of forming parks on the example of Azerbaijan. The medieval examples are the Italian garden on the island of Isola Bella, Russian gardens in St. Petersburg and Moscow Kremlin and parks in Germany, Sweden and some others. In the past the gardens organized in order to create additional comfort for the person or for the domestic needs. In dry lands extra green surface served as a source of coolness, and in the northern regions, by contrast, defended the house from the wind and cold. Nowadays architecture has recently been influenced very strongly by the deterioration of the environment. Mankind is now thinking about the improving this situation. The citizens are moving out of the city to breathe cleaner air, grow their own environmentally-friendly plants in gardens. The desire to improve the ecological situation in the city has also become one of the important reasons for the additional landscaping, along with the desire to make cities more comfortable and attractive to people. Specialists are trying to add more green areas inside the cities, using new techniques such as vertical gardens, extensive and intensive green roofs, which is not widely spread right now.

Keywords: landscaping and gardening, vertical garden, gardens on the roofs.

References

1. Scandinavian roof // GREEN-ROOF: website that provides information about green roofs. URL: <http://green-roof.ru> (reference date 10.04.2013).
2. Ozhegov S.S. The history of landscape architecture. – Kazan: «Idel-press», 2003. – P. 10-17.
3. Gasanov A.A. Gardens and Parks of Azerbaijan. – Baku: Publishing «Ishig», 1996. – P. 16-19.
4. Information about the Hanging Gardens of Babylon // TOMOVL.RU: website that provides information on various aspects. URL: http://www.tomovl.ru/painting/ogrody_semiramidy.html (reference date 18.04.2013).
5. Titova N.P. The gardens on the roofs. – M.: Olma-Press Grand. 2002. – P. 6-18.

УДК 7.071.5

Рябов Н.Ф. – старший преподаватель

E-mail: ryabov.kazan@gmail.com

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

Возможная форма знакомства с понятием «ритм»

Аннотация

Общекультурное развитие творческого потенциала студента – одна из целей первого этапа обучения в архитектурной школе. Учебная практика показывает, что обращение к культуре различных областей и поколений на композиционных занятиях способствует выработке оригинальных идей и решений. Подобное возможно при использовании креативных методов обучения, содержащих в себе одновременно элементы непредсказуемости конечного результата и целенаправленного выбора композиционных средств и приемов. Культурное насыщение темы одного из первых заданий дисциплины «Композиционное моделирование», креативные методы его выполнения студентами – предмет рассмотрения данной работы.

Ключевые слова: композиция, ритм, Велимир Хлебников, городской текст, креативные методы архитектурного формообразования.

Оценка пространства, городского в частности, во многом определяется его непосредственным зрительным восприятием. Вся история существования человека в обществе (пространстве коллективной игры) может быть рассмотрена как способ визуального освоения и завоевания мира (ведения игры по определенным правилам) [4, с. 57]. При этом профессиональные правила, во многом предопределяющие характер возможного преобразования объекта восприятия, существенно отличаются от ограниченно обыденных. Прежде всего, они опираются на знание композиционных закономерностей, приемов, средств, находящих свое зримое выражение в архитектурно-художественных формах, заполняющих пространство.

Зачастую знакомство и выражение понимания работы профессиональных средств и приемов на занятиях композиционного моделирования происходит в ходе выполнения заданий формального толка, вне связи с реальными прототипами, индивидуальными приемами мастеров различных видов искусства, способными активизировать воображение, развивать аналитические и исследовательские способности (есть правила, но нет игры). Формальный подход ведет к формальному результату, а знания, полученные в ходе выполнения подобных заданий, долго не находят дальнейшего применения.

Очевидно, что запоминание предметного материала, сколь долгим бы не было пополнение «копилки» памяти, не определяет всей специфики процесса формирования профессионального сознания, определяемого, прежде всего, способностью к сложным операционным действиям на базе оригинальных идей. Умение генерировать и формулировать эти идеи требует постановки расширенных задач и целей на всех этапах обучения в архитектурной школе. Одна из таких целей – общекультурное развитие творческого потенциала личности, находящейся в начале своего профессионального становления.

Педагоги-архитекторы, согласные с этой установкой, предлагают оригинальные пути выхода за рамки формального подхода в поиске новых композиционных форм. Так, А.К. Рогожников (УралГАХА) настаивает на расширении смыслового поля теории композиции концепциями семантического и средового подходов: «Специфика региональной архитектурной композиции выражает сущность местной культуры» [9, с. 55]. Его коллеги А.В. Шадрина, А.В. Самарин, В.В. Злобин, разрабатывающие художественную концепцию городского пространства с учетом композиционных характеристик, вводят в архитектурную теорию понятия «нarrатив», «городской текст», заимствованные из области семиотики и лингвистики [11, с. 57]. Они позволяют вспомнить, что в XVIII веке в отношении композиции применялся термин «сочинение», а само архитектурное творчество

сродни поэтическому – пространство, которым овладело воображение, не может оставаться индифферентным, измеряемым и осмысливаемым только в категориях геометрии [2, с. 22].

М.Ю. Забрускова (КазГАСУ) замечает, что исследования в этом ключе чаще ведутся в плане архитектуроцентрического анализа уже созданных произведений и в меньшей степени выходят на проектно-композиционное практическое приложение (методы, приемы, средства целенаправленного создания архитектурной композиции с передачей задуманного «текста» как сообщения или как средства эмоционального воздействия). Она акцентирует внимание на важности понимания специфики образа, закладываемого в архитектурное «сочинение»: «Образ – это сложившееся у автора преднамеренное представление, предшествующее воплощению в действительности; это может быть и известный из истории образ, но преломленный здесь и теперь» [6, с. 284].

«Здесь и теперь» – важное условие расширенного толкования композиции как области творческой, сочинительской. Архитектурный «текст» немыслим вне контекста, и именно это условие позволяет новой форме транслировать через себя созидательные смыслы расширяющегося культурного поля. Обращение к культуре разных областей и поколений во всех ее проявлениях (объекты творчества, персоналии, среда существования) является гарантией эффективного действия школы на ее учеников, развития их способности правильно видеть и рождать одновременно оригинальные и обоснованные идеи в ходе выполнения, казалось бы, даже проходных заданий.

Подобное возможно при использовании креативных методов обучения, содержащих в себе одновременно элементы непредсказуемости конечного результата (именно они обеспечивают важнейшую сочинительскую функцию метода [2, с. 12]) и целенаправленного (пусть поначалу в полной мере учащимися и неосознаваемого) выбора приемов и средств выразительности. Креативность как свойство личности архитектора в процессе профессиональной подготовки рассматривается как одно из необходимых качеств. Под ним понимается общая способность к творчеству, характеризующая личность в целом и проявляющаяся в разных сферах активности.

Психологические механизмы воздействия креативных методов на обучаемого выглядят как установка на пробуждение в нем воображения и правильное, профессиональное видение того, что им, воображением, создается. При этом новое для себя студент ищет в ходе самостоятельного поиска; педагог же должен уметь отслеживать находки студента и стимулировать его ментальное движение [2, с. 13]. Главным предметом педагогического поиска становится не унификация предметного содержания, а поиск собственного творческого метода студента.

Культурное насыщение темы одного из первых заданий дисциплины «Композиционное моделирование», методы организации его выполнения студентами первого курса – предмет рассмотрения данной работы.

Само название задания – «Ритмы улицы», предъявляя студенту ясное содержание, отражает сущность предстоящей работы: овладение профессиональным знанием через обращение к реальному многообразному прототипу. Улицы Казани, история их жителей, построек может быть осмысlena и «рассказана» в формах и приемах архитектурной композиции (творческий характер специалиста во многом зависит от буквального влияния среды формирования). Каждая из улиц – наглядный пример работы различных композиционных средств, в том числе и ритма.

Возможно, что именно ритм – наиболее тонкое и одновременно емкое средство пластического своеобразия, характера движения, смысловой энергии пространства. Умение переводить материалы наблюдений, свои идеи, впечатления в ритмические ряды, сетки, оригинальные композиции абстрактного характера – непреложное умение в работе над художественной формой на любом этапе ее разработки (каждый этап можно рассматривать как уточнение, прежде всего, ритмического строя многосложного построения, отвечающего законам зрительного восприятия, конструктивной и функциональной организации).

В зависимости от проектных требований пластический ритм может стать ритмом стремительности, или ритмом тяжелым и медлительным, простым метром или составным ритмом нарастания, убывания и т.п. Полифония подобных чередований задает уровень

желаемых разнообразия и сложности (причем это сложность не восприятия, а образной выразительности).

Швейцарский теоретик искусства и педагог Иоханнес Иттен, определяя образную выразительность ритма, писал: «Во всем, что ритмично, ощущается огромная сила. Ритм приливов и отливов способен менять береговую линию континентов, а монотонные ритмы, под которые дни и ночи пляшут в африканских племенах, могут приводить людей в состояние экстаза» [7, с. 100]. Считая, что ритм для молодого человека – это, прежде всего, танец, он совершенно особым способом учил студентов школы Баухауз ритму. Изобразительной части предшествовали дыхательные, танцевальные упражнения, воздействующие на все тело (во время движения полагалось запоминать ритм, потому что все это нужно было потом изобразить). Так в его работе реализовывались креативные методы обучения, способные сделать так, чтобы личные переживания и особенности восприятия каждого определяли своеобразие их работ [7, с. 9].

Иттена можно считать предшественником современных педагогов и практиков-проектантов, развивающих в наши дни принцип проектирования «человеческих чувств». Следование ему подразумевает прямую зависимость пространственно-предметной среды от потребности человека в разнообразии внешних впечатлений [8, с. 90].

В казанской архитектуре последних лет этот принцип наиболее ярко проявился в новом жилом комплексе на улице Гоголя. Его создатели – московские архитекторы Д. Величкин и Н. Голованов, объясняя свой замысел («Нам очень хотелось сделать для Казани что-то по-настоящему интересное» [3, с. 87]), говорят о психологической усталости, возникающей в рационализированном, подчиненном прямоугольной метрической сетке пространстве: «Дом становится г-образный или прямоугольный, в крайнем случае, трапециевидный» [3, с. 85]. Сложное смещение жилых секций разновысотного здания Н. Голованов объясняет так: «Эти, казалось бы, случайные повороты учитывают рельеф и ландшафт территории, а также отражают сетку сложной городской ткани, присутствующей в этом районе. То есть расположение корпусов подчинено логике легких изменений, поворотов улиц, их изгибов». Его коллега Д. Величкин говорит о градостроительной морфологии, под которой подразумевает наслаждение эпох, тех или иных исторических осей, форм: «Они создают информационно-матричное поле, своеобразный код города» [3, с. 85]. Именно ритм (сдвигов, повторов, поворотов) становится выразителем «своеобразного кода города» в этом здании.

В ряду известных креативных методов архитектурного формообразования (сочинение по схеме «от образа к плану», построение морфологической матрицы, силуэтный поиск, погружение в контекст, дефрагментация оригинала [2, с. 13]) в описанном примере принцип проектирования «человеческих чувств» с максимальной эмоционально-смысловой насыщенностью выражает метод погружения в контекст. Он же положен в основу методологической базы задания, выполняемого со студентами в нашем случае. Используя его, оказалось возможным подключать к работе как полученные ранее знания и навыки (обучения в школе, жизни в городе), так и только формируемые – профессиональные.

Объектом знакомства, анализа и осмысливания в нашем случае стала улица Калинина – место нынешнего расположения Института архитектуры и дизайна КГАСУ – обманчиво знакомая на бытовом уровне каждому студенту, с ее особенностями пространственными качествами и богатой историей. Последнее особенно важно – городская среда ценна тем, насколько она одухотворена создававшими ее поколениями людей и тем, что она донесет из этого наследия следующим поколениям [6, с. 283].

История улицы Калинина (она же – Шарная Гора, Третья Гора), связанная с движением казанских суконщиков (1737-1744), восстанием Пугачева (1774), особенно интересна своей причастностью к жизни двух русских поэтов, оказавших огромное влияние на всю российскую культуру.

В 1833 году ее (как место схватки четвертой батареи дворянских войск, оборонявших город, и третьего отряда Пугачева) посетил А.С. Пушкин, собиравший материал для «Истории Пугачева».

С 1898 по 1905 год здесь, в доме № 59 (ныне снесенном) жил Виктор Хлебников,

тогда ученик третьей казанской гимназии, а впоследствии – знаменитый поэт-экспериментатор. Близкий друг В. Татлина, П. Филонова и других мастеров русского авангарда, чьи произведения изучаются, а приемы используются студентами художественных вузов всего мира, он и сам выступал в роли архитектурного оракула. Его «чудовища будетянского воображения» [10, с. 599], описанные в работе «Мы и дома» (1915): дом-мост, дом-плёнка, дом-волос, дом-чаша, концептуально предвосхитили поиски западных архитекторов последних десятилетий и представляют безусловный интерес для студентов-архитекторов.

По мнению исследователя творчества поэта М.Я. Полякова, Хлебников с его экспериментами в области языка, ритмики, композиции является собой редкий тип художника: он пришел к слиянию двух противоположных областей – научно-экспериментальной, с одной стороны, и непосредственно творческой – с другой [10, с. 5]. Универсализм мышления поэта отчасти объясняет метафоры, задолго до современных исследователей устанавливающие композиционные взаимосвязи (или – синтетические нарративы [11, с. 58], приводящие к интенсификации развития и преобразования) города и текста: «Слитные улицы так же трудно смотрятся, как трудно читаются слова без ударений. Нужна разорванная улица с ударением в высоте зданий, этим колебанием в дыхании камня» [10, с. 596].

Говоря о безликоности (слитности) улиц современных городов, несогласованности нового с исторической средой и ландшафтом (Казань, увы, не исключение) следует искать образы, способные прорвать завесу этой безликоности. Обращение к личности и творчеству Хлебникова в ходе выполнения композиционного задания дает дополнительный толчок-импульс к пробуждению качеств, связанных с индивидуально-психологическими особенностями и этикой личности учащихся: способности к сопереживанию, эмоционально-чувственному восприятию среды.

Работа реализуется в ходе прохождения трех этапов, что соответствует принципам преподавания композиционной дисциплины, заявленных Иттеном: «При углубленной проработке какого-либо предмета я всегда придерживался принципа последовательности: почувствовать – понять – сделать» [7, с. 11].

На каждом из этапов особое внимание концентрируется на развитии определенных качеств творческой личности. В ходе знакомства с объектом-прообразом идет развитие зрительной памяти, способности запоминания, умения быстро и лаконично фиксировать увиденное; анализ графических материалов, полученных в ходе натурных зарисовок, способствует развитию свойств творческого мышления; создание оригинальной графической композиции по заданным выводами анализа параметрам стимулирует творческое воображение.

I этап. Восприятие осуществляется последовательно в пространстве (движение) и времени (созерцание) путем накопления в сознании зрительных впечатлений. Для полноты впечатлений, связанной с осознанным «прочтением» сценария композиционной организации городского пространства, необходима психологическая установка на целенаправленность восприятия. В связи с этим перед учащимися ставится задача: в ходе натурного знакомства зафиксировать характерное и запоминающееся (домinantные и акцентные сооружения, детали, характер их расположения, чередование друг с другом, места, связанные с историей). Системная направленность поиска определяется установкой, что пространство улицы формируется тремя основными плоскостями, каждая из которых имеет свою конфигурацию, величину, масштабность, ритм. Подобными ограничивающими поверхностями являются «планшет» земли, вертикальные поверхности окружения – «стены» и небо, контур которого формируется силуэтом окружения. Данная установка концентрирует восприятие сложного образования и облегчает раскрытие основных характеристик ее композиционной структуры [5, с. 137-138].

Выход на территорию и выполнение натурных зарисовок (возможна фотофиксация, но графические зарисовки, требующие большей концентрации внимания, предпочтительней) осуществляются самостоятельно. Любой человек всегда почувствует тесноту или просторность места, запомнит ширину улицы, высоту застройки, расположение домов сплошным образом или с разрывами – то, что мы назвали бы

пространственными качествами среды [6, с. 283], во многом определяемыми ритмом чередования форм и смены впечатлений.

II этап. Любая из натурных зарисовок заключает в себе возможность «превращения» в композицию абстрактного толка, но интересно, как студент, сравнивая и сопоставляя, используя знания теории и обращаясь к своему ассоциативному мышлению, обобщает, выявляя характерное. Практически на этом этапе осуществляется задача выбора особых средств выражения темы (задача выбора всегда легче, чем задача создания композиции «на пустом месте»).

Для понимания сути натурного материала учащиеся прорабатывают анализ нескольких наиболее выразительных зарисовок, выделяя композиционные приемы, определяющие эту выразительность (вид форм, характер их членений, подчиненность оси, характерность пластики, выразительность силуэта). Особое внимание уделяется выявлению ритмических сочетаний и чередований. Эмоционально-образное впечатление фиксируется рядом слов-девизов, выражающих «характер» среды (стремительность, противоречивость, подчинение).

III этап. Результаты и выводы анализа – основа для построения оригинальных композиционных сеток и решеток, подобных структурным построениям голландского неопластициста П. Мондриана.

Эволюцию творчества этого художника характеризует постепенный переход от мира вещей к пониманию сюжета как ритма чередований. В 1912 году он создает знаменитую серию деревьев, включающую как относительно привычные изображения крон, так и эволюционирующие к абстрактным. Год спустя холсты Мондриана уже были полны структурами из пересекающихся линий – индивидуальное уступило место универсальному, случайное – логически выверенному. Следует заметить, что подобно Иттену Мондриан осознавал ритмическую обусловленность связи между пространственно-пластическими искусствами и танцевальными практиками (одну из последних своих картин он назвал «Буги-вуги на Бродвее»).

Использование тех или иных приемов комбинаторных сочетаний при разработке композиции на основе разработанных сеток определяется выверенными ранее образно-эмоциональными характеристиками графического материала (приемы наложения – сложность, многозначность, сдвиги – устремленность, повторения – однородность и т.д.). В целях достижения большей композиционной выразительности возможно выделение (цветом, тоном) тех или иных секторов получившихся структур.

Несхожесть конечных результатов – выражение оговариваемого эффекта неожиданности, определяемого, прежде всего, степенью «проявления» индивидуального видения темы в рамках правил профессионального поиска (рефлексии, способной вместить и переработать разнообразное).

Полученная плоскостная композиция в дальнейшем может стать основой (в качестве композиционной сетки плана, фасада) в последующих упражнениях по моделированию уже объемных форм, например при знакомстве с понятием «текtonика», неразрывно связанным и предопределенным понятием «ритм». Практика показывает, что в новых моделях сохраняется ассоциативная связь с образом объекта-прототипа. Эта способность сохранять характерное (следовать требованиям темы, балансируя между принципами, определяющими ход профессионального поиска: должно, разрешено, запрещено) утверждается по мере накопления опыта выполнения каждого нового упражнения, что показывает характер работы креативных методов – накапливать (навыки, приемы) и применять в последующем.

Превращение натурного материала в своеобразные абстрактные ритмические сценарии действия (столкновение материала наблюдений и сферы творческих обобщений) – универсальный способ моделирования на начальной стадии создания любой объемно-пространственной формы. В роли проводника, обеспечивающего структурную взаимосвязь различных приемов и форм выразительности, выступает образ (в нашем случае – места встречи времен, становления поэта). При этом развиваются такие качества, как зрительная память, способность восприятия среды на эмоционально-образном уровне, первичные навыки проектного анализа.

Проделанная работа показывает, что задания, подобные описанному, создают возможности перехода от формального к концептуальному творчеству. При этом вопрос исполнителя «как выражать?» не заглушает вопроса творца «что выражать?» на самых ранних этапах профессионального становления. Осмысленное расширение зон действия композиционного образования студента способствует как развитию новых форм профессиональной архитектурно-художественной подготовки, так и установлению новых связей композиционных, исторических дисциплин (синтез профессионализма и культуры определяет устойчивость базы архитектурной школы).

Список литературы

1. Башляр Г. Избранное: Поэтика пространства / Пер. с франц. – М.: РОССПЭН, 2004. – 376 с.
2. Богомолов И.И. Креативные методы в обучении архитектурному формообразованию // Сб. научно-методических трудов «Композиционные чтения имени А. Коротковского». – Екатеринбург: Архитектон, 2005. – С. 12-14.
3. Ветер перемен. Интервью Д. Величкина и Н. Голованова // Дизайн и новая архитектура, 2004, № 17. – С. 83-91.
4. Ганжара О.А. Человек и его окрестности: визуальная семиотизация человека в пространстве города // Сб. научных трудов «Антропологическая соразмерность». – Казань: КНИТУ, 2011. – С. 55-59.
5. Гончаров М.Н. Пространственная структура городской среды как объект композиционного анализа // Сб. научно-методических трудов «Композиционные чтения имени А. Коротковского». – Екатеринбург: Архитектон, 2005. – С. 137-138.
6. Забрускова М.Ю. Образовательный аспект проблемы сохранения городской среды // Сб. научно-методических трудов «Развитие региональных архитектурно-художественных школ в контексте историко-культурных традиций». Том 1. – Казань: КГАСУ, 2005. – С. 281-284.
7. Иттен И. Искусство формы / Пер. с немец. – М.: Изд. Д. Аронов, 2001. – 136 с.
8. Куликова О.В., Зубарев С.С. Образное мышление в архитектурной композиции // Сб. научно-методических трудов «Композиционные чтения имени А. Коротковского». – Екатеринбург: Архитектон, 2005. – С. 90-91.
9. Рогожников А.К. Культурная составляющая архитектурной композиции // Сб. научно-методических трудов № 2 «Архитектурно-художественная композиция». – Екатеринбург: Архитектон, 2007. – С. 54-57.
10. Хлебников Велимир. Творения. – М.: Сов. писатель, 1987. – 736 с.
11. Шадрина А.В., Самарин А.В., Злобин В.В. Градостроительная концепция формирования образа пространства // Сб. научно-метод. Трудов, № 3 «Архитектурно-художественная композиция: Формирование пространства». – Екатеринбург: Архитектон, 2009. – С. 57-58.

Ryabov N.F. – senior lecture

E-mail: ryabov.kazan@gmail.com

Kazan State University of Architecture and Engineering

The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Possible form of acquaintance to the concept «rhythm»

Resume

Common cultural approach in teaching of composite disciplines provides possibility of various operational actions on the basis of original ideas. Creative character of future architect depends on a choice the teacher of effective methods of training and on literal influence of habitat as well. Composite features of environmental city facilities express specifics of local culture. Understanding of it does possible acquaintance to the basic composite concept «rhythm» on the example of the real Kazan street.

The street of Kalinin – the location of institute of architecture and design - has the long and interesting story reflected in its forms and spaces. Formation of the creative person of poet futurist Velimir Hlebnikov is connected with this street, in particular. Acquaintance of students architects to the facts of the biography and works of the poet experimenter of the beginning of the XX century, views of creativity of his contemporaries sets to performance of composite graphic work «Street rhythms» a desired creative component.

Work is performed in three stages with use of a creative method of a form-building (immersion in a context). On each of stages the special attention concentrates on development of certain qualities of the creative person: abilities of perception of the environment at emotional and figurative level (the I stage), abilities to analyze seen (the II stage), abilities to creative self-expression and generalization (the III stage).

Keywords: composition, rhythm, Velimir Hlebnikov, city text, creative methods of an architectural form-building.

References

1. Bashlyar G. Favourites: Poetics of space / Lane with fr. – M: ROSSPEN, 2004. – 376 p.
2. Bogomolov I.I. Kreativ methods in training in an architectural form-building // Sb. scientific and methodical works «Composite readings name of A. Korotkovski». – Ekaterinburg: Arkhitekton, 2005. – P. 12-14.
3. Wind of change. D. Velichkin and N. Golovanova's interview // Design and new architecture, 2004, № 17. – P. 83-91.
4. Ganzhara O. A. Person and his vicinities: visual semiotization of the person in city space // Sb. scientific works «Anthropological Harmony». – Kazan: KNITU, 2011. – P. 55-59.
5. Goncharov M.N. Spatial structure of an urban environment as object of the composite analysis // Sb. scientific and methodical works «Composite readings name of A. Korotkovski». – Ekaterinburg: Arkhitekton, 2005. – P. 137-138.
6. Zabruskova M.Yu. Educational aspect of a problem of preservation of an urban environment // Sb. scientific and methodical works «Development of Regional Architectural and Art Schools in a Context of Historical and Cultural Traditions». Volume 1. – Kazan: KGASU, 2005. – P. 281-284.
7. Itten I. Art of form / Lane with the German. – M.: Prod. D. Aronov, 2001. – 136 p.
8. Kulikov O.V., Zubarev S.S. Figurative thinking in architectural composition // Sb. scientific and methodical works «Composite readings name of A. Korotkovski». – Ekaterinburg: Arkhitekton, 2005. – P. 90-91.
9. Rogozhnikov A.K. Cultural component of architectural composition // Sb. scientific and methodical works № 2 «Architectural and art composition». – Ekaterinburg: Arkhitekton, 2007. – P. 54-57.
10. Hlebnikov Velimir. Creations. – M.: Sovet. writer, 1987. – 736 p.
11. Shadrin A.V., Samarin A.V., Zlobin V.V. Town-planning concept of formation of an image of space // Sb. scientific method. works № 3 «Architectural and art composition: Space formation». – Ekaterinburg: Arkhitekton, 2009. – P. 57-58.

УДК 728.1.01

Смирнова С.Н. – кандидат архитектуры, доцент

E-mail: smirnovskie_ns@mail.ru

Поволжский государственный технологический университет

Адрес организации: 420000, Россия, г. Йошкар-Ола, пл. Ленина, д. 3

Типология энергоэффективных жилых зданий средней этажности для климатических условий Среднего Поволжья

Аннотация

В статье рассматриваются вопросы формообразования актуального на сегодняшний день течения в архитектуре – энергоэффективных жилых зданий (ЭЖЗ). Разработана типология ЭЖЗ малой и средней этажности применительно к климатическим условиям Среднего Поволжья. Типологическое деление осуществляется на первом этапе в зависимости от характера связи с окружающей средой, далее – в зависимости от различных способов реализации принципа теплового зонирования, расположения буферных зон и теплового ядра. В данной статье подробно раскрывается типология ЭЖЗ средней этажности – жилых домов со входами в квартиры через общие коммуникации. Наиболее подробно рассмотрены атриумные и секционные жилые дома. Даны рекомендации по улучшению их энергоэффективности.

Ключевые слова: энергоэффективное жилое здание, тепловое зонирование, типология, атриумный жилой дом, секционный жилой дом.

В целях повышения энергоэффективности городского жилища целесообразно содействие развитию и обновлению типологии ЭЖЗ малой и средней этажности.

Оценка климатических условий в Среднем Поволжье, обуславливающих функционирование энергоэффективных зданий, сводится к анализу ветрового и солнечного режимов. В данной местности преобладают северо-западные ветра летом и южные зимой с максимальной из средних скоростей ветра по румбам за январь – 6,2 м/с. Средняя скорость ветра за период со средней суточной температурой воздуха ниже 8°C составляет 4,7 м/с. По имеющимся данным было отмечено, например, в Нижегородской области преобладание в зимний период ветров южного направления, а по скорости – ветров юго-западного направления [1]. Эти обстоятельства предопределяют защиту зданий от охлаждения с южной стороны, отсюда же преимущественно должна осуществляться борьба со снегопереносами.

Максимальное количество солнечной радиации (прямой и рассеянной), для климатических условий, например, г. Йошкар-Ола (респ. Марий Эл) ($56^{\circ}15'7''$ с.ш.), на горизонтальную поверхность при безоблачном небе приходится на июль и составляет 875 МДж/м², на вертикальную же поверхность стены – в марте и апреле (а не летом) и составляет соответственно 673 и 638 МДж/м² [2]. При использовании тепла солнечной радиации допустимо применение всех типов пассивных солнечных систем и плоских коллекторов, включенных в саму структуру энергоэффективного здания.

Таким образом, наибольший потенциал использования солнечной энергии – с марта по сентябрь, а ветровой – в зимнее время. Кроме солнечной и ветровой энергии, перспективными для повышения энергоэффективности являются использование тепла верхних слоев земли, теплоизоляционных свойств грунта, утилизация отработанного тепла.

Все высказанные частные оценки по кругу горизонта отражены в «комплексную розу» для г. Нижний Новгород (рис. 1).

Учитывая некоторую схожесть климатических условий, вышеперечисленные положения будут применимы к большей части городов Среднего Поволжья.

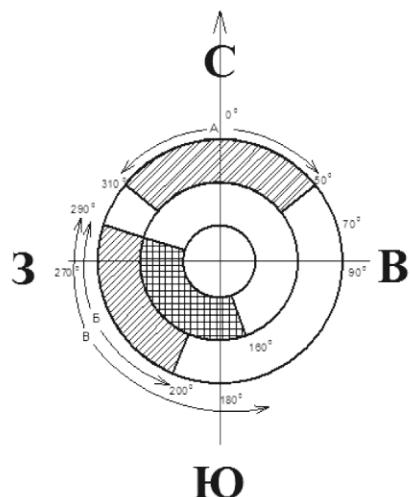


Рис. 1. Оценка горизонта по комплексу факторов (г. Нижний Новгород).

Сектор ограничения ориентации жилых помещений:

А – по условиям инсоляции; Б – нежелательный по условиям перегрева;

В – нежелательный по условиям ветроохлаждения в зимний период

Разработанный типологический ряд ЭЖЗ малой и средней этажности строится на первом этапе на основе деления по характеру связи с окружающей средой (рис. 2), далее – в зависимости от различных способов реализации принципа теплового зонирования, расположения буферных зон и теплового ядра.

СРЕДНЕМАЛОЙ И СРЕДНЕЙ ЭТАЖНОСТИ	ЖИЛЫЕ ДОМА СО ВХОДАМИ В КВАРТИРЫ С ТЕРРИТОРИИ	УСАДЕБНОЕ ГОРОДСКОЕ ЖИЛИЩЕ	ТРАДИЦИОННАЯ ФОРМА
			НАПРАВЛЕННАЯ ФОРМА
			НА РЕЛЬФЕ
		БЛОКИРОВАННОЕ ГОРОДСКОЕ ЖИЛИЩЕ	ОДНОРЯДНАЯ БЛОКИРОВКА
			ДВУХРЯДНАЯ БЛОКИРОВКА
			НА РЕЛЬФЕ
	ЖИЛЫЕ ДОМА СО ВХОДАМИ В КВАРТИРЫ ЧЕРЕЗ ОБЩИЕ КОММУНИКАЦИИ	АТРИУМНЫЙ	
		СЕКЦИОННЫЙ	ТОЧЕЧНЫЙ (ОДНОСЕКЦИОННЫЙ)
			ЛИНЕЙНЫЙ (МНОГОСЕКЦИОННЫЙ)
			МЕРИДИОНАЛЬНЫЙ ШИРОТНЫЙ

Рис. 2. Типология ЭЖЗ малой и средней этажности

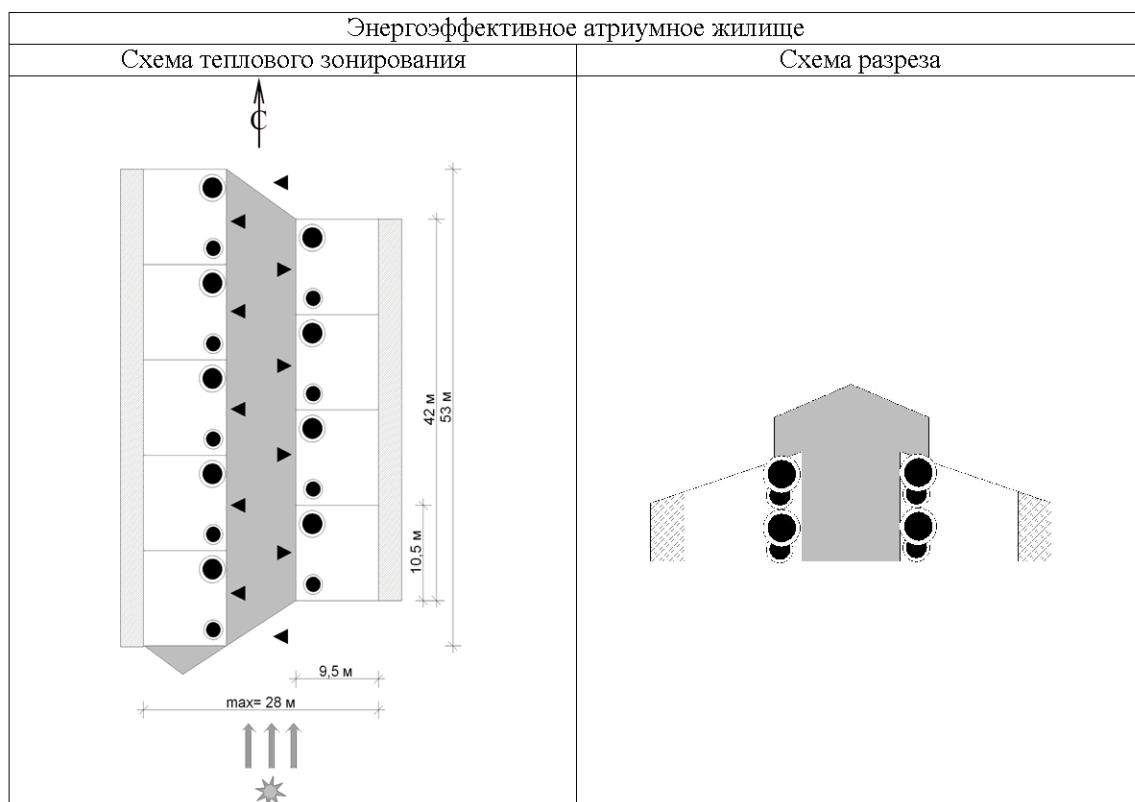
Принцип определения общей архитектурно-планировочной концепции энергоэффективного здания подразумевает осуществление мероприятий, повышающих тепловую эффективность здания и связанных с выбором типа жилого здания. В этом случае возникает необходимость реализации при проектировании принципа теплового зонирования, который заключается в организации на пути следования теплового потока из внутренней зоны (теплового ядра) к наружной поверхности ряда зон с постепенным понижением требуемой в них температуры. Действием данного принципа обусловлено также формирование теплового ядра из помещений и элементов с повышенными тепловыделениями – кухни, ванной, печи, камина и т.д., а также применение в структуре здания буферных зон.

Многоквартирные жилые дома со входами в квартиры через общие коммуникации относятся ко второй группе. Типологией ЭЖЗ средней этажности предусматривается объединение квартир в жилых домах этой группы вокруг лестничных клеток (секционный жилой дом) и атриумов (атриумный жилой дом). Основные признаки данной группы – отсутствие индивидуальных приквартирных участков, средняя

этажность (3-5 этажей). В этом случае для отдыха и хозяйственных нужд проживающего в них населения предусматриваются дворовые площадки общественного пользования: хозяйственные, игровые, тихого отдыха и т.д.

Компактность застройки меридиональной ориентации значительно повысит устройство остекленного атриума между жилыми корпусами, в котором разместятся общие пешеходные коммуникации, небольшие палисадники, площадки для игр детей и отдыха. Оптимизация внутренней планировочной структуры атриумного жилого дома позволяет улучшить микроклимат жилых помещений и энергоэкономичность здания в целом за счет горизонтального (организация в планировке квартиры пространств, состоящих из кухонь и ванных комнат, ориентированных в сторону остекленного атриума – тепловые ядра и буферных пространств) и вертикального (организация внутренней буферной зоны – атриума и возможности размещения подземных буферных пространств – гаражей и автомобильных стоянок) теплового зонирования (табл. 1).

Таблица 1

Реализация принципа теплового зонирования в энергоэффективном атриумном жилище**Условные обозначения:**

	тепловое ядро дома		вход в жилую ячейку
	буферные зоны		положение Солнца и направление солнечного света
	остекленное пространство для пассивного накопления солнечной энергии		
	гелиоколлекторы		

Энергоэффективный секционный жилой дом реализуется в точечном (односекционном) и линейном (многосекционном) жилом доме.

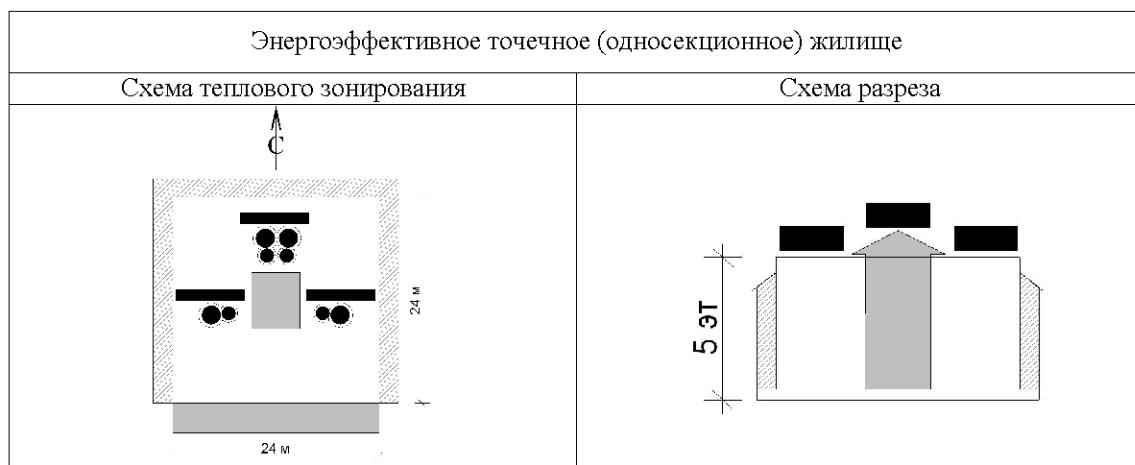
Применение точечных домов обуславливается градостроительной ситуацией: местом застройки (максимальное использование небольшого участка под застройку),

необходимостью создания акцентов в малоэтажной застройке и т.д. При этом целесообразно соблюдение следующих рекомендаций:

- уменьшение теплопотерь достигается созданием компактного (близкого к квадрату) планировочного решения с размерами в плане 24x24 м;
- целесообразно 5 этажей;
- верхнее освещение лестничной клетки;
- размещение кладовых при кухне способствует уширению корпуса;
- активное использование солнечной энергии с расположением гелиоколлекторов непосредственно над тепловым ядром в глубине корпуса;
- буферные зоны по периметру в виде веранд, а на юге – остекленные оранжереи (табл. 2).

Таблица 2

**Реализация принципа теплового зонирования
в энергоэффективном точечном (односекционном) жилище**



Условные обозначения аналогично табл. 1.

Линейные (многосекционные) жилые дома подразделяют в зависимости от ориентации на меридиональные и широтные. Все попытки увеличить ширину жилых домов, запроектировать в целях экономии энергоресурсов и увеличения подсобных помещений ширококорпусные дома дают несущественное увеличение ширины домов (до 16 м). Представленная автором типология линейных жилых домов предполагает радикальное расширение (до 21 м) корпуса за счет расположения лестниц в глубине корпуса с верхним освещением, что при средней этажности (до 5 этажей) не существенно повлияет на безопасность эвакуационных путей, и кухни в глубине корпуса с освещением через светоаэрационные шахты наряду со смежным расположением с общей комнатой. Уширению корпуса также способствует размещение в целях функционального комфорта кладовых, прилегающих к кухням.

В процессе совершенствования концепции жилого дома меридиональной ориентации с точки зрения энергоэффективности возникают два типа ЭЖЗ меридиональной ориентации:

тип А – ширина корпуса 18 м; лестница в глубине корпуса, освещенная верхним светом; максимальная протяженность корпуса – 115 м;

тип Б – ширина корпуса 21 м; лестница в глубине корпуса, освещенная верхним светом, кухни – в глубине корпуса с освещением через светоаэрационные шахты; максимальная протяженность корпуса – 115 м (табл. 3).

Для обоих типов характерно:

- применение максимальной этажности (5 эт);
- расположение теплового ядра в глубине корпуса, где сгруппированы кухни и ванные с возможностью установки системы использования вторичной энергии.

Таблица 3

**Реализация принципа теплового зонирования
в энергоэффективном линейном (многосекционном) жилище**

Линейное (многосекционное) энергоэффективное жилище		
Меридиональная ориентация		Широтная ориентация
Тип А	Тип Б	
		 Схема теплового зонирования широтной секции Схема комплановки жилого дома Схема разреза

Условные обозначения аналогично табл. 1

Дальнейшее совершенствование форм широтной ориентации возможно лишь при освещении кухонь через светоаэрационные шахты и размещении их в глубине корпуса, лестница, освещаемая естественным боковым освещением с обязательной ориентацией на север. В этих условиях жилые помещения расположатся по южному фронту здания, что будет способствовать повышению энергоэкономичности здания. Максимально возможная ширина корпуса с соблюдением приведенных выше рекомендаций – 18 м. Применение максимальной длины здания (160 м) увеличивает энергоэкономичность формы; высота в 3 этажа не дает превысить нормативные разрывы между зданиями и также способствует энергоэкономичности формы. Тепловое ядро – в глубине корпуса, где сконцентрированы кухни и ванные с возможностью установки системы использования вторичной энергии. Здания данного типа характеризуют широкие возможности использования солнечной энергии для инженерного обеспечения зданий (табл. 3).

Комфортность жилой ячейки ЭЖЗ обеспечивается за счет возможности зонирования квартир, увеличения их площадей, улучшения пропорций комнат с приближением их к соотношению глубины и ширины 1,4:1. Площадь кухни может приближаться к 12-14 м². К ней, как правило, примыкает кладовая. Кроме того, типологией ЭЖЗ предполагаются ванные комнаты улучшенных размеров с возможностью проведения занятий физкультурой или организации постирочной.

В процессе рассмотрения типологии ЭЖЗ малой и средней этажности назревают следующие выводы, имеющие ценность в рамках практического использования в процессе архитектурной деятельности:

- все приведенные типы ЭЖЗ малой и средней этажности соответствуют требованиям энергоэффективности (экономичности, экологичности, комфорта);
- ЭЖЗ усадебного типа имеет преимущество использования для полноценной жизни, деятельности и свободы человека, как физической, так и духовной;
- при необходимости повышения плотности застройки целесообразно блокирование элементов застройки (до 5 блок-квартир, секций);
- жилые образования меридиональной ориентации характеризуются двухрядной блокировкой (ограничение инфильтрации), ограниченной ориентацией, возможностью обеспечения требуемой компактности (широкого корпуса) без ухудшения санитарно-гигиенических условий;
- жилые образования широтной ориентации характеризуются однорядной блокировкой, что обеспечивает требуемую компактность (широкий корпус) только за счет ухудшения санитарно-гигиенических условий (размещение лестниц с верхним освещением и кухонь с освещением через светоаэрационные шахты в глубине корпуса), максимальной этажностью в 3 этажа; широким использованием активных систем утилизации солнечной энергии и вторичной энергии, неограниченной ориентацией.

В целом, факторами, обуславливающими выбор типа ЭЖЗ малой и средней этажности, выступают:

- характер и конфигурация участка под застройку;
- необходимость обеспечения требуемой плотности застройки;
- место в системе городских ансамблей;
- желание заказчика.

Список литературы

1. ТСН 23-301-97 (ТСН 31-301-96 НН). Строительная климатология для пунктов Нижегородской области. – Нижний Новгород, 1997.
2. СНиП 23-01-99. Строительная климатология. Госстрой России, ФГУП ЦПП, 2000.
3. Смирнова С.Н. Принципы формирования архитектурных решений энергоэффективных жилых зданий. // Автореферат дис. канд. арх. – Нижний Новгород, 2009. – 25 с.

Smirnova S.N. – candidate of architecture, associate professor
E-mail: smirnovskie_ns@mail.ru

The Volga State University of Technology

The organization address: 420000, Russia, Ioshkar-Ola, Lenin st., 3

Typology of mid-rise energy efficient residential buildings for the climatic conditions of the Middle Volga

Resume

The article under the title «Typology of mid-rise energy efficient residential building» deals with form building questions which are of current important in architecture – energy efficient residential building (EERB). Typology of low and middle number of storeys EERB is

formed with regard to climatic conditions of Middle Volga. Typological division is performed in the first stage depending on the nature of the relationship with the environment, then - according to the different ways of implementing the principle of thermal zoning, the location of the buffer zones and heat core. Estimation of potential use of renewable energy sources is produced. Particular attention is given to a typology of middle number of storeys EERB – houses with the entrances to the apartment through the public communication. The atrium and sectional homes is described more detail. Energy-efficient sectional house is implemented in point (one unit), and linear (multisection) apartment building. Last one is divided according to the orientation in the meridional and latitudinal. The recommendations to improve their energy efficiency are given. Finally, conclusions are given. The factors determining the choice of type of law and mid-rise EERB is formulated.

Key words: energy efficient residential building, thermal zoning, typology, atrium house, sectional house.

References

1. TSN 23-301-97 (TSN 31-301-96 NN). Building climatology points to the Nizhny Novgorod region. – Nizhny Novgorod, 1997.
2. SNiP 23-01-99. Building climatology. – Gosstroy Rossii, FGUP TSPP, 2000.
3. Smirnova S.N. Principles of formation of energy efficient architectural design of residential buildings. // The master's thesis author's abstract on competition of degree of a Cand. of Arch. – Nizhny Novgorod, 2009. – 25 p.



УДК 711.58; 316.4

Хегай И.В. – аспирант

E-mail: khegay@list.ru

Московский архитектурный институт (Государственная академия)

Адрес организации: 107031, Россия, г. Москва, ул. Рождественка, д. 11

Организация районов социально-интегрированной застройки. Зарубежные примеры

Аннотация

Статья посвящена проблеме организации социально-интегрированной застройки для создания благоприятной, устойчивой среды проживания людей с разным уровнем дохода. В последние годы разрыв между доходами и ценами на жилье продолжает увеличиваться во всем мире, делая жилье все менее доступным. Наличие сектора социального жилья является важным фактором в экономической производительности и имеет решающее значение для обеспечения сплоченности общества.

Решения жилищных проблем в отдельных европейских странах, основанных на конкретных социально-экономических и демографических ситуациях, политических, административных и правовых факторах, позволили выявить архитектурные и градостроительные рекомендации для развития социально-интегрированных жилых районов.

Ключевые слова: социальное жилье, социально-интегрированный, жилой район, смешанный район, устойчивое сообщество.

Введение

Понятие социального жилья трудно определить точно, так как его значение меняется в некоторой степени в каждой из стран. В этой статье социальное жилье в целом относится к жилью социального найма.

Социальное жилье исторически было ключевым элементом так называемой «европейской социальной модели», разработанной для поддержания и процветания сплоченного общества. Жилищное строительство как один из основных параметров измерения индивидуального благополучия является фундаментальной частью борьбы за сбалансированный экономический рост и социальное благосостояние. Тем не менее, существует широко распространенное опасение о кризисе социальной сплоченности в большей части развитого мира.

Существуют различия в национальных законодательствах разных европейских стран, однако сходства между законами в разных странах служат достаточными основаниями для статистического сравнения.

1. Предоставление жилья

В большинстве европейских стран потребность в жилье всех типов растет. Существует, следовательно, потребность в увеличении строительства как жилья в целом, так и социального жилья в частности. Выполнение этих требований часто связано с использованием государственного сектора земли.

2. Сегрегация

Масштабы проблемы меняются, но все страны сообщают о существующих концентрациях опасных групп на отдельных участках, и все рассматривают эту проблему в качестве растущей, связанной с социальной сплоченностью и часто иммиграцией. Эта ситуация усугубляется беспокойством по поводу того, что степень преступности и антиобщественного поведения сосредоточена на социальных участках.

3. Владение и смешенное пользование

Особое внимание должно быть направлено на смешанные общинны, с расширением доступа к услугам и рабочим местам. Механизмы для достижения этой цели часто сопряжены с реструктуризацией использования земель для увеличения их финансирования. Такой подход, пожалуй, наиболее развит в Англии, но проявляется все больший интерес и во всей остальной Европе.

4. Особые потребности

Необходимость предоставления услуг, связанных с жильем для пожилых людей, а также для уязвимых групп населения имеет все большее значение. Однако многие из традиционных застройщиков не могут предоставить хорошие варианты для удовлетворения этих целей. Предусматривается сотрудничество со специалистами заинтересованных сторон, такой подход хорошо развит во Франции.

5. Расширение роли социального жилья

Растущая обеспокоенность по поводу управления соседствами и необходимость крупномасштабных регенераций оказывает давление на социальное жилье и частных разработчиков для расширения своей роли и опыта, а также для обеспечения широкого спектра услуг по укреплению социальной сплоченности.

6. Финансирование

Большинство схем инвестирования связаны либо с использованием существующих средств от продажи имущества на рынке, либо от механизма, в котором стоимость земли может быть использована для развития перекрестного субсидирования.

Франция

Во Франции после Второй мировой войны фонд социального арендного жилья находился в плохом состоянии. В начале 1950-х годов французское правительство приняло решение о переходе к частной практике строительства социального жилья, были объявлены конкурсы с целью запуска экспериментального проекта в области массового жилищного строительства. Первый этап – строительство около 2 миллионов единиц социального жилья, которые образовали по всей территории Франции около 198 зон, так называемые кварталы «Grands Ensembles»¹. Эти районы были социально-смешанными: инженерно-технические работники, преподаватели, учителя, рабочие, но затем в кварталах стали вселяться мигранты, находящиеся в трудном финансовом положении. Последствия такого изменения социального состава проявились в разрастании сектора теневой экономики, в том числе торговле наркотиками, что существенно отразилось на среднем уровне успеваемости учащихся в школах, произошел острый социальный разрыв. Доходило даже до того, что адрес проживания стал являться препятствием для приема на работу, на учебу и в целом ограничивал доступ к культуре. В 2003 году был принят закон об обновлении городской среды, началась Национальная программа обновления городских кварталов. Основной целью этого глобального проекта является попытка реинтегрировать это городское пространство, эти кварталы, которые оказались изолированными от основной части города, в городскую ткань. В ходе реализации проекта необходимо было провести ревизию жилья и определить «недостойное», передать или сдать жилье в аренду, чтобы навести порядок в местной экономике кварталов, обновить энергетическую систему, чтобы уменьшить энергопотребление в жилищном секторе и вернуться к утраченной социальной смешанности.

Квартал социального жилья Бальзак (Balzac) расположен в городе Ла-Курнёв среди индивидуальных домов, что создает разрыв между двумя сообществами: теми, кто живет в личных домах, и теми, кто живут в социальных домах, построенных в 1960-е годы. Проект реорганизации заключается в ведении новой системы, вписанной в существующую структуру. Планируется реструктуризация общего пространства, замена большого масштаба меньшим, интеграция социального и коммерческого жилья и снижение плотности застройки. Также важной задачей становится изменение социальной структуры жителей и привлечение людей из других районов.

¹ Из стенограммы публичной дискуссии с французским архитектором Домиником Дрюеном (Dominique Druenne). URL: <http://polit.ru/article/2012/08/14/druenne/>.



Рис. 1. Бальзак, Ла-Курнёв

Англия

Этвуд Грин (Attwood Green) расположен к югу от центра города Бирмингем (Birmingham) (рис. 1). Территория, почти полностью находившаяся в собственности государства, почти вся была равномерно застроена жильем. На территории также размещались три местных торговых центра, оздоровительный центр и три школы. Большая часть людей получала государственные субсидии, владельцев частных автомобилей почти не было и около 65 % детей имели право на получение бесплатного питания в школах.

В декабре 1997 года Совет представил заявку на обновление жилого фонда, которое предполагало передачу земли зарегистрированному социальному домовладельцу (RSL – Registered Social Landlord). В основе стратегии развития лежало увеличение плотности застройки, строительство частного жилья, чтобы сбалансировать уже имеющийся высокий уровень социального жилья (более 80 %). Департамент жилищно-коммунального хозяйства провел технико-экономическое обоснование необходимости возведения, по крайней мере, 1200 единиц жилья в этом районе. Имеющееся жилье надлежащего качества будет сохранено и отреставрировано, а ветхое – снесено.

Основным направлением реконструкции явилась недвижимость бывшей территории Ли Бэнк (Lee Bank), которая теперь называется Центральным парком (Park Central). Архитекторам из TM2 (Гарднер Стюарт) было поручено подготовить новый генеральный план. Из предлагаемых семи стадий строительства, первые три завершенных имеют среднюю плотность 155 единиц жилья на гектар. На 24 гектарах Центрального парка располагаются:

- 14 коммерческих единиц недвижимости, два супермаркета, один отель и многофункциональный общинный центр;
- 1596 одно-, двух- и трехкомнатных частных квартир, 622 с парковками;
- 78 доступных квартир, 31 с парковками;
- 250 домов социального найма с придомовыми участками;
- 77 двух-, трех- и четырехкомнатных частных дома;
- 147 доступных домов;
- 8 единиц жилья для работы и жилья.

Этвуд Грин – район смешанной застройки с точки зрения использования и видов собственности. Большая часть лучшего по качеству жилья имеет вид на основные дороги и новый ландшафтный парк в центре района. Этвуд Грин был победителем премии Вице-премьер-министра Англии Устойчивые Сообщества (the Deputy Prime Minister's Award for Sustainable Communities) в 2005 году.

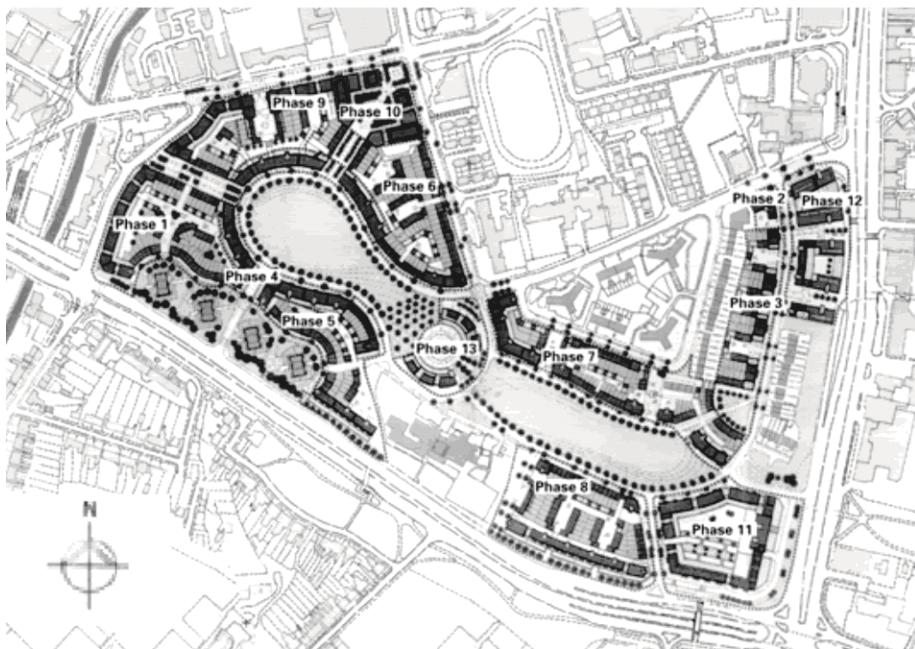


Рис. 2. Этвуд Грин, Бирмингем

Территория Катерам Виладж (Caterham Village), расположенная в 20 милях к югу от Лондона, в конце 19 века была разработана под армейские казармы (рис. 2). Две трети из 57 акров были признаны заповедниками в 1996 году, и территория была выкуплена у Министерства обороны в 1997 году. Команда Джона Томпсона (John Thompson and Partners) в январе 1998 года была приглашена для подготовки генерального плана этого участка. Утвержденная структура планирования была представлена в июне 1999 года. Строительство планировалось в 6 этапов с завершением программы в 2006 году.

57 акров было выкуплено для реализации проекта, который предполагал в основном территории занятости и отдыха и лишь небольшое количество жилья. Проектировщики приняли решение обратиться к общественности с целью привлечения в более полной мере к процессу принятия решений.

Генеральный план участка имел две основные цели: во-первых, применение принципов поселка городского типа для создания сбалансированного сообщества смешанного использования. Во-вторых, привитие чувства места, по средствам высокого качества дизайна, стимуляции организации нового бизнеса, предоставления дешевого жилья и социальных объектов, сохранения исторических зданий и культурного наследия. Эта схема была в значительной степени завершена в 2003 году. Участок состоит в общей сложности из 366 единиц жилья (70 % которых двух- и трехкомнатные), а также 24 квартир гостиничного типа для престарелых и инвалидов и 60 единиц преобразованных исходных домов. Всего 102 единицы доступного жилья, что составляет 27,5 % от общего числа:

- 75 квартир и домов социального найма;
- 19 квартир арендных;
- 8 единиц жилья для одиночного временного пребывания;
- дом для престарелых на 60 коек;
- одна ячейка для пяти инвалидов.

Многие оригинальные здания, впервые примененные в этом районе, были использованы повторно. Территория Катерам Виладж имеет развитую инфраструктуру: открытые пространства, старые деревья и обширные зеленые участки, супермаркет Теско, дом престарелых, площадка для крикета, оздоровительный клуб, скейт-парк, ветеринарные клиники, небольшой бизнес-центр, рестораны и центры искусств, территория для спорта и отдыха.

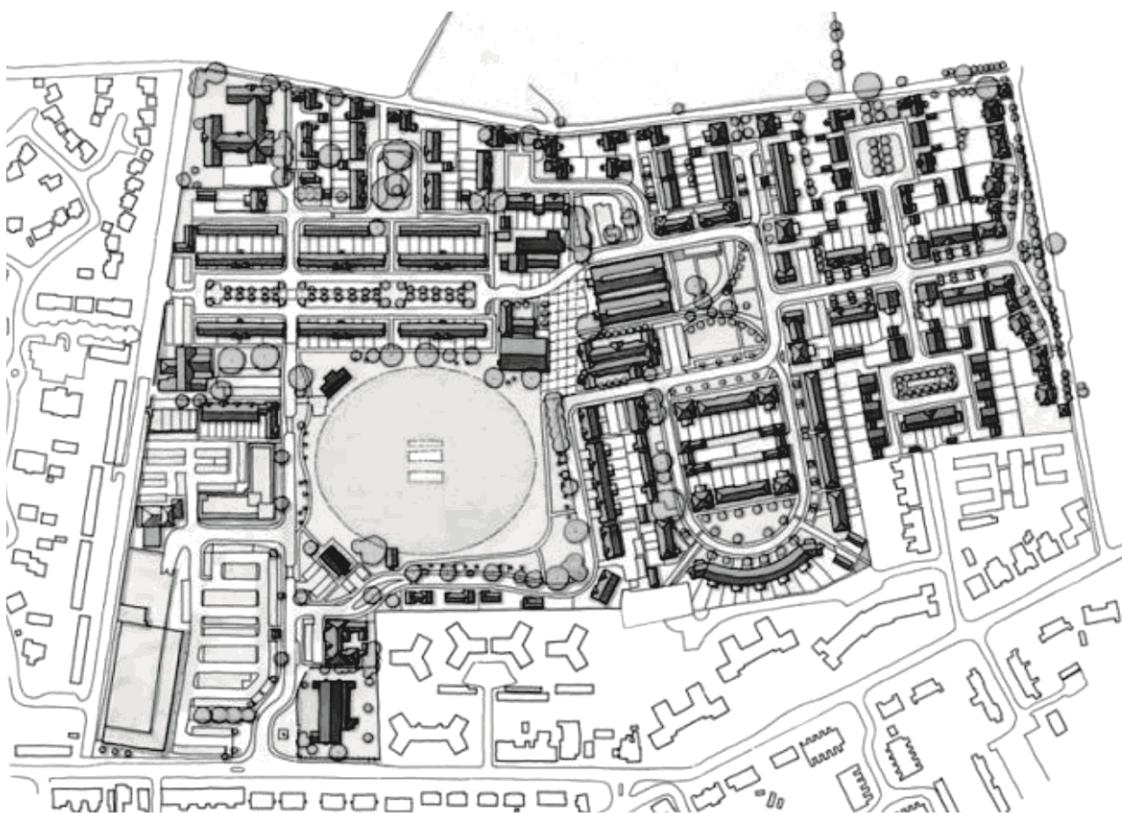


Рис. 3. Катерам Виладж, Суррей

Расположенный в лондонском районе Барнет (Barnet), Грэм Парк (Grahame Park) был первоначально разработан в 1910 году как аэродром и авиа завод. Первое жилье было построено в 1968 году. На территории около 18 га располагалось более 1777 построек, из которых 1365 являлись собственностью совета и 412 находились в частной собственности.

Грэм Парк является частью крупной программы реконструкции в области Колиндейл. Участок примыкает к территории больницы и центру столичной полиции, оба из которых подлежат реконструкции. Схема реконструкции района возникла в 1999 году, на территории предполагалось 2800 частных домов, 1176 единиц доступного жилья, из которых 16 % социального найма, 8 % долевой собственности.

В 2001 году архитектору Левитту Бернштейну (Levitt Bernstein) было поручено подготовить генеральный план с обеспечением имущественного смешения, так чтобы примерно одна треть была социального найма, а две трети находились в частной собственности.

Структура планирования была согласована в сентябре 2004 года, местные власти утвердили условия реставрации, и первый снос состоялся в 2005 году. Строительные работы будут продолжаться до 2015 года. Схема включает в себя следующие этапы:

- поэтапный снос 1300 домов и общественных зданий и строительство 3000 новых домов смешанных видов собственности;
- замена старых площадей на новые, с озеленением и торговыми зонами;
- реконструкция общественных объектов, включая библиотеку, общественный центр и детский сад.

Финансирование на реконструкцию Грэм Парка в первую очередь должно поступать из продажи более 2000 объектов. Ключевой особенностью разработки является то, что ни один правительственный грант не был получен, так что новое жилье должно быть построено на средства от частной продажи.

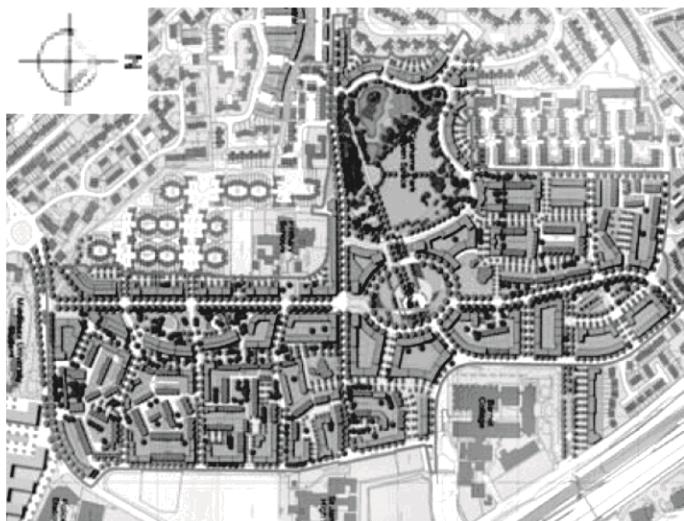


Рис. 4. Грем Парк, Барнет

Заключение

Грамотное пространственное планирование и архитектурное проектирование в значительной степени способствуют устойчивости социального жилья и имеют большое значение для успеха реализации жилищной политики. Строительство социального жилья не всегда, однако, разрабатывается в рамках общей стратегии городского планирования городов. Это может быть связано с определенной ролью, которую выполняет социальное жилье в конкретных странах. Особенно в странах, которые приватизировали большую часть своего бывшего государственного сектора, либо в которых еще не введены новые социальные жилищные программы и отсутствуют интегрированные процедуры управления.

Пространственное планирование в большей степени связано с социальным планированием, а те страны, которые ведут более успешную социальную жилищную политику (например, скандинавские страны, Австрия и Нидерланды), используют социальное жилье как способ укрепления социальной сплоченности путем включения в пространственное планирование больших площадей жилой застройки. Модель «компактного города» становится более распространенной, чтобы обеспечить лучшую основу для социальной устойчивости, создать автономные социально-смешанные городские общины, а также улучшить использование территории, качество общественной деятельности и услуг.

Не менее важна безопасность, она понимается как многомерное явление, которое поддерживает социальное взаимодействие и самоидентификацию. Правильный дизайн среды может побудить к личному контролю, избежать конфликтов между различными группами пользователей, а также уменьшить затраты на обслуживание. «Существует эмпирическое доказательство того, что контролируемый доступ к общим пространствам и объектам, а также визуальный контакт жителей – «сообщества глаз» – уменьшает засорения, антисоциальное поведение, повреждение имущества или кражи»².

Качество архитектуры и стандарты социального жилья также могут существенно влиять на интеграцию мигрантов. При проектировании социального жилья необходимо учитывать культурные различия и разные стили жизни. Опыт проектов жилищного строительства с акцентом на интеграцию указывает на важность применения различных приемов для идентификации и социального контроля жителей, как внутренней организации дома (например, внутренние световые колодцы с открытыми поэтажными галереями), так и всего района в целом (создания более мелких жилых ячеек).

Уровень социального жилья всегда будет отражать конкретные национальные условия, однако существует общее мнение среди экспертов, что социальные стандарты жилья должны соответствовать среднему качеству жилья в стране для того, чтобы

² Lawrence R.J. Putting the Immediate Environment on the Health – Housing Agenda, In WHO, Proceedings of the International Convention Casa e Salute, Forli, 2002. – P. 60-69.

избежать стигматизации и, следовательно, социальной сегрегации, а также, что социальное жилье должно быть размещено среди жилых зданий других типов³. Сегодня социальное жилье имеет высокое качество в странах Северной Европы, а в некоторых странах, таких как Дания, Нидерланды, Люксембург и Австрия, достигнет почти образцового стандарта⁴.

Социальное включение в жилых районах должно быть поддержано планировочным решением, предлагая удобные общиे внутренние и наружные пространства, и связи с городом⁵.

Список литературы

1. Bailey N., Haworth A., Manzi T. Creating and sustaining mixed income communities. University of Westminster, 2006. – 105 p.
2. Boelhouwer P., van der Heijden H. Housing Systems in Europe, Part 1: A Comparative Study of Housing Policy, Delft, Delft University Press, 1992. – 8 p.
3. CECODHAS European Social Housing Observatory, Social Housing in the EU: Time for Legal Certainty for Local Authorities, Social Housing Providers and Millions of European Households. Report to the European Commission. – Brussels, March, 2005. – 15 p.
4. Guidelines on social housing. Principles and examples, Economic commission for Europe, Geneva. – New York, 2006. – 101 p.
5. Healy J.D. Housing Conditions, Energy Efficiency, Affordability and Satisfaction with Housing: A Pan-European Analysis, Housing Studies, 18 (3), 2003. – 13 p.
6. Housing 2020 Future directions for affordable housing / Message from the Minister Australia // Department of Housing, October, 2009. – 11 p.
7. Jackson S. Elevating the everyday – social housing architecture – Brief Article // The Architectural Review, July, 2002. – 5 p.
8. Johnston C. Housing policy and social mix: an exploratory paper, January, 2002. – 10 p.
9. Langdon D. Cost model: Affordable housing // Building. – 2004 – Issue 06. – 5 p.
10. Lawrence R.J. Putting the Immediate Environment on the Health – Housing Agenda, In WHO, Proceedings of the International Convention Casa e Salute, Forli, 2002. – P. 60-69.
11. Lujanen M. The Role of Social Housing in Housing Policies, UNECE/CECODHAS Workshop on Social Housing, 2003. – 80 p.
12. Manzi T. Neighborhood Mix and the Holy Grail: Social Housing and Sustainable Communities in the UK – University of Westminster, 2007. – 7 p.
13. Oxley M. The Future of Social Housing Learning from Europe – Nottinsham, Nottinsham Trent University, June, 2000. – 67 p.
14. Silverman E., Lupton R., Fenton A. Mixed and Balanced Communities? Attracting and Retaining Families in Inner City Mixed Income Housing. Coventry: Chartered Institute of Housing and Joseph Rowntree Foundation, 2005. – 115 p.
15. Stephens M., Whitehead C., Munro M. Lessons from the Past, Challenges for the Future of Housing Policy. – London: Office of the Deputy Prime Minister, 2005. – 80 p.
16. Tunstall R., Fenton A. In the Mix: Mixed Income, Mixed Tenure, Mixed Communities: What Do We Know? A Review of the Evidence. – London: Housing Corporation, English Partnerships, Joseph Rowntree Foundation, 2006. – 93 p.
17. Vienna. The future of social housing is considered to be crucial: summary report // United Nations Economic Commission for Europe Committee on Human Settlements, 2005. – 85 p.
18. Whitehead C., Scanlon K. Social Housing in Europe. – LSE London, London School of Economics and Political Science, July, 2007. – 91 p.
19. Zitron J. The future of regulation of the affordable housing sector in England. – Chartered Institute of Housing, June, 2006. – 12 p.

³ Lujanen M. The Role of Social Housing in Housing Policies, UNECE/CECODHAS Workshop on Social Housing, 2003. – 12 p.

⁴ Healy J.D. Housing Conditions, Energy Efficiency, Affordability and Satisfaction with Housing: A Pan-European Analysis, Housing Studies, 18 (3), 2003. – 8 p.

⁵ Lawrence R.J. Putting the Immediate Environment on the Health – Housing Agenda, In WHO, Proceedings of the International Convention Casa e Salute, Forli, 2002. – P. 60-69.

Khegay I.V. – post-graduate student

E-mail: khegay@list.ru

Moscow Architectural Institute (State academy)

The organization address: 107031, Russia, Moscow, Rozhdestvenka st., 11

Organization of the social integrated development. Foreign examples

Resume

Demand pressures on housing in general – and on social housing in particular – are intense. Concerns have grown about the concentration of much social housing in particular disadvantaged areas, and about the low levels of economic activity amongst tenants. Strikingly, issues of polarisation and segregation are common, even between countries where the scales of social housing are very different.

Experience in the UK and France could be considered to address the most pressing issues, such as management of public housing, the provision of adequate shelter for all and mixing people with different levels of income.

Despite the fact that there are very considerable differences between the social rented sectors across Europe, there are similar trends and tensions. In the main, 'pure' social rented sectors are declining and varying forms of public-private partnerships are becoming more important. Improving and modifying the existing stock to meet rising aspirations, and to reduce concentrations of poor quality housing and deprived households are seen as priority issues in most countries. In much of the discussion about the growing need for affordable housing, especially for migrants and the most vulnerable.

Keywords: social housing, social integrated, residential area, mixed areas, sustainable community.



УДК 691.33

Гришин И.В. – аспирант

E-mail: il6357@yandex.ru

Каюмов Р.А. – доктор физико-математических наук, профессор

E-mail: kayumov@rambler.ru

Иванов Г.П. – кандидат технических наук, доцент

E-mail: ivanovGPI@mail.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

Экспериментальные исследования реологических свойств асфальтобетона при различных температурных условиях

Аннотация

В статье представлен анализ экспериментальных данных о ползучести асфальтобетона при сжатии в условиях переменных температур. На основе анализа было проведено описание ползучести с помощью теории упрочнения, что в дальнейшем позволит определить степень релаксации напряжений в асфальтобетонных покрытиях. Кроме того, был выполнен анализ результатов описания длительной прочности асфальтобетона, проведенный другими авторами, для возможности прогнозирования долговечности покрытий.

Ключевые слова: асфальтобетон, ползучесть, релаксация, старение асфальтобетона, длительная прочность.

Цель работы

Ранее в работах [1, 2] рассматривалось влияние перепада температур на напряженно-деформированное состояние (НДС) асфальтобетонных (АБ) покрытий металлических мостов с ортотропной плитой. В частности, в [1] был проведен анализ возникающих напряжений в упругой постановке. В действительности, учитывая длительность температурного нагружения и особенности АБ, напряжения в покрытии могут в значительной мере снижаться вследствие их релаксации, о чем указано также в [3, 4]. Данное явление приводит к необходимости описания процесса ползучести АБ в зависимости от температуры и действующих нагрузок. С другой стороны, вследствие длительности действия температурной нагрузки, правильнее рассматривать длительную прочность асфальтобетона, а не кратковременную, как это делается при расчетах покрытий дорог на автомобильную нагрузку. Кроме того, необходимо учитывать, что со временем из-за старения АБ ползучесть, а вместе с ней и релаксация, уменьшаются, что приводит к необходимости определения свойств старого АБ. Все это говорит о необходимости экспериментальных исследований ползучести АБ при различных температурных условиях.

Ползучесть нового асфальтобетона

С целью описания релаксации АБ было принято решение получить кривые ползучести при сжатии, при различных уровнях нагружения и температуры. Для испытания был принят АБ класса Б-І, из которого формировались стандартные образцы-цилиндры высотой 71,4 мм. Все составляющие материалы были проверены и соответствовали нормативным требованиям. Температурный режим образцов осуществлялся за счет окружающей среды, для чего образцы с зимнего по летний периоды испытывались на открытом воздухе. Поскольку температура наружного воздуха быстро меняется, то в подобных условиях можно говорить только о средних температурах в течение испытания. Нагружение образцов осуществлялось с помощью рычага (рис. 1), где точки А, В, С – места измерения деформаций с помощью индикаторов часового типа, с ценой деления 0,01 мм.

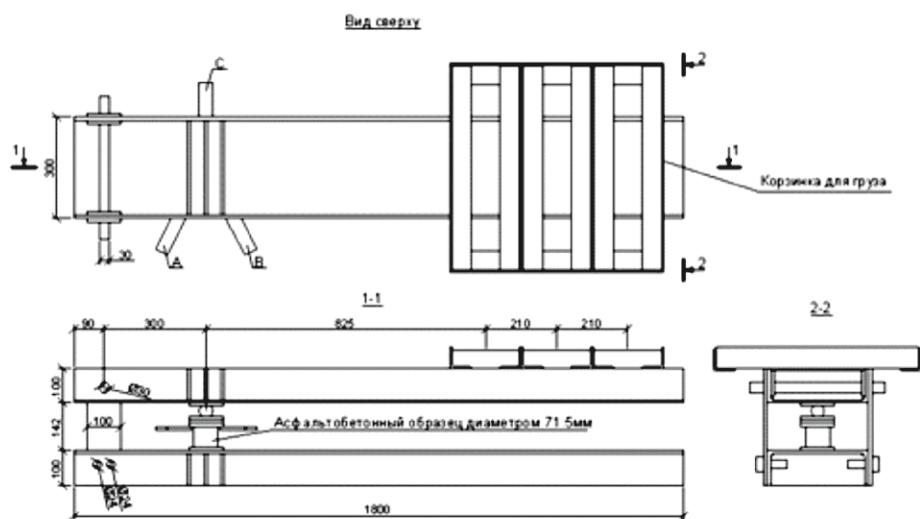


Рис. 1. Чертеж рычага

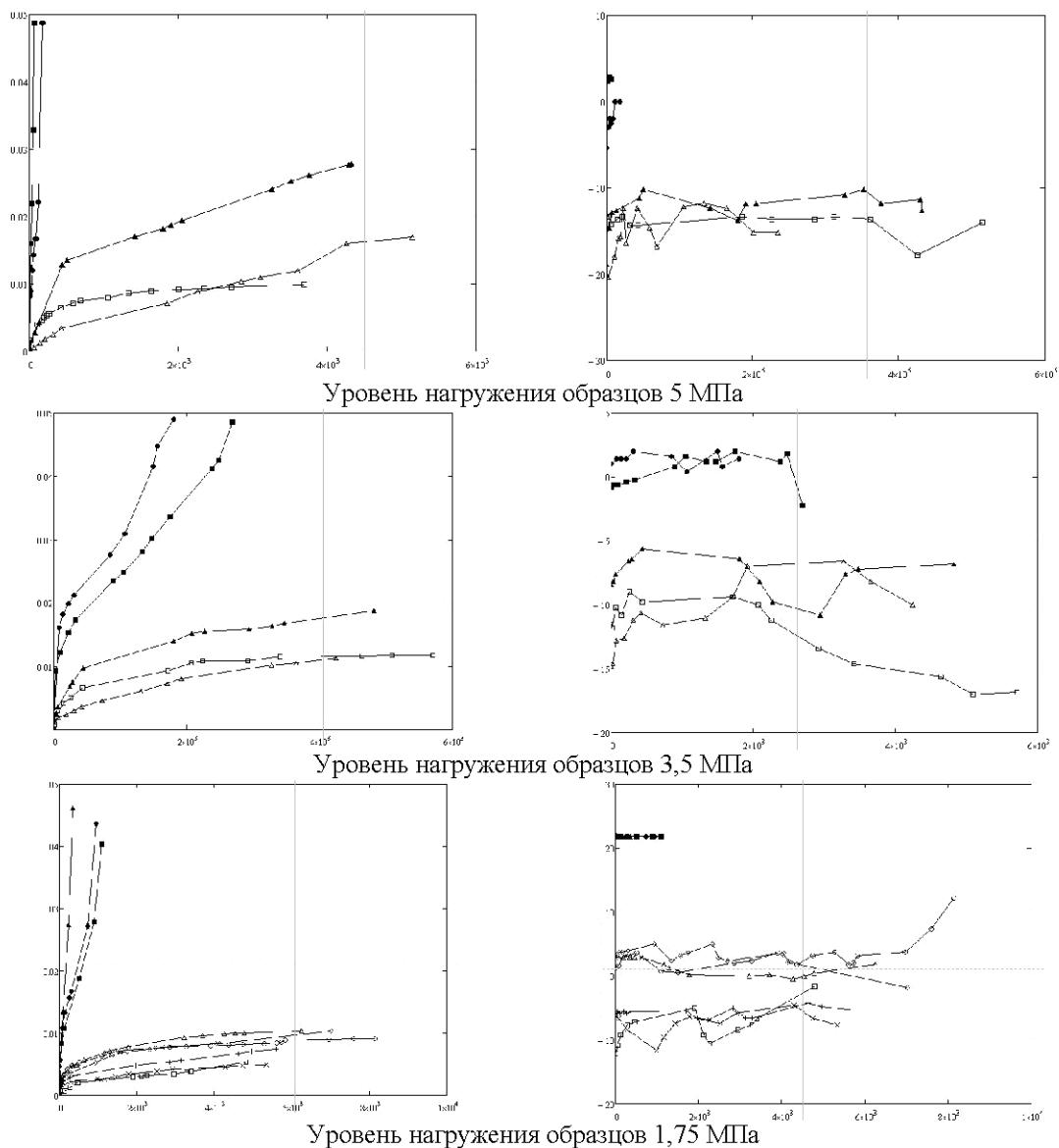


Рис. 2. Кривые ползучести и температуры

Для испытания были приняты следующие средние температуры: -15 °C, 0 °C, +20 °C, и следующие уровни нагрузжения: 5 МПа, 3,5 МПа, 1,75 МПа. При каждой температуре прикладывались все уровни нагрузжений. Результаты испытаний показаны на рис. 2, где время указано в секундах. При этом слева представлены графики относительных деформаций (ε), а справа графики температур (t). Соответствие между графиком температурного режима данного образца и графиком его деформаций устанавливается за счет одинаковых обозначений экспериментальных точек.

Для описания деформаций ползучести а/б была принята техническая теория упрочнения [3, 4] и соотношение вида:

$$\dot{\varepsilon}_{cr}(t) = \frac{\sigma^{k(T,\sigma)}}{1/(c(T) \cdot s^4(\sigma, T)) \cdot \varepsilon_{cr}^\alpha(t)}, \quad (1)$$

где $\varepsilon_{cr}(t)$ – относительные деформации ползучести;

σ – напряжение, МПа;

t – время, с;

T – температура, °C.

Коэффициенты $c(T)$, $k(T, \sigma)$, $s(\sigma, T)$, зависящие от температуры и напряжений, и α , принятый равным 3, подбираются так, чтобы наиболее точно описать опытные кривые. Интегрируя (1) в предположении, что напряжения постоянны во времени, получаем искомую функцию, описывающую деформацию ползучести:

$$\varepsilon_{cr}(t) = \sqrt[4]{4 \cdot c(T) \cdot \sigma^{k(T,\sigma)} \cdot t \cdot s(\sigma, T)} \quad (2)$$

В результате обработки экспериментальных данных, представленных на рис. 2, были получены необходимые коэффициенты, для различных уровней напряжений:

1) Для напряжений 0-1,75 МПа:

$$c(T) = 350 + 310 \cdot e^{-0,16T}, k(T) = -15,5 - 15,5 \cdot e^{-0,04T}, s(\sigma, T) = \frac{\sigma / 1,75}{71,2}.$$

2) Для напряжений 1,75-3,5 МПа:

$$c(T) = 350 + 310 \cdot e^{-0,16T}, k(T) = (-15,5 - 15,5 \cdot e^{-0,04T}) \cdot (1 - (\sigma - 1,75) \cdot 0,171), \\ s(\sigma, T) = \frac{1 + (\sigma - 1,75) \cdot 33,71}{71,2}.$$

3) Для напряжений 3,5-5 МПа:

$$c(T) = 350 + 310 \cdot e^{-0,16T}, k(T) = (-15,5 - 15,5 \cdot e^{-0,04T}) \cdot (0,7 - (\sigma - 3,5) \cdot 0,133), \\ s(\sigma, T) = \frac{60}{71,2}.$$

4) Для напряжений ≥ 5 МПа:

$$c(T) = 350 + 310 \cdot e^{-0,16T}, k(T) = (-15,5 - 15,5 \cdot e^{-0,04T}) \cdot (0,7 - (\sigma - 3,5) \cdot 0,133), \\ s(\sigma, T) = \frac{60}{71,2} (0,052 + 4,09 \cdot 10^{-3}T + 7,83 \cdot 10^{-5}T^2).$$

Результаты, показывающие сходимость экспериментальных результатов с полученными формулами, представлены на рис. 3. При этом, поскольку температура эксперимента переменна, для уравнения (2) принималось среднее значение температуры. Значения температур и уровней нагрузжения, для которых были построены графики, указаны под рисунками.

Ползучесть старого асфальтобетона

Об изменении свойств асфальтобетона при старении и причинах этого явления указано, например, в работах [5, 6]. В частности, показано, что способность к релаксации напряжений у АБ со временем падает. Задача прогнозирования работы АБ в периоды, последующие после его укладки в покрытие, приводит к необходимости рассмотрения свойств АБ, подвергавшегося эксплуатации в течение определенного срока. Для этого из участка дороги, проходящей по пл. Тысячелетия (возле казанского Кремля) в г. Казани, был взят фрагмент покрытия. Покрытие состояло из верхнего слоя мелкозернистого АБ класса Б, толщиной 0,05 м и нижнего выравнивающего слоя среднезернистого или крупнозернистого АБ толщиной в среднем 0,05 м.

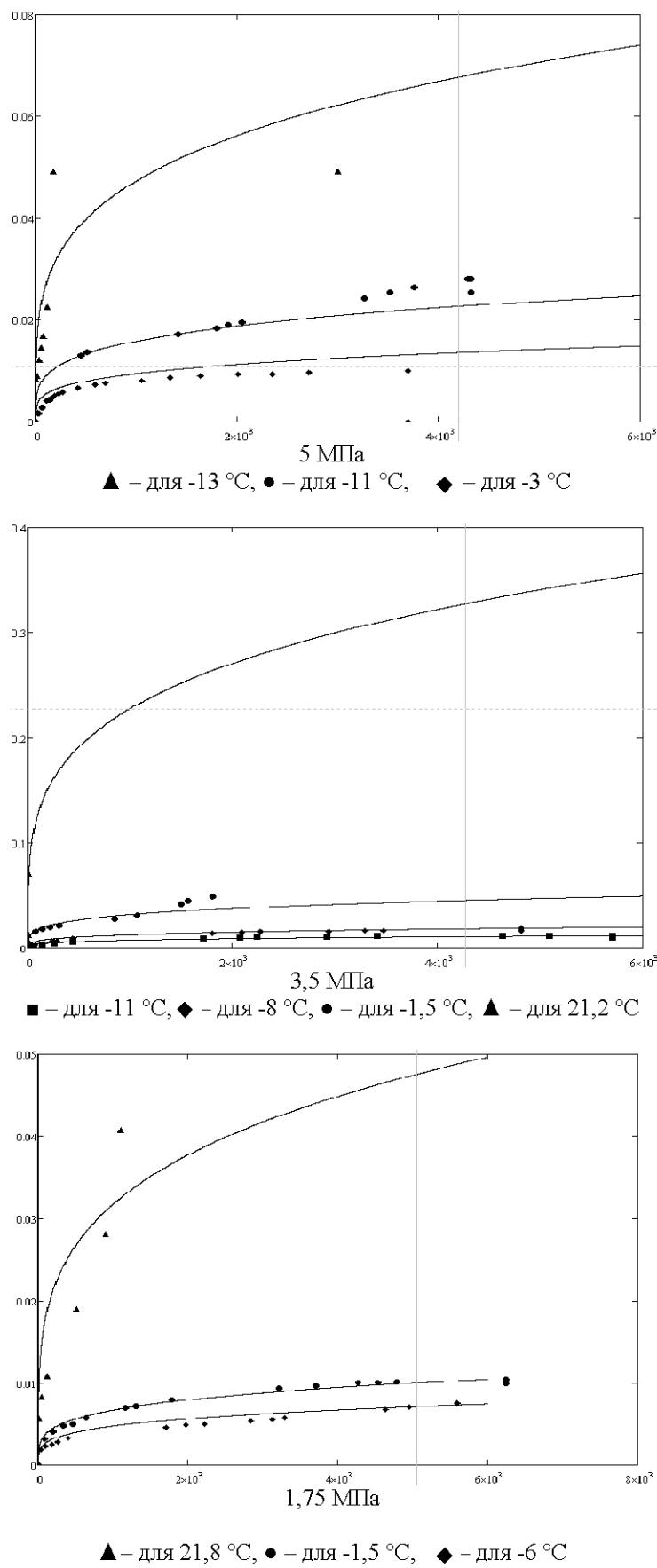


Рис. 3.

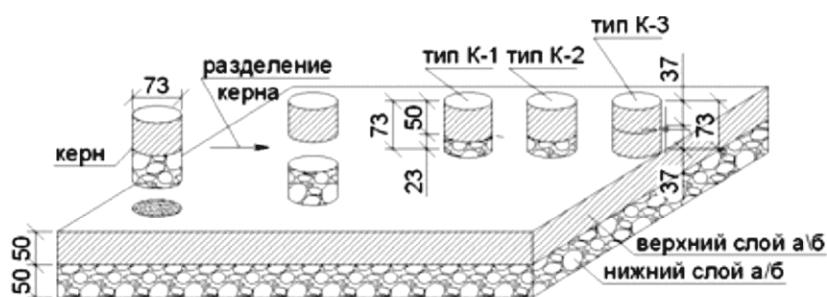


Рис. 4. Фрагмент покрытия дороги и типы образцов

Необходимо отметить, что обычная при определении характеристик старого АБ переформовка образцов не выполнялась. Это было сделано с целью сохранения микротрещин и повреждений, накопившихся в АБ в процессе его эксплуатации, т.к. при переформовке эти дефекты устраняются. Поэтому было принято решение взять керны из участка дороги с помощью установки алмазного бурения REMS Picus S1, с внутренним диаметром бура около 73 мм. Охлаждение осуществлялось за счет подачи воды при бурении.

Для сравнения кривых ползучести необходимо было получить образцы старого а/б с размерами, сходными с размерами стандартных образцов из нового а/б. Высоты слоя 0,05 м было недостаточно. Вследствие этого было принято решение получить необходимую толщину образца, склеивая его из двух заранее отделенных от керна верхних слоев. Всего рассматривались 3 типа образцов (рис. 4):

- Тип К-1 – образец, полученный из первоначального керна путем удаления его нижней части для придания ему высоты 73 мм.
- Тип К-2 – образец, полученный также, как и К-1, но два слоя искусственным путем разделялись, а затем склеивались.
- Тип К-3 – образец высотой 73 мм, полученный из двух склеенных верхних слоев одинаковой толщины.

Образцы К-1 и К-2 отличаются друг от друга только наличием клеевого шва и сделаны с целью определения степени его влияния на кривую ползучести. В качестве связующего материала для шва использовался резиновый клей 88 (в составе содержатся синтетические каучуки и смолы). Предполагалось, что клей обеспечит передачу касательных напряжений и при этом не внесет значительных изменений в картину ползучести, поскольку толщина клеевого слоя составляет всего несколько микрон. Для подтверждения этого было сделано по 5 образцов типа К-1 и К-2. К образцам прикладывалась нагрузка в 1.75 МПа при температуре 23 °C. Кривые ползучести показаны на рис. 5 со следующими обозначениями: - - - - - образцы К-2, ······ – образцы К-1. Установлено, что несмотря на то, что имеется разброс результатов испытаний, они являются характерными для образцов К-1 и К-2.

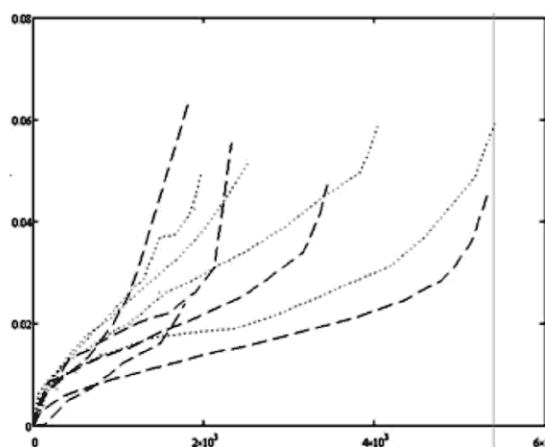


Рис. 5

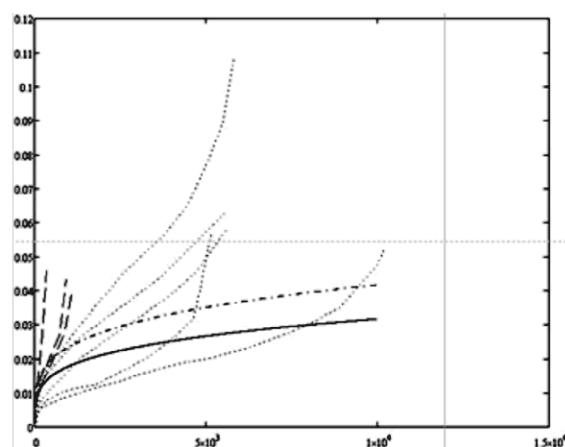


Рис. 6

Неравномерность показаний можно объяснить неравномерностью старения и сложностями, возникшими при центровке образцов, полученных из старого асфальтобетона, во время их нагружения, поскольку полученные образцы все же несколько отличаются от образцов, предусмотренных стандартами. Таким образом, можно принять, что kleевой шов практически не оказывает влияния на полученные результаты.

К образцам типа К-3 была приложена нагрузка 1,75 МПа при температуре 23 ± 1 °C. Результаты испытаний показаны на рис. 6, со следующими обозначениями: ····· – результаты для К-3, - - - - – результаты испытаний нового а/б, — среднее значение ползучести образцов К-3, описываемой с помощью (2) при 23 °C, - - - - – ползучесть, описываемая (2) для нового а/б при 23 °C. Из данных, приведённых на рис. 6, следует, что ползучесть старого а/б составляет 76 % ползучести нового. Поэтому при расчёте релаксации напряжений старого а/б следует это учитывать, например, вводя коэффициент старения $k_c = 0,76$ в уравнение (2).

Длительная прочность асфальтобетона

Как упоминалось выше, для описания температурного нагружения АБ покрытий необходимо использовать теорию длительной прочности. Описания результатов исследований длительной прочности АБ содержатся, в частности, в работах [7, 8, 9]. В упомянутых работах рассматривается в основном два вида уравнений. Первое – уравнение С.Н. Журкова, предложенное им для описания длительной прочности твердых тел и представляющее собой экспоненциальную зависимость долговечности и от температуры, и от напряжений:

$$\tau = \tau_0 \exp\left(\frac{u_0 - \gamma\sigma}{RT}\right), \quad (3)$$

где τ – долговечность материала, при действии постоянного напряжения σ , с;

T – температура, K;

R – универсальная газовая постоянная, $\frac{\text{кДж}}{\text{моль} \cdot \text{K}}$;

τ_0 – постоянная, соответствующая периоду колебания кинетических единиц ($\tau_0 = 10^{-12} \div 10^{-13}$ с);

u_0 – эффективная энергия активации процесса разрушения, $\frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$;

γ – структурный коэффициент, характеризующий резкость снижения энергии активации разрушения с увеличением напряжений, $\frac{\text{кДж}}{\text{моль} \cdot \text{МПа}}$.

Второе – уравнение Г.М. Бартенева, представляющее собой степенную зависимость долговечности от напряжений, и экспоненциальную от температуры:

$$\tau = C\sigma^{-B} \exp\left(\frac{u}{RT}\right), \quad (4)$$

где C – константа, зависящая от структуры асфальтобетона;

B – коэффициент, величина которого зависит от изменений битумных пленок при деформировании.

Поскольку описание ползучести проводилось на примере АБ класса Б-І, то для описания длительной прочности покрытия можно использовать данные из работы [8], где приведены результаты для АБ класса Б-І в интервале температур от 0 °C до -40 °C. Это позволит в дальнейшем прогнозировать изменение НДС покрытия в области отрицательных температур, являющихся наиболее опасными в отношении трещинообразования. По результатам [8] ползучесть в указанном температурном диапазоне описывается с удовлетворительной точностью уравнением (3), при коэффициентах, принимающих следующие значения: $R = 8,31 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кДж}}{\text{моль} \cdot \text{K}}$; $u_0 = 89,85 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$; $\gamma = 60,58 \cdot 10^{-1} \frac{\text{кДж}}{\text{моль} \cdot \text{МПа}}$; $\tau_0 = 10^{-13}$ с. Из уравнения (3) очевидно, что при уровне напряжений $\sigma = 14,8$ МПа долговечность не зависит от температуры. График долговечности в полулогарифмических координатах $\lg \tau \leftrightarrow \sigma$ при различных температурах показан на рис. 7.

Согласно [10] средняя прочность для а/б марки I и II на растяжение при расколе в климатических зонах I, II или III составляет 4,5 МПа при 0 °C. Из рис. 7 и уравнения (3) можно

видеть, что при указанном напряжении долговечность материала будет составлять около 0,1 с, т.е. разрушение произойдет практически мгновенно. Данное сравнение показывает, что результаты исследований а/б класса Б-І в работе [8] можно считать соответствующими нормативным значениям условно мгновенной прочности а/б того же класса.

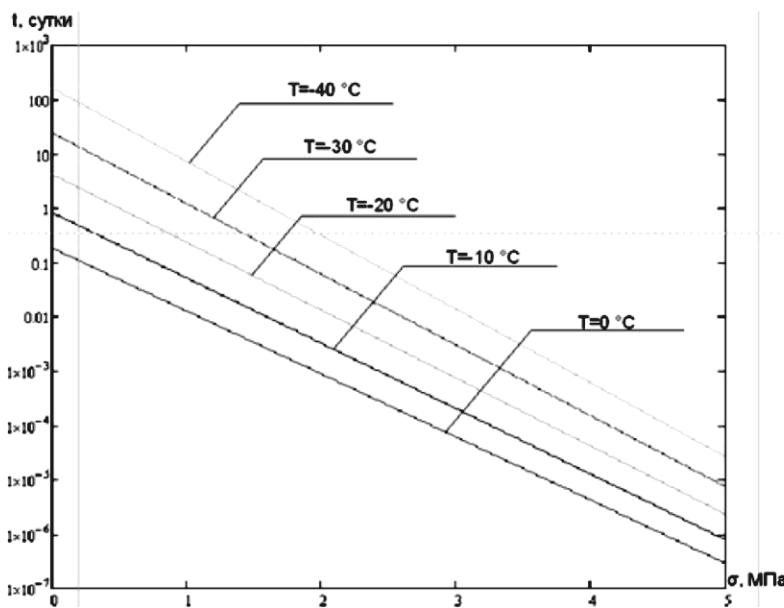


Рис. 7.

Так как уравнение (3) описывает долговечность твердого тела, то оно обычно применяется для АБ при температурах ниже 0°C или при температурах ниже температуры стеклования АБ. При положительных температурах более точно долговечность описывает уравнение (4), как показано в [7]. Однако, исходя из того, что появление трещин ожидается в области отрицательных температур, а при положительных температурах больших значений достигает степень релаксации напряжений, можно считать точность описания долговечности АБ при положительных температурах менее важной. Кроме того, в работе [7] был проведен анализ долговечности песчаного АБ в интервале температур от -15°C до $+50^\circ\text{C}$, в результате чего было получено уравнение, описывающее долговечность, имеющее следующий вид:

$$\tau = 5,9 \cdot 10^{-29} \cdot \sigma^{-(1,8+0,2\sigma)} \exp\left(\frac{43,2}{RT}\right). \quad (5)$$

В уравнении (5) напряжения σ принимаются в $\frac{\text{кг}}{\text{см}^2}$, а долговечность получается в секундах. Из того, что долговечность описывается одним уравнением (5), и из рис. 8, где показан закон изменения долговечности при изменении температуры, при различных постоянных напряжениях, можно видеть, что при переходе через 0°C закон изменения долговечности в зависимости от температуры не меняется. С учетом отсутствия других экспериментальных данных это дает основание экстраполировать результаты для описания долговечности АБ, полученные в [8], на область положительных температур, где точность её описания не так важна.

Выводы:

- Для описания ползучести а/б можно использовать теорию упрочнения, имеющую то преимущество перед наследственной теорией ползучести, что зависимость деформаций от напряжений и температуры выражается в явном виде.
- За семилетний период эксплуатации способность исследованного а/б к деформациям ползучести снизилась на 24 %, соответственно этому уменьшился и способность к релаксации напряжений.

3. В первом приближении для всего интервала температур, воздействию которых подвергается покрытие моста, при описании длительной прочности а/б можно использовать уравнение Журкова, с коэффициентами, определенными в [8].

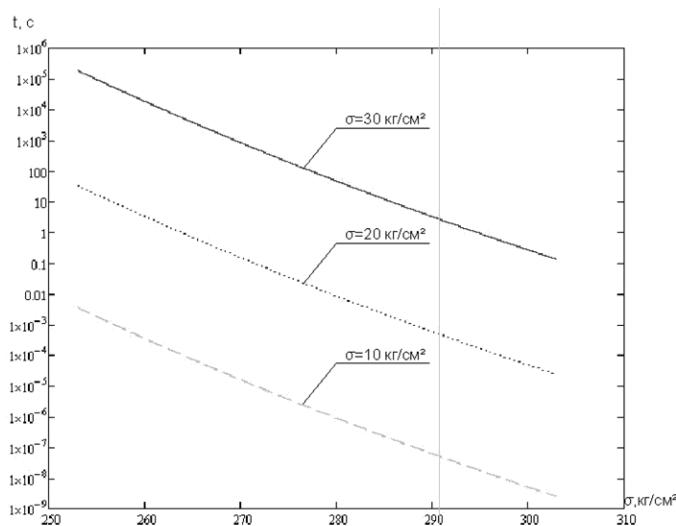


Рис. 8.

Список литературы

- Гришин И.В., Каюмов Р.А., Иванов Г.П. К расчету покрытий металлических мостов с ортотропной плитой на температурные воздействия // Известия КГАСУ, 2011, № 3 (17). – С. 171-178.
- Гришин И.В., Каюмов Р.А., Иванов Г.П. К определению температурного поля в покрытии металлического моста с ортотропной плитой // Известия КГАСУ, 2012, № 3 (21). – С. 156-166.
- Малинин Н.Н. Прикладная теория пластичности. – М.: Машиностроение, 1975. – 400 с.
- Работнов Ю.Н. Ползучесть элементов конструкций. – М.: Наука, 1966. – 752 с.
- Гезенцвей А.Б. Асфальтовый бетон. – М.: Стройиздат, 1964. – 448 с.
- Колбановская А.С., Михайлов В.В. Дорожные битумы. – М.: Транспорт, 1973. – 260 с.
- Кирюхин Г.Н. К вопросу долговременной прочности асфальтобетона // Труды СОЮЗДОРНИИ, Вып. 113. – М., 1979. – С. 31-38.
- Никольский Ю.Е., Писклин В.М., Шестаков В.Н. О долговременной прочности асфальтобетона в интервале температур от 233 до 273 К // Повышение эффективности применения цементных и асфальтовых бетонов в Сибири: межвуз. сб. – Омск: Изд-во СибАДИ, 1979. – С. 10-17.
- Ярцев В.П., Киселева А.О. Прогнозирование поведения строительных материалов при неблагоприятных условиях эксплуатации. – Тамбов: Изд-во ТГТУ, 2009. – 124 с.
- ГОСТ 9128-97. Смеси асфальтобетонные дорожные, аэродромные и асфальтобетон. – М., 1991. – 15 с.

Grishyn I.V. – post-graduate student
E-mail: il6357@yandex.ru

Kayumov R.A. – doctor of physic-mathematical sciences, professor
E-mail: kayumov@rambler.ru

Ivanov G.P. – candidate of technical sciences, associate professor
E-mail: ivanovGPI@mail.ru

Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Experimental research of asphaltic concrete rheological properties at different temperatures

Resume

This paper, that is a part of a bigger research of temperature influence on the asphaltic bridge pavement stressed state and cracking, represents a research of asphaltic concrete creep and creep rapture strength. This caused by a long term acting of a temperature stresses, appearing in asphaltic concrete pavements. The study of creep was issued by executing experiment, where asphalt specimens were subjected to constant compression stress at different temperatures, and by description of obtained creep curves by equations of so called strengthening theory. Also material ageing was counted by comparing creep curves of new and aged asphalt. Further these equations will allow to consider stress relaxation in pavements. Creep rapture strength was observed based on the results of other authors. Accordingly to this observation a well known Zhurkov equation was selected for the accepted class of asphaltic concrete. Next creep and creep rapture strength equations have to be applied to some engineering model of asphaltic concrete pavement.

Keywords: asphaltic concrete, creep, relaxation, ageing, creep rapture strength.

References

1. Grishyn I.V., Kayumov R.A., Ivanov G.P. About stressed state computation of steel bridge asphaltic pavement laid on orthotropic slab // News of the KSUAE, 2011, № 3 (17). – P. 171-178.
2. Grishyn I.V., Kayumov R.A., Ivanov G.P. About definition of temperature field in pavement of steel bridge with orthotropic slab // News of the KSUAE, 2011, № 3 (21). – P. 156-166.
3. Malinin N.N. Applied theory of plasticity. – M.: Mashinostroeniye, 1975. – 400 p.
4. Rabotnov Y.N. Creep of construction elements. – M.: Nauka, 1966. – 752 p.
5. Gezencvey L.B. Asphaltic concrete. – M.: Stroyizdat, 1964. – 448 p.
6. Kolbanovskaya A.S., Michaylov V.V. Road bitumens. – M.: Transport, 1973. – 260 p.
7. Kiryuchin G.N. About asphaltic concrete creep rapture strength // Trudi SOYUZDORNII, Vol. 113. – M., 1979. – P. 31-38.
8. Nickolskiy Y.E., Pisklin V.M., Shestakov V.N. About asphaltic concrete creep rapture strength in temperature interval from 233 to 273 K // Increasing of cement and asphaltic concrete using effectiveness in Siberia: interun. col. – Omsk: SibADI, 1979. – P. 10-17.
9. Yarcev V.P., Kiseleva A.O. Prediction of construction materials behavior under severe exploitation conditions. – Tambov: TGTU, 2009. – 124 p.
10. GOST 9128-97. Asphaltic concrete mixtures for roads and aerodromes and asphaltic concrete. – M., 1991. – 15 p.

УДК 624.011.

Кузнецов И.Л. – доктор технических наук, профессор

E-mail: kuz377@mail.ru

Гимранов Л.Р. – кандидат технических наук, ассистент

E-mail: leenur@mail.ru

Крайнов И.В. – магистр

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1

Разработка и исследование клееванерной двутавровой балки

Аннотация

В статье рассматривается новое конструктивное решение клееванерной двутавровой балки, состоящей из поясов и фанерной стенки, которая дополнительно закреплена в пазах поясов цилиндрическими нагелями. Приводятся конструктивные параметры опытного образца, численные расчеты несущей способности, проведенные на программном комплексе Ansys в геометрически и физически нелинейной постановке, а также результаты экспериментальных исследований. Приведены сравнительные графики результатов эксперимента и численного моделирования, а также изображения напряженно деформированного состояния балки.

Ключевые слова: клееванерная балка, цилиндрические нагели, напряженно-деформированное состояние, экспериментальные исследования.

В практике строительства широко применяются клееванерные балки [1]. По конструктивному исполнению указанные балки могут быть выполнены коробчатого или двутаврового сечения. Наилучшими показателями по расходу материала обладают клееванерные балки двутаврового сечения. Одной из главных проблем указанных балок является обеспечение прочности соединения фанерной стенки с поясами из цельной или кленой древесины.

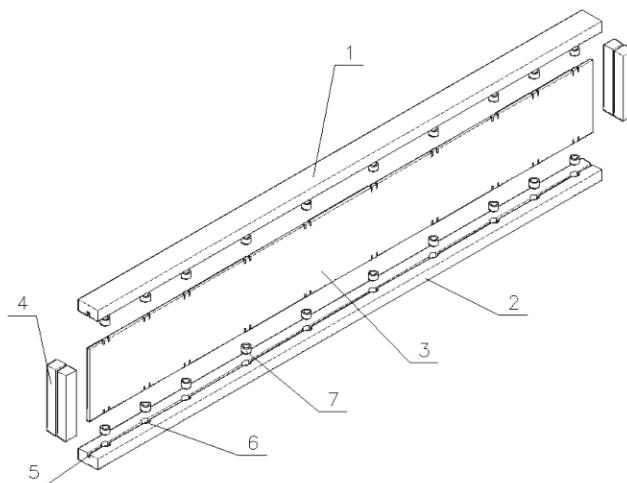


Рис. 1. Общий вид новой конструкции клееванерной балки в процессе сборки:

1 – верхний пояс; 2 – нижний пояс; 3 – фанерная стенка; 4 – опорные ребра; 5 – продольный паз в поясах балки; 6 – цилиндрические выемки; 7 – нагели из отрезка стальных или пластиковых труб

Предлагается новая конструкция (рис. 1) клееванерной балки [2], в которой фанерная стенка, вставленная в продольные пазы поясов из цельной или кленой древесины, дополнительно соединяется по длине цилиндрическими нагелями. Нагели выполняются из отрезков стальных или пластиковых труб и устанавливаются в цилиндрические углубления в поясах балки и пропили по кромкам фанерной стенки.

Предлагаемая клееванерная балка обладает конструктивной новизной [2], поэтому для оценки эффективности предлагаемого решения и разработки методики расчета были проведены теоретические и экспериментальные исследования опытного образца балки.

Конструктивные параметры опытного образца клееванной балки приведены на рис. 2.

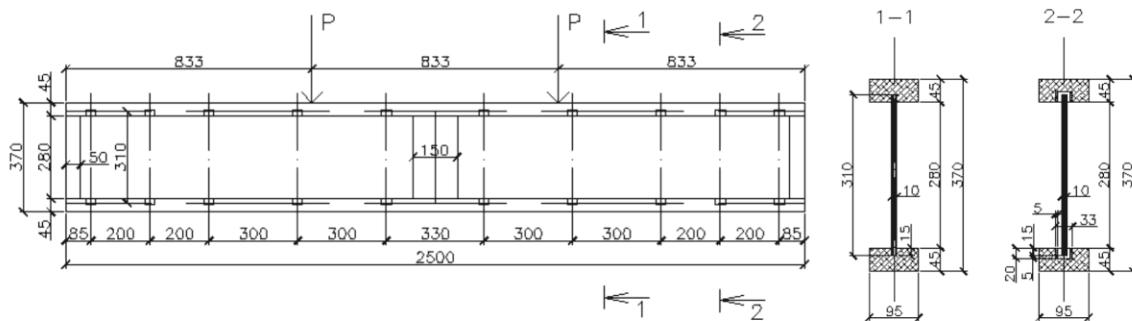


Рис. 2. Конструктивное выполнение экспериментальной клееванной балки и схема загружения

Пояса балки выполнены из сосны 1-ого сорта сечением 45×95 мм, а стенка из фанеры толщиной 10 мм со стыком в середине пролета. Нагели изготовлены из отрезков полипропиленовых труб сечением 33×5 мм и высотой 20 мм. В поясах балки выполнены продольные пропилы шириной 12 мм и глубиной 20 мм, в которые вставлены кромки фанерной стенки.

В направлении пропилов с шагом 200 и 300 мм образованы цилиндрические углубления диаметром 33 мм и глубиной 20 мм. Соединение стенки и поясов балки осуществляется на эпоксидном клее.

Теоретическое определение напряженно-деформированного состояния опытного образца балки выполнялось аналитически по известным формулам [3], с учетом различных модулей упругости древесины поясов и фанерной стенки по приведенным геометрическим характеристикам поперечного сечения балки, и численным методом на программном комплексе ANSYS, когда балка представляет собой конечно-элементную модель.

Испытания балки проводились на специальной рычажной установке (рис. 3). Балка укладывалась на шарнирные опоры, а загружение осуществлялось мерным грузом, прикладываемым к рычагу с соотношением плеч 1:6. Нагрузка на балку прикладывалась через траверсу в двух точках интенсивностью Р симметрично относительно середины балки (рис. 2, 3). Напряжения в поясах балки определялись по показаниям тензодатчиков, наклеенных в середине пролета и подключенных к измерителю деформаций АИД-4. Прогиб балки определялся в середине балки прогибомером дистанционного типа. Для определения относительного сдвига поясов и стенки балки в двух крайних отсеках были установлены индикаторы часового типа с ценой деления 0,01 мм.

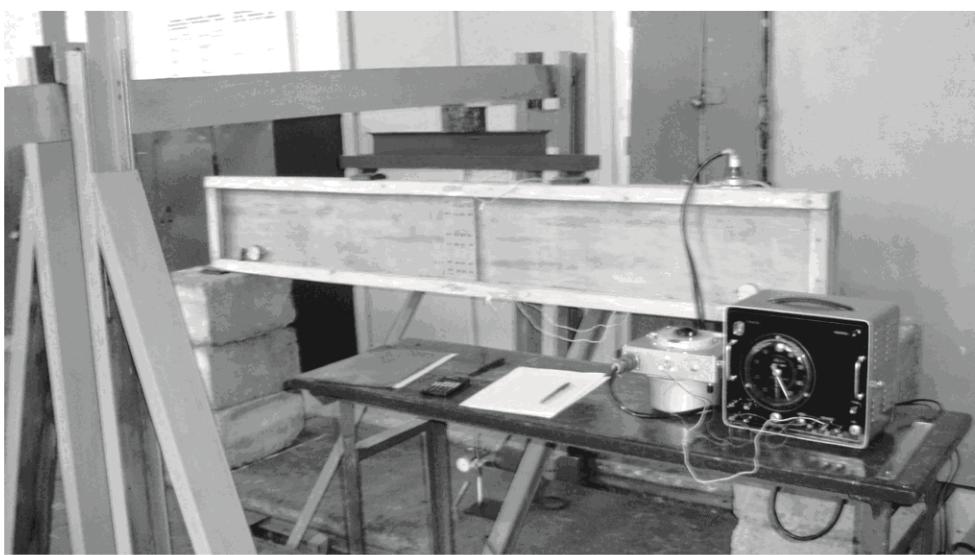
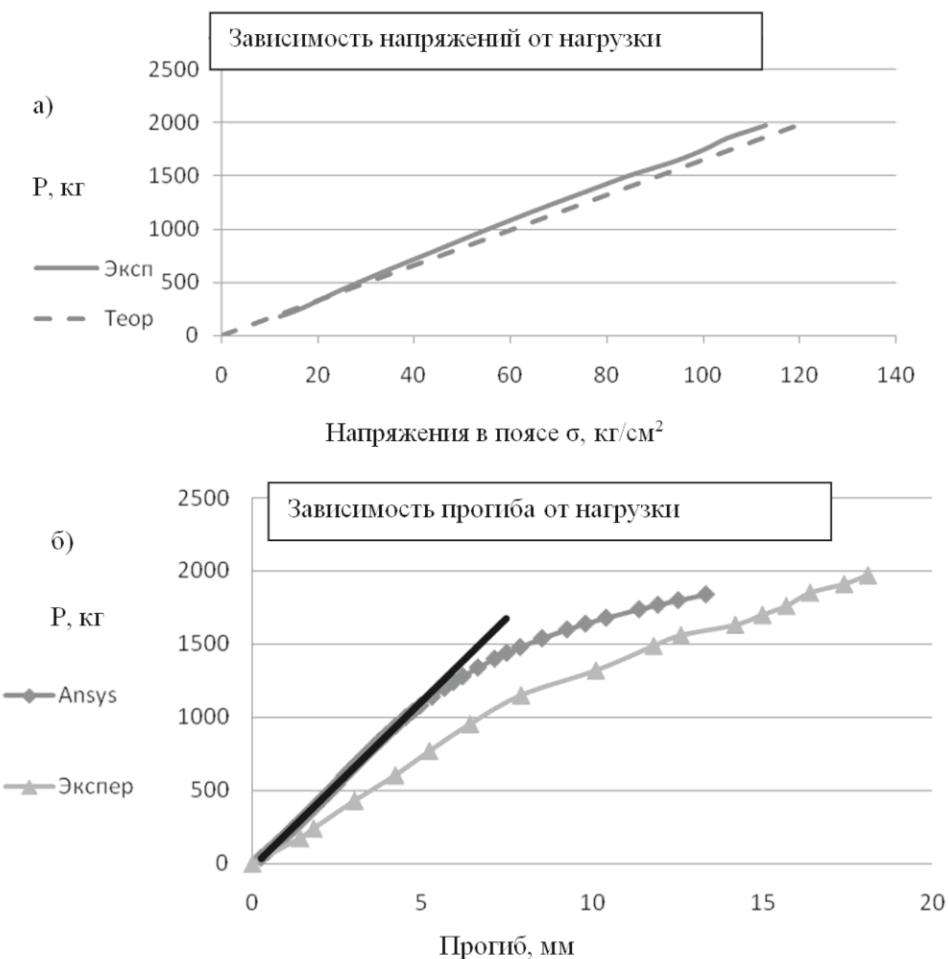


Рис. 3. Общий вид клееванной балки в процессе испытания

Расчетная модель в программном комплексе Ansys представляет собой конечно-элементную модель стенки, поясов и кольцевых нагелей из полипропилена. Механические свойства древесины и фанеры задавались согласно нормативным источникам, а для кольцевых нагелей – согласно экспериментальным данным. Условия контакта между нагелями и поясом, а также нагелями и стенкой подразумевали передачу только усилий сжатия, т.е. возможно формирование зазоров. Данное решение основывалось на следующих предпосылках: первое – поверхность соприкосновения между стенкой (в месте пропила) и нагелем очень мала; второе – взаимодействие данного kleевого состава между полипропиленом и деревом отличается в сторону ухудшения, от взаимодействия между деревом и фанерой. Моделирование kleевого соединения между стенкой и поясом на участках между нагелями производилось с помощью использования соответствующего типа контакта, который позволял небольшой сдвиг между склеенными элементами, но запрещал отрыв элементов друг от друга.

Расчет производился в нелинейной постановке. Нагрузка прикладывалась поэтапно в течение десяти шагов. Анализируя график зависимости прогибов от нагрузки (рис. 4в), можно сделать вывод, что упругая работа балки под нагрузкой наблюдается только при ее значениях до 1200 кг в каждый узел. Далее прогибы растут быстрее нагрузки, что говорит о нелинейной работе. При этом уровень напряжений при данной нагрузке не превышает расчетных сопротивлений дерева и фанеры (рис. 4а). Следовательно, можно сделать вывод, что причиной нелинейного характера деформаций от нагрузки является закритическая работа кольцевого нагеля из полипропилена. Экспериментально определенный сдвиг стенки (рис. 4в) относительно пояса на опоре, равный 1-2 мм, также подтверждает данное утверждение. Рассматривая напряженно-деформированное состояние стенки и поясов на рис. 5, можно сделать вывод, что при нагрузке, превышающей 1200 кг в каждый узел, и сдвиге стенки относительно пояса (рис. 6) напряжения в стенке балки начинают превосходить напряжения в поясе.



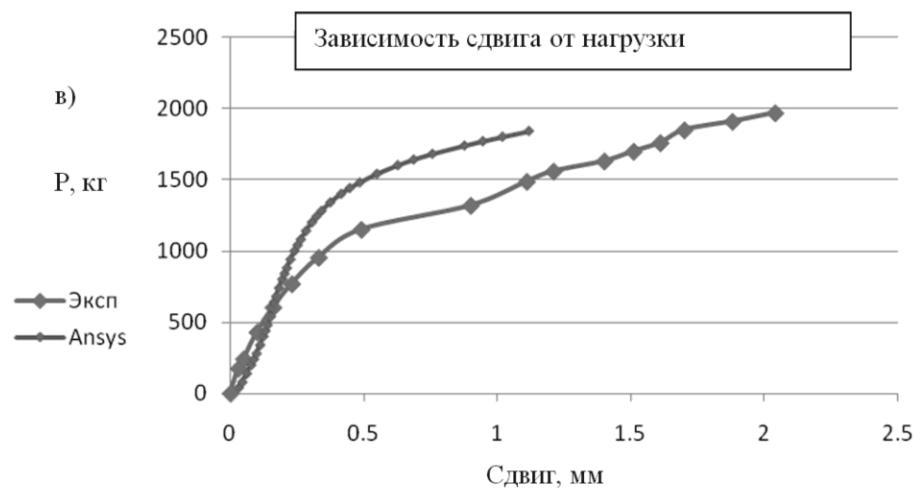


Рис. 4. Графики зависимостей напряжений (а), прогиба (б) и сдвига (в) от нагрузки

Распределение нормальных напряжений в балке приведено на рис. 5. Значения напряжений, превышающие 15 МПа не отображаются. Напряжения, превышающие 15 МПа, возникают в зонах концентраций и не принимаются в расчет.

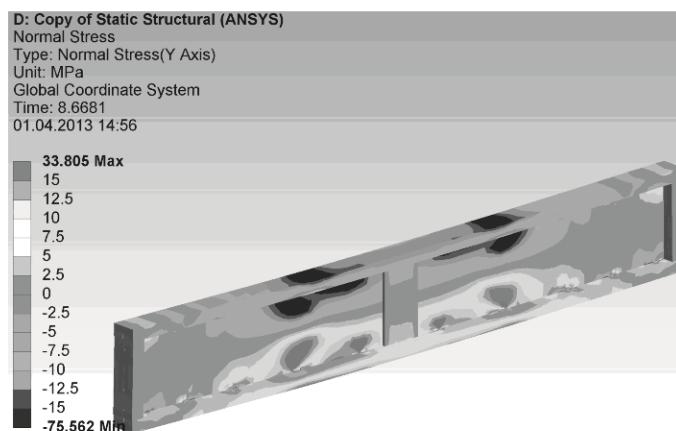


Рис. 5. Нормальные напряжения в балке

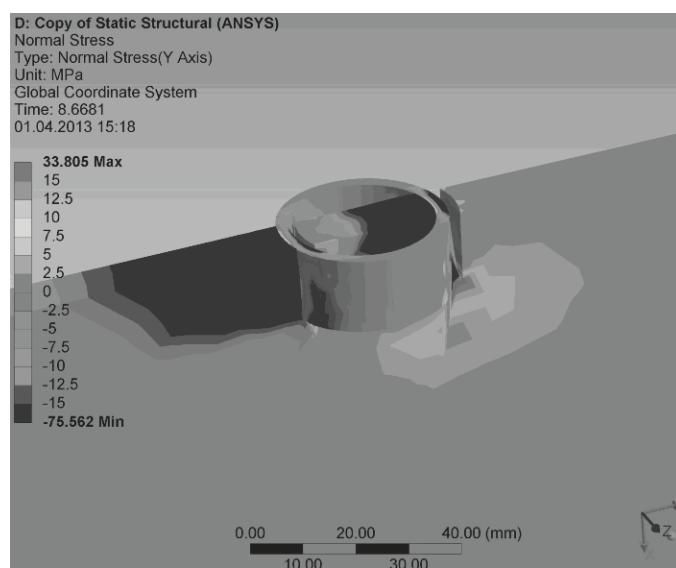


Рис. 6. Деформация зоны сопряжения нагеля и стенки балки (пояс условно не показан)

Выводы:

1. Результаты теоретических и экспериментальных исследований новой конструкции клееванерной балки [2] показали, что использование цилиндрических нагелей обеспечивает повышение несущей способности клеевого соединения фанерной стенки с поясами и достаточно эффективно для практической реализации.
2. Дальнейшие исследования по повышению эффективности предложенного решения клееванерной балки должны быть направлены на поиск оптимальных соотношений жесткостных характеристик клеевого шва и нагельного соединения.

Список литературы

1. Зубарев Т.Н., Лялин И.М. Конструкции из дерева и пластмасс. – М.: Высшая школа, 1980. – 311 с.
2. Клееванерная балка. Патент РФ № 2454526. МПК E04C 3/14. Бюллетень № 18 от 27.06.2012.
3. Карлсон Г.Г., Слицкоухов Ю.В. Конструкции из дерева и пластмасс изд. перераб. и док. – М.: Стройиздат, 1986. – 543 с.

Kuznetsov I.L. – doctor of technical sciences, professor

E-mail: kuz377@mail.ru

Gimranov L.R. – candidate of technical sciences, senior lecturer

E-mail: leenur@mail.ru

Kraynov I.V. – magistrate

Kazan State University of Architecture and Engineering

The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Development and research of glue-laminated plywood I-beam**Resume**

This article reviews the design methods of laminated I-beam. The design approach included theoretical, experimental research and engineering simulation on software. The laminated I-beam consists of the following parts: top and bottom chord made from timber, dam made from plywood and tubular nogs that join dam with chords. The dam of the beam has prepared slots for nogs installing, and top and bottom chords have holes in their faces. Nog is a short cut of the polypropylene pipe with length about 25 mm. The seam that fixing dam and chords together also has additionally glue layer. As long as the nog and layer of glue can transfer the shear force between chords and dam beam would be as it one solid body. When the stress inside the nog reaches the critical values some sort of sleep can occur and chord and web would be carrying load separately from each other. The experiment has shown that the maximum sag of the beam was around 17 mm that relates the maximum load 40 kH. But nonlinear dependence between load and deformation occurred when the load reach 22 kH. The total deformations of the beam that calculated theoretically were significantly less than experimental (4,5 times less) simultaneously the engineering simulation has shown appropriate results with difference relatively to experiment around 38 %.

Keywords: glue laminated, I-beam, nogs, timber chords, plywood dam.

References

1. Zubarev T.N., Lyalin I.M. Structures from timber and plastic materials. – M.: High School, 1980. – 311 p.
2. Glulam timber-plywood I-beam. Patent RF №2454526. MPK E04C 3/14. bulletin № 18 27.06.2012.
3. Carlson G.G., Slickouhov U.V. Structures from timber and plastic material. 5-th. – M.: Stroizdat, 1986. – 543 p.

УДК 624.014.2

Кузнецов И.Л. – доктор технических наук, профессор

E-mail: kuznetsov@kgasu.ru

Исаев А.В. – кандидат технических наук, доцент

E-mail: isaev@kgasu.ru

Пальмов Д.А. – ассистент

E-mail: palmow@kgasu.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

Усиление бескаркасного арочного сооружения системой хордовых затяжек

Аннотация

В статье рассматривается конструктивное решение по усилению тонкостенных арочных элементов бескаркасного арочного сооружения путем установки системы хордовых затяжек. Предложенный способ усиления бескаркасного арочного сооружения системой хордовых затяжек показал достаточную эффективность по расходу стали в реализации усиления. Приведена методика расчета усиленной арочной конструкции по разработанной программе «ARHOR». Приведены примеры расчетов вариантов усиления и технико-экономические показатели по их эффективности.

Ключевые слова: конструкции, затяжки, надежность, критерии оптимальности, технико-экономические показатели.

Строительство бескаркасных арочных сооружений, изготавливаемых на месте строительства из рулонированной оцинкованной стали на мобильных агрегатах, привело в ряде случаев к их разрушениям [1, 2]. Это вызвано, с одной стороны, техническими возможностями применяемой технологии изготовления, позволяющими реализовывать любой пролет арочных сооружений, в том числе и необоснованно большой, а с другой стороны, в отечественной практике отсутствует нормативно-техническая документация по их расчету [2]. Сложившаяся ситуация со строительством рассматриваемых арочных сооружений требует разработки конструктивных решений по обеспечению и повышению несущей способности, в том числе и усилению зданий, находящихся в эксплуатации. Усиление бескаркасного арочного сооружения может быть выполнено различными способами, а именно: установкой усиливающих арок, установкой системы хордовых затяжек [2, 3]. В статье подробно рассматривается вариант усиления бескаркасного арочного сооружения системой хордовых затяжек. Конструктивное решение усиления включает тонкостенный арочный элемент кругового очертания, по дуге которого с определенным шагом располагаются узлы крепления хордовых затяжек. При этом хордовые затяжки включают два яруса со смещением узлов крепления на один их шаг [3]. Расчетная схема усиленной конструкции арочного сооружения приведена на рис. 1. Для определения напряженно-деформированного состояния (НДС) усиленной арочной конструкции дугу арки разбиваем на n элементов радиусом R и центральным углом θ_i . Круговые элементы имеют свои геометрические и механические характеристики и загружены распределенными нагрузками P и P_1 . Узловыми элементами являются опорные узлы арки, точки крепления затяжек и точки, где терпят разрывы механические характеристики и компоненты приложенных нагрузок. Хордовые затяжки – это гибкие элементы, способные воспринимать только растягивающие усилия; при этом хордовым затяжкам может быть задано усилие предварительного натяжения.

Для кругового элемента, материал которого работает в линейно-упругой области, а для поперечного сечения справедлива гипотеза Кирхгофа-Лява, в работе [4] получены основные соотношения и уравнения равновесия. С учетом полученных соотношений и уравнений равновесия для каждого кругового элемента дифференциальные уравнения можно представить как систему из шести обыкновенных дифференциальных уравнений первого порядка.

$$\frac{-Y}{\Theta} = L(Y, \Theta) + b(\Theta). \quad (1)$$

Фундаментальное решение этой системы дифференциальных уравнений в пределах каждого арочного элемента можно представить в виде:

$$\bar{Y}(T, Q, M, u, w, \varphi) = \sum_k A_k \bar{y}_k(\theta) + \bar{y}_0(\theta), \quad (2)$$

где \bar{Y} – вектор состояния арочного элемента [2], компонентами которого являются обобщенные силовые факторы, изгибающие моменты, обобщенные перемещения и углы поворота; $\bar{y}_0(\theta)$ – частное решение системы дифференциальных уравнений равновесия арочного элемента, зависящее от вида действующей на этот момент нагрузки; A_k – неизвестные постоянные интегрирования.

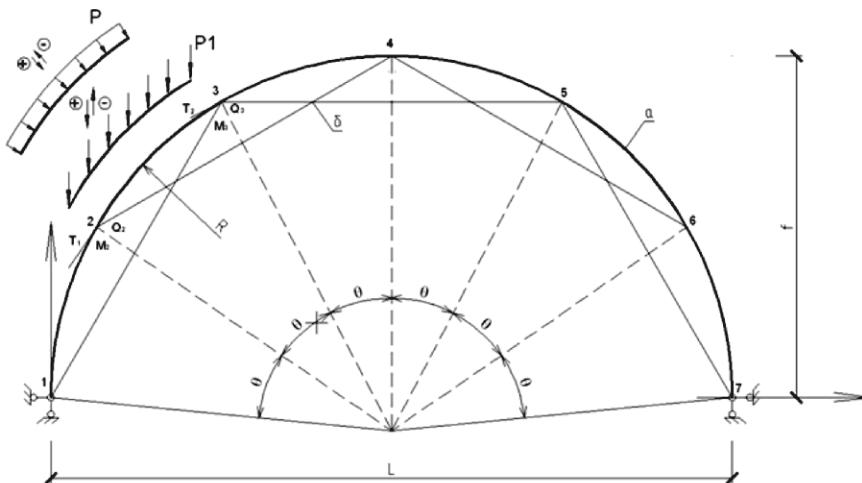


Рис. 1. Пример расчетной схемы двухшарнирной арки с пятью хордовыми затяжками:
а – тонкостенный арочный элемент, б – хордовые затяжки, 1–7 – узлы крепления хордовых затяжек,
L – пролет арки, f – стрела подъема, R – радиус кривизны арки

Для исследования НДС рассматриваемой арочной конструкции в целом необходимо найти b_n неизвестных постоянных интегрирования и m -усилий в затяжках (n – число арочных элементов конструкции, m – число хордовых затяжек).

Удовлетворяя $b(n-1)$ условиям сопряжения n – арочных элементов, условиям нерастяжимости m затяжек, а также условиям закрепления в начале и в конце арочной конструкции, приходим к системе $(bn+m)$ алгебраических уравнений для определения неизвестных постоянных интегрирования и усилий в затяжках:

$$[L]A=B. \quad (3)$$

Здесь A – вектор неизвестных $A^{(i)}_k$ и N_j – неизвестных усилий в затяжках ($k = 1, 6$; $i = 1, n$; $j = 1, m$); $[L]$ – квадратная матрица; B – вектор свободных членов.

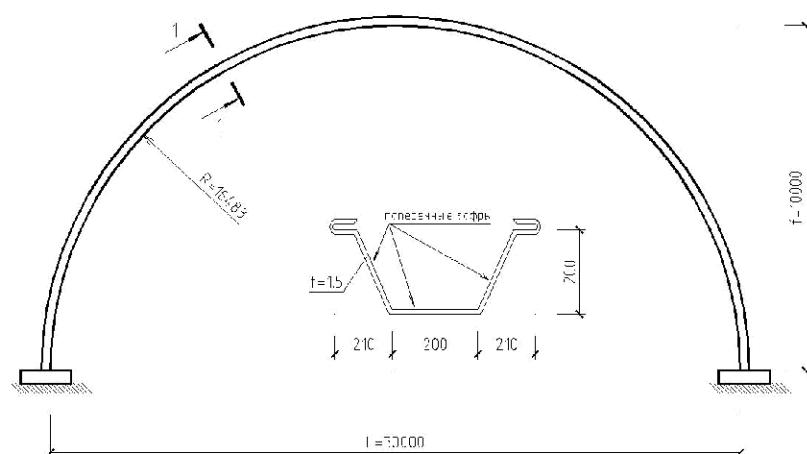
Таким образом, решая систему уравнений (3), находим неизвестные $A^{(i)}_k$ и усилия N_j в затяжках, следовательно, полные усилия в них будут определяться по формулам:

$$\bar{N}_j = N_j + \bar{N}_j, \quad (4)$$

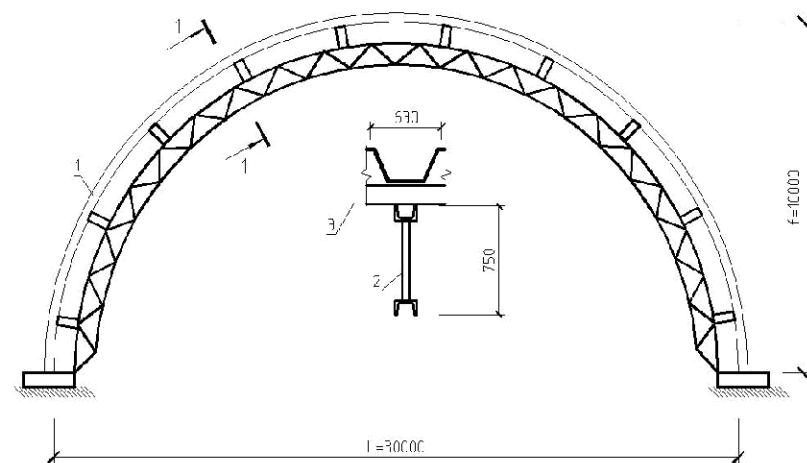
где \bar{N}_j – предварительное напряжение в затяжках.

На основе формул (1)-(4) можно исследовать НДС арочной конструкции только численным методом.

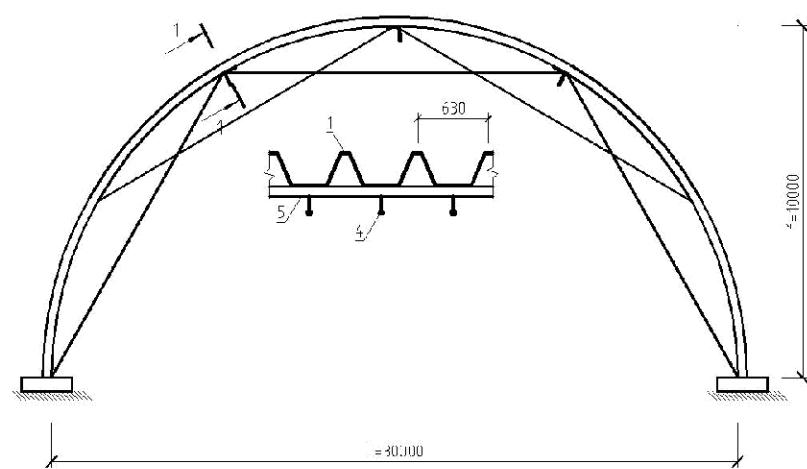
Система линейных алгебраических уравнений (3) решается методом Гаусса. В результате выполнения этой процедуры в определенном массиве размещается результат решения системы (3) и усилия в затяжках. Далее проводится проверка работы затяжек на растяжение, поскольку хордовые затяжки считаются гибкими. Если же определенная часть затяжек сжата, то эти затяжки не учитываются, соответственно, порядок системы (3) понижается и счет проводится сначала. Процесс повторяется до тех пор, пока не будут исключены все сжатые затяжки. Далее определяются все компоненты вектора состояния арочного элемента по формуле (1). Реализация указанного алгоритма нашла отражение в программе «ARHOR» [5].



а) арочное сооружение без усиления



б) усиление решетчатыми арками



в) усиление хордовыми затяжками

Рис. 2. Поперечный разрез арочного сооружения (а) и варианты его усиления (б) и (в):
 1 – тонкостенный арочный элемент; 2 – арка; 3 – прогон; 4 – хордовые затяжки;
 5 – продольный крепежный элемент

Численные исследования по данной программе выполнялись на реально существующей конструкции арочного сооружения пролетом 30 м, находящегося в Верхнеуслонском районе РТ (рис. 2а).

Рассмотрено два варианта усиления (рис. 2б, в). Первый вариант усиления предусматривал установку арок пролетом 30 м. Решетчатые арки устанавливались изнутри здания с шагом 4 м и при помощи прогонов обеспечивали подкрепление тонкостенного арочного элемента. Расход стали в данном варианте, включая арки, прогоны, связи, затяжки, составил $28,4 \text{ кг}/\text{м}^2$. Как видим, данный вариант усиления приводит к значительному расходу стали и, кроме того, требует устройства дополнительных фундаментов под усиливающие арки. Поэтому рассмотрим второй вариант усиления (рис. 2в), используя рассмотренную выше систему хордовых затяжек. Применяя разработанную программу «ARHOR», выполнялись статические расчеты усиления при различном количестве хордовых затяжек. В таблице для сравнения приведены усилия в арке без усиления и с учетом усиления при 7 и 15 хордовых затяжках. Усилие в арке приведено для трех сечений: в середине левой полуарки, в коньке и в середине правой полуарки.

Таблица
Усилие в арке и затяжках без усиления и при усилении

Вид арки	Сечение арки	Усилия в арке			Максимальное усилие в хордовых затяжках
		N (кг)	M (кг*м)	Q (кг)	
Арка без хордовых затяжек	1	-1012	2800	3	-
	2	-977	1078	36	
	3	-1456	-1017	27	
Арка с 15-ю хордовыми затяжками	1	-8940	1720	308	4198
	2	-3650	770	-41	
	3	-6940	1470	35	
Арка с 7-ю хордовыми затяжками	1	-7480	500	45	2967
	2	-2410	477	-65	
	3	-4977	-371	21	

По результатам расчета следует, что увеличение количества хордовых затяжек приводит к уменьшению изгибающих моментов в арке, но увеличивает в ней значение продольного усилия и максимального усилия в затяжке. В рассмотренном случае наиболее рациональное число хордовых затяжек равно семи.

Расход стали на усиление семью хордовыми однотипными затяжками составляет $4,1 \text{ кг}/\text{м}^2$. Сравнивая рассмотренный вариант усиления хордовыми затяжками (рис. 2в) с вариантом усиления арками (рис. 2б), видим, что расход стали снижается в 6 раз.

Выводы:

- Предложенный способ усиления бескаркасного арочного сооружения системой хордовых затяжек и методика расчета показали достаточную эффективность как по расходу стали в реализации усиления, так и по удобству определения напряженно-деформированного состояния при его проектировании.
- Для практической реализации предлагаемого способа повышения несущей способности арочного сооружения необходимо исследовать вопросы определения оптимального числа хордовых затяжек, в том числе с предварительным их напряжением и в разработке рациональных узловых соединений.

Список литературы

- Кузнецов И.Л., Исаев А.В., Гимранов Л.Р. Причины обрушения бескаркасного сооружения пролетом 30 м // Известия КГАСУ, 2011, № 4 (18). – С. 166-170.

2. Айрумян Л., Липлечко М.А. Особенности работы бескаркасных арочных покрытий из стальных холодногнутых профилей // Промышленное и гражданское строительство, 2011, № 6. – С. 40-44.
3. Кузнецов И.Л. Арка А.С. № 1244256. М.кл. Е04В1/32 от 19.11.84. «Бюллетень» № 26 от 15.07.86.
4. Кузнецов И.Л., Камалов А.З. Аналитико-численный метод определения напряженно-деформированного состояния и критической нагрузки арок // Известия вузов. Строительство, 1991, № 12. – С.15-19.
5. Пальмов Д.А., Кузнецов И.Л., Камалов А.З. Аналитико-численный метод определения напряженно-деформированного состояния арок с хордовыми затяжками // Вестник ТГАСУ, № 4-207. – С. 97-102.

Kuznetsov I.L. – doctor of technical sciences, professor

E-mail: kuznetsov@kgasu.ru

Isaev A.V. – candidate of technical sciences, associate professor

E-mail: isaev@kgasu.ru

Palmov D.A. – assistant

E-mail: palmow@kgasu.ru

Kazan State University of Architecture and Engineering

The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Enhancement of frameless arch building by the system of chordal puffs

Resume

Construction of arched structures of thin-walled elements, produced by mobile units of rolled galvanized steel on the construction site is promising, reducing the cost of construction. In the manufacture of arched elements to make them curvature transverse corrugations are formed on their surface that significantly reduces their carrying capacity. In this regard, in order to prevent accidents must be reduced to 12 spans of 15 m. If necessary, the construction of buildings has to resort to their strengthening. In this paper we propose a new method for enhancing the arched structures by setting chord puffs. The design of a complex system gain, for calculating the use of special techniques. The authors present the method of amplification, a description of the analytical and numerical methods for calculating the gain realized in the program «ARHOR» and a concrete example of using this method for enhancing the arch structures span 30 m. According to the calculation results, it follows that increasing the number of puffs chord reduces the bending moments in the arch, but it increases the value of the longitudinal force and the maximum force in tightening. In the above case, the most rational chord delays is seven.

Keywords: design, torque, reliability, optimization criteria, technical and economic indicators.

References

1. Kuznetsov I.L., Isaev A.V., Gimranov L.R.. The causes of collapse of 30 m span frameless arch structure // News of the KSUAE, 2011, № 4 (18). – P. 166-170.
2. Airumian L., Liplechko M.A. Features of frameless arched surfaces of steel cold-formed profiles // Industrial and Civil Construction, 2011, № 6. – P. 40-44.
3. Kuznetsov I.L. Arch. Author's certificate № 1244256. E04B1/32 от 19.11.84. «Bulletin» № 26, 15.07.86.
4. Kuznetsov I.L., Kamalov A.Z. Analytical-numerical method for determining the stress-strain state and the critical load of arches // Proceedings of the universities. Construction, 1991, № 12. – P.15-19.
5. Palmov D.A., Kuznetsov I.L., Kamalov A.Z. Analytical-numerical method for determining the stress-strain state of arches with chord bongs // Herald TGASU, № 4-207. – P. 97-102.

УДК 69.059.4

Куприянов В.Н. – доктор технических наук, профессор

E-mail: kuprivan@kgasu.ru

Иванцов А.И. – аспирант

E-mail: ivantssov@kgasu.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

К определению оптимальной долговечности ограждающих конструкций жилых зданий массовой застройки

Аннотация

Показано, что при проектировании ограждающих конструкций жилых зданий массовой застройки за оптимальные сроки службы необходимо принимать в расчет долговечность по фактору как физического износа, так и морального. Предпринята попытка определения оптимальной долговечности ограждений в зависимости от социально-экономического развития региона. Предложены оптимальные сроки службы ограждающих конструкций жилых зданий массовой застройки.

Ключевые слова: массовое жилье, ограждающие конструкции, долговечность, физический износ, моральный износ, срок службы.

Основными строительными конструкциями любого здания являются несущие и ограждающие системы. Если несущие конструкции обеспечивают прочность и устойчивость зданий, то ограждающие конструкции обеспечивают санитарно-гигиенические и комфортные условия в зданиях.

Долговечность здания в целом определяется как несущими, так и ограждающими конструкциями, то есть как сохранением прочности здания, так и комфортных условий в нем. Вместе с тем известно большое количество случаев, когда прочность несущих конструкций и защитные функции ограждающих конструкций оставались достаточно высокими, а здания подвергались либо капитальной реконструкции, либо сносу.

Изучение этого вопроса показало, что для жилых зданий (особенно для жилых зданий массовой застройки) определяющим является не только физический износ, но и моральное устаревание зданий. Под термином «моральное устаревание», или «моральное старение» жилых зданий, понимается несоответствие функциональных требований, заложенных при проектировании здания много лет назад, современным требованиям к жилым зданиям.

Таким образом, долговечность ограждающих конструкций следует рассматривать с учетом физического износа и морального старения жилых зданий.

1. Оптимальная долговечность по фактору физического износа жилых зданий

Известно большое количество памятников архитектуры, возраст которых превышает сотни и даже тысячи лет. Анализ долговечности исторических зданий показал, что она определяется как климатическими воздействиями, так и видом материалов, из которых возведены исторические объекты.

Так, здания, построенные из плотных природных каменных материалов, имеют возраст 1-3 тысячи лет. Здания из пористых природных и искусственных каменных материалов могут иметь долговечность 300-500 лет. Здания из органических и смешанных материалов – 20-200 лет (рис. 1).

Эта информация относится к архитектурным сооружениям, которые, как правило, утратили первоначальную функцию и рассматриваются только как исторические памятники.



Рис. 1. Возраст архитектурных памятников из различных материалов

В процессе многолетней эксплуатации зданий в материалах и конструкциях происходят необратимые физические и технические изменения, ухудшается внешний вид, снижается прочность и другие эксплуатационные показатели. То есть происходит физическое старение, или износ здания. Посредством периодических ремонтов (текущих и капитальных) срок службы зданий может быть продлен. Однако, после определенного времени эксплуатации здания, т.е. после некоторого количества текущих и капитальных ремонтов, дальнейшее поддержание жизнеспособности здания может оказаться экономически нецелесообразным.

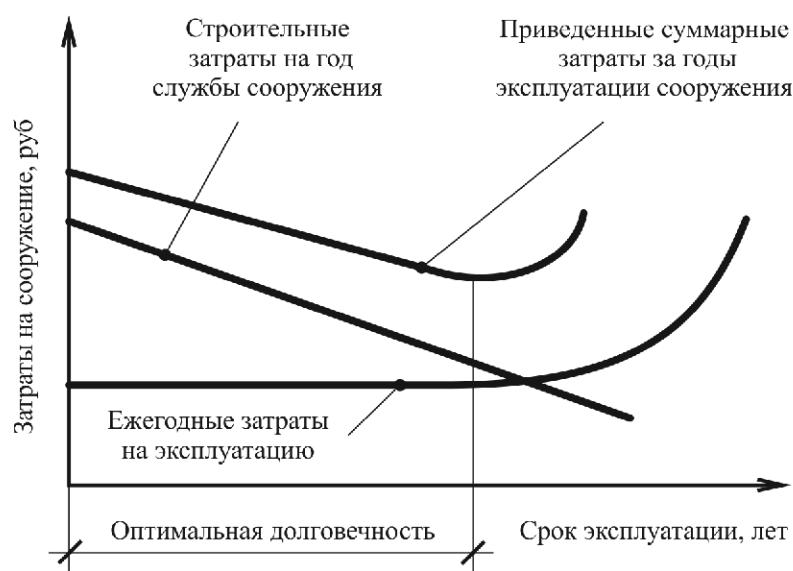


Рис. 2. К определению оптимальной долговечности здания

Оценка оптимальной долговечности здания в этом случае может быть представлена схемой (рис. 2) [1]. Из схемы можно видеть, что эксплуатация здания становится экономически невыгодной с того момента времени, когда резко возрастают ежегодные затраты на эксплуатацию.

Оптимальная долговечность зданий, т.е. долговечность их материалов и конструкций, должна сочетаться с уровнем капитальности зданий. Нормативным документом [2] предусматривается три класса капитальности жилых зданий со степенью долговечности 50 лет, 100 лет и 150 лет, в четвертом классе капитальности степень долговечности не нормируется. В работе [3] на основе экономического анализа показано, что «излишняя капитальность жилых зданий, даже без учета фактора морального износа, сопряжена с невозвратными потерями в результате непроизводственного использования капитальных вложений». Далее автор работы [3] приходит к заключению: «в экономических расчетах (по физическому износу) срок службы всех жилых зданий, возводимых с несущими конструкциями из бетона, естественного камня, обжиговых и пропариваемых материалов, может быть принят единым, равным 100 лет».

Долговечность ограждающих конструкций зданий должна быть одного порядка с долговечностью здания в целом. Если в ограждающих конструкциях использованы материалы, долговечность которых ниже, чем здания в целом, то проектная документация по зданию должна предусматривать технические решения по замене этих материалов в процессе эксплуатации.

Таким образом, анализ экономических затрат на поддержание работоспособности здания показал, что по физическому износу оптимальная долговечность зданий и ограждающих конструкций не должна превышать 100 лет.

2. Оптимальная долговечность по фактору морального старения жилых зданий

Здания и сооружения проектируются и строятся для обеспечения определенных эксплуатационных функций. Эти функции соответствуют социально-экономическому развитию общества на момент проектирования объекта и обеспечиваются объемно-планировочными, конструктивными и инженерными решениями. Определенную роль выполняет архитектурно-художественный образ здания и строительные технологии.

В процессе эксплуатации в зданиях, как было показано, происходит физический износ, а в обществе происходят социально-экономические изменения и изменяются требования к жилым зданиям. Функциональные требования, заложенные в жилые здания на момент их проектирования, со временем вступают в противоречие с требованиями развивающегося общества, и происходит так называемое моральное старение жилых зданий.

Индустриальный рост в XIX веке и появление новых рабочих мест в городской черте обусловили появление первых видов жилья массового строительства: одноэтажных и двухэтажных бараков (рис. 3 а, б). Поскольку вкладывать деньги в улучшение жилищных условий рабочих владельцы фабрик и мануфактур не хотели, обеспечение более комфортным жильем рабочих так и оставалось нерешенным десятки лет.

С 20-30-х годов (Постановление СНК СССР 1928 г. «О порядке самоуплотнения жителей больших квартир», Постановления ЦИК и СНК СССР от 16 мая 1924 года «О содействии кооперативному строительству рабочих жилищ» и пр.) государство начинает способствовать удовлетворению основных социальных потребностей граждан в жилье: дома-коммуны, коммунальные квартиры.

В 30-40-е годы массовое развитие получили 2-3-этажные кирпичные здания с деревянными перекрытиями (рис. 3 в).

С 50-х годов с принятием Постановлений ЦК КПСС Совета Министров СССР «Об устранении излишеств в проектировании и строительстве» (1955), «О развитии производства сборных железобетонных конструкций и деталей для строительства» (1954) и «О развитии крупнопанельного домостроения» (1959) начинается массовое строительство крупнопанельных жилых зданий по типовым проектам, впоследствии названных «хрущевками» (рис. 3 г). Этот период характеризуется удовлетворением основных потребностей населения в жилье.



Рис. 3. Примеры домов массовой постройки: а, б – деревянный барак начала XX века;
в – кирпичное здание с деревянными перекрытиями 30-40-х годов;
г – крупнопанельное здание 40-50-х годов

С 70-х годов начинается строительство квартир для массового потребителя улучшенной планировки, т.н. «ленинградки». Продолжается период использования технологии сборного домостроительства, типовых проектов и ограниченной типологии квартир.

90-е годы характеризуются появлением первых нормативных документов, предусматривающих реконструкцию жилых домов первых массовых серий (50-60-х годов). В 1998 году принятая Государственная программа Московской области «Реконструкция жилых домов первых массовых серий» на период до 2010 года. В этом же году разрабатываются «Методические рекомендации по реконструкции и модернизации инженерного оборудования жилых домов первых массовых серий» для Санкт-Петербурга.

Первое десятилетие XXI века характеризуется высокими темпами строительства коммерческого жилья. Доля малогабаритных квартир на рынке жилья уменьшается за счет строительства квартир с большими площадями. В корне изменяется технология возведения массового жилья, происходит отказ от сборных элементов в пользу каркасно-монолитного строительства [4].

Наряду с моральным износом жилых зданий велико влияние фактора морального старения жилой застройки в целом [3]. Жилые здания могут находиться в удовлетворительном состоянии, а жилой район в целом не отвечать современным бытовым, социальным, санитарно-гигиеническим и прочим требованиям:

- отсутствие выделенных парковочных мест или наличие таковых, исходя из нормы одной машины на квартиру, что уже в современных условиях недостаточно;
- хаотичная точечная застройка жилых районов, имеющая «рыхлую» организационную структуру;
- проектирование жилья без учета состава и рода деятельности будущих жильцов и прочее.

Исследования чл.-корр. РААСН А.И. Виноградова [5] показывают, что на практике «реконструкция» районов массовой застройки жилых домов первых типовых серий происходит за счет уплотнения сложившейся пятиэтажной застройки выборочным, точечным размещением новых жилых домов, которое нередко осуществляется без необходимой предварительной проектной проработки. Это, в конечном итоге, приводит к переуплотнению сложившейся застройки жилых микрорайонов и кварталов и, как следствие, к возникновению неразрешимых социальных конфликтов. В результате, не удается достичь желаемого эффекта, ожидаемого от реконструкции жилых районов, а необходимые для решения жилищной проблемы приросты жилья по-прежнему обеспечиваются в основном за счет освоения еще имеющихся свободных и, как правило, удаленных территорий.

В работе [3] отмечается, что ликвидация функционального устаревания и обесценения застройки, сложившейся за многие годы, ее разуплотнение, создание микрорайонов и жилых районов с необходимым комплексом обслуживающих учреждений и предприятий культурно-бытового обслуживания неизбежно связаны со сносом части жилых зданий, в том числе и капитальных. И чем больше капитальность жилых зданий, тем больше будут потери в результате необратимого процесса, каким является моральный износ жилой застройки.

Таким образом, моральный износ застройки в комплексе с моральным износом жилых зданий, входящих в эту застройку, диктует ограничения по уровню капитальности зданий, их ремонту и реконструкции, исходя из оставшихся сроков службы зданий.

Оценить моральную долговечность жилого здания достаточно проблематично. Нельзя с определенной точностью сказать, что дом морально устарел на 20-м или 35-м году эксплуатации, ввиду отсутствия четких критериев предельного состояния. Поэтому моральную долговечность, или моральный износ, в настоящее время оценивают только с экономических позиций по снижению стоимости строительства нового жилого дома по отношению к ранее построенному вследствие роста производительности общественного труда. При этом выделяют две формы морального износа.

Моральный износ первой формы M_1 связан со снижением стоимости здания по сравнению с его стоимостью в период строительства.

Моральный износ второй формы M_2 характеризуется обесценением жилых зданий с течением времени вследствие изменения и роста потребностей членов общества, в результате чего жильца до наступления срока их физического износа устаревают технически и функционально, т.е. больше не удовлетворяют современным требованиям комфорта, культуры, быта и гигиены. К их числу относятся недостаточные площади комнат и кухонь, отсутствие ванных комнат и других современных средств инженерного оборудования (лифты, мусоропроводы и др.), малая естественная освещенность жилищ, недостаточная теплоизоляция стен и др. Т.е. для второй формы морального износа характерно изменение потребительской стоимости здания, хотя физический износ, в собственном смысле слова, и не происходит.

Величину морального износа второй формы оценивают путем сравнения восстановительной (балансовой) стоимости старого здания и нового, построенного в соответствии с современными требованиями:

$$M_2 = \pi_2 K = R_m, \quad (1)$$

где K – первоначальная стоимость сооружения, руб.;

π_2 – показатель второй формы морального износа сооружения;

R_m – капитальные вложения в реконструкцию, вызванные моральным старением, руб.

В отличие от морального износа первой формы, не связанного с дополнительными затратами, устранение морального износа второй формы сопряжено с необходимостью проведения капитальной реконструкции, переоборудования и модернизации зданий, что связано с большими экономическими затратами. Допустимая величина затрат на устранение морального износа существующего здания не должна превышать затрат на новое строительство здания, равного по площади, но отвечающего требованиям новой технологии и благоустройства.

Суммарная величина морального износа определяется суммированием морального износа первой и второй форм:

$$M_3 = M_1 + M_2 = (K - K_n) + R_m, \quad (2)$$

где $K - K_n$ – абсолютное обесценение, вызванное научно-техническим прогрессом, ростом производительности труда и т.п.;

R_m – капитальное вложение в реконструкцию здания, обусловленное функциональным старением, руб.

Подводя итоги исследованиям по моральному старению жилых зданий, приведем обобщенный ретроспективный анализ развития жилых зданий массовой застройки за последние 100 лет и их морального старения:

– одно-двухэтажные бараки, построенные в период индустриализации страны (20-30-е годы), через 40 лет были снесены по причине их несоответствия социально-экономическим требованиям;

– двух-трехэтажные кирпичные здания с деревянными перекрытиями постройки 30-50-х годов через 40-50 лет эксплуатации оказались морально устаревшими и подверглись сносу;

– крупнопанельные пятиэтажные здания постройки 50-60-х годов перестали соответствовать социальным требованиям уже к началу 90-х годов. Появились региональные программы по реконструкции крупнопанельных зданий первых массовых серий, а в экономически развитых регионах эти здания подверглись сносу.

Таким образом, предельный моральный износ жилых зданий массовой застройки наступает через 40-60 лет их эксплуатации, хотя физическое состояние материалов и конструкций остается работоспособным.

3. Совместный анализ физического износа и морального старения жилых зданий

В процессе эксплуатации материалы и конструкции зданий подвергаются климатическим и эксплуатационным воздействиям, и происходит т.н. физический износ. Техническая работоспособность здания при физическом износе поддерживается текущими и капитальными ремонтами, чем обеспечивается оптимальная долговечность здания по фактору физического износа.

В этот же период эксплуатации здания в обществе происходят определенные социально-экономические изменения. Развивается экономика, изменяются требования к жилым зданиям. Функциональные, объемно-планировочные и технические решения, заложенные при проектировании здания несколько десятилетий назад, вступают в противоречие с современными требованиями к жилым зданиям, и происходит моральное обесценивание жилых зданий. Для приведения устаревших функций жилых зданий к современным требованиям недостаточно текущих и капитальных ремонтов, требуется полная реконструкция здания (и даже прилегающей территории). Происходит сопоставление двух экономических показателей: расходов на реконструкцию устаревшего жилого здания и расходов на снос старого и строительство нового жилого здания по современным требованиям. Затраты на полную реконструкцию морально устаревшего здания могут оказаться сопоставимыми или даже превышать затраты на строительство жилого здания по современным требованиям.

Изучение этого вопроса показало, что решение о продолжении эксплуатации устаревшего здания, его реконструкции или сносе определяется уровнем социально-экономического развития региона. В регионах с интенсивным социально-экономическим развитием моральное старение жилых зданий и необходимость их модернизации «наступает» быстрее, чем в отсталых регионах с медленно развивающейся экономикой. Графически это представлено на рис. 4.

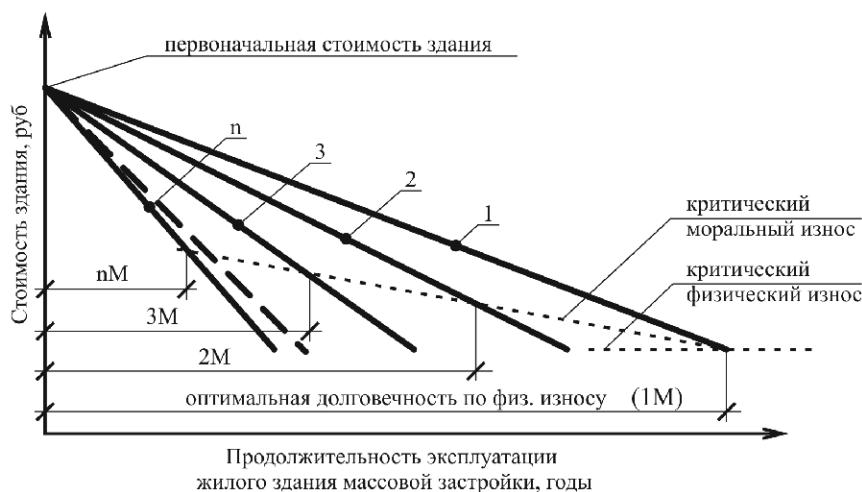


Рис. 4. Совместный физический и моральный износ:
1М – оптимальная долговечность по физическому износу;
2М, 3М, ..., nМ – оптимальная долговечность по фактору морального износа

В регионах со слабым развитием экономики моральное устаревание жилых зданий протекает одновременно с физическим износом по кривой 1. С усилением социально-экономического развития региона моральное старение жилых зданий представляет собой веер зависимостей (кривые 2, 3, ..., n), где зависимость n характеризует процесс морального старения в наиболее экономически развитом регионе.

Таким образом, физическое старение жилых зданий определяется климатическими и эксплуатационными воздействиями, а моральное старение жилых зданий определяется социально-экономическим развитием региона, а оптимальная долговечность составляет 100 лет по физическому износу и 40-60 лет по моральному износу.

4. Предложения по оптимальной долговечности ограждающих конструкций

В соответствии со СНиП II-В.6-62 «Ограждающие конструкции. Нормы проектирования» устанавливаются следующие степени долговечности ограждающих конструкций:

- I степень со сроком службы не менее 100 лет;
- II степень со сроком службы не менее 50 лет;
- III степень со сроком службы не менее 20 лет;
- IV степень сроком службы не нормируется.

Далее указывается, что требуемая степень долговечности ограждающих конструкций устанавливается от класса капитальности зданий. Таким образом, полагалось, что долговечность ограждающих конструкций должна быть такой же, как и долговечность несущих систем здания.

Долговечность несущих систем зданий, в том числе и конструкционного слоя ограждающих конструкций, выполненных из искусственных каменных материалов (кирпича, бетона, железобетона), в соответствии с рис. 1 может быть в пределах 300-500 лет. Теплоизоляционные и наружные облицовочные слои выполняются, как правило, из органических и смешанных материалов и в соответствии с рис. 1 имеют значительно меньшую долговечность (20-200 лет). В силу этого долговечность несущих систем здания и ограждающих конструкций не может быть одинаковой.

Под долговечностью ограждающих конструкций следует понимать долговечность двух функциональных слоев: теплоизоляционного и наружного облицовочного, а срок службы ограждений будет определяться продолжительностью эксплуатации без потери теплозащитных и декоративных качеств этих функциональных слоев. В соответствии с этим долговечность ограждающих конструкций (а это долговечность теплоизоляционных и наружных облицовочных слоев) целесообразно приравнивать не к продолжительности физического износа зданий, а к продолжительности морального устаревания жилых зданий.

Основная проблема состоит в том, что в настоящее время отсутствуют методы оценки долговечности (и срока службы) теплоизоляционных и наружных лицевых слоев, утвержденные на федеральном уровне. Известны лишь отдельные ведомственные методы. В связи с этим разработка методов оценки долговечности, в которых адекватно моделируются эксплуатационные воздействия на теплоизоляционные материалы и материалы наружных облицовочных слоев ограждений, является важнейшей задачей.

Список литературы

1. Бойко М.Д. Техническое обслуживание и ремонт зданий и сооружений. Учебное пособие для вузов. – Л.: Стройиздат, Ленингр. отд-ние, 1986. – 256 с.
2. СНиП II-Л.1-71* «Жилые здания. Нормы проектирования».
3. Колотилкин Б.М. Долговечность жилых зданий. – М.: Изд-во литературы по строительству, 1965. – 254 с.
4. Каримова А.А. Принципы построения архитектурной среды массового жилья в условиях крупных городов (на примере г. Казани) // Известия КГАСУ, 2011, № 4 (18). – Казань. – С. 84-90.
5. Виноградов А.И. Комплексная реконструкция районов массовой жилой застройки крупных и крупнейших городов – главный вектор решения жилищной проблемы страны на современном этапе ее развития. Фундаментальные исследования РААСН

по научному обеспечению развития архитектуры, градостроительства и строительной отрасли Российской Федерации в 2011 г.: научные труды РААСН: в 2-х т. / РААСН ; ФГБОУ ВПО «Моск. гос. строит. ун-т»; ред. кол. А.П. Кудрявцев [и др.]. – М.: МГСУ, 2012. Т. 1. – 274 с.

Kupriyanov V.N. – doctor of technical sciences, professor

E-mail: kuprivan@kgasu.ru

Ivantsov A.I. – post-graduate student

E-mail: ivantsov@kgasu.ru

Kazan State University of Architecture and Engineering

The organization address: 420078, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

To the determination of optimal longevity of mass housing's enclosing structures

Resume

Longevity of the building is defined as a longevity of load-bearing and enclosing structures, that is, both the preservation of the building strength and comfort in it. However, the buildings are undergoing both a physical and moral deterioration, and in determining the service life of the structure should take into account both the process, i.e. economically feasible to determine optimum durability.

The paper analyzes the processes of physical and moral deterioration of mass housing buildings and shows that the obsolescence of buildings is faster in a few times. In this regard, the article attempts to define the joint consideration of these processes on the basis of socio-economic development of regions.

Durability of load-bearing systems of buildings, including the structural layer of envelope made of artificial stone materials is much higher durability of exterior insulation and cladding layers. Because of this service life of load-bearing systems and building envelope may not be the same.

Authors suggested a durability of external walls determine as durability of two functional layers: thermal insulation and outer cladding, and the service life guards to determine as the duration of operation without loss of thermal protective and decorative qualities of these functional layers.

Keywords: mass housing, enclosing structures, longevity, physical deterioration, obsolescence, service life.

References

1. Boyko M.D. Maintenance and repair of buildings and structures. Uchebnoe posobie dlya vuzov. – L.: Stroyizdat, Leningr. otd-nie, 1986. – 256 p.
2. СНиП II-L.1-71* «Residential buildings. Design standards».
3. Kolotilkin B.M. Longevity of residential buildings. – M.: Publishing House of Literature on construction, 1965. – 254 p.
4. Karimova A.A. Principles of architectural environment of mass housing in large cities (evidence from Kazan) // News of the KSUAE, 2011, № 4 (18). – Kazan. – P. 84-90.
5. Vinogradov A.I. Complex reconstruction of the areas of mass housing construction in major cities – the main vector for solving the housing problems of the country at the present stage of its development. Basic research RAACS on scientific support in architecture, urban planning and construction industry of the Russian Federation in 2011: research papers RAACS: in 2 v. / RAACS; MSUCE; Ed. count. A.P. Kudryavtsev [et al.]. – M.: MSUCE, 2012. V. 1. – 274 p.

УДК 691.33

Куприянов В.Н. – доктор технических наук, профессор

E-mail: kuprivan@kgasu.ru

Петров А.С. – аспирант

E-mail: ortemk@me.com

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1

Паропроницаемость материалов в условиях, приближенных к эксплуатационным

Аннотация

В работе исследуются закономерности процесса паропереноса через ограждающую конструкцию, моделируя ее реальные эксплуатационные условия, что позволяет получить наиболее адекватные результаты. В отличие от общепринятых методов измерения паропроницаемости строительных материалов, в данной работе описывается методика, учитывающая движение воздуха над образцом. Первые результаты эксперимента наглядно показывают, что существующие стандартные методы измерения паропроницаемости сильно упрощены и требуют научного развития.

Ключевые слова: паропроницаемость, ограждающие конструкции, теплоизоляционные материалы, ветровой поток.

Известно, что разность парциальных давлений водяного пара во внутреннем и наружном воздухе вызывает диффузию водяного пара через ограждающую конструкцию. В зимние месяцы процесс диффузии протекает наиболее интенсивно, в летний период ослабевает и может прекратиться совсем. Исследованию процессов паропроницания в материалах и ограждающих конструкциях посвящено большое число работ как отечественных, так и зарубежных авторов. Первые научные исследования были сделаны В.Д. Мачинским для выявления роли диффузии и конденсации водяного пара в ограждении. Метод прогнозирования влажностного состояния ограждающих конструкций в стационарных температурно-влажностных условиях был разработан К.Ф. Фокиным. Впоследствии исследованием разнообразных аспектов состояния и переноса влаги в строительных материалах занимались О.Е. Власов, Р.Е. Брилинг, А.У. Франчук, Э.Х. Одельской, Ф.В. Ушков, В.Н. Богословский, А.В. Лыков, С.В. Александровский, В.М. Ильинский, Б.Ф. Васильев, А.И. Фоломин, В.И. Лукьянов, А.Г. Переображенцев, В.Г. Гагарин, А.П. Васьковский, Е.И. Тертичников, В.В. Козлов и др. Однако многие аспекты закономерностей паропроницания в ограждающих конструкциях требуют дальнейших исследований.

При расчетах паропроницаемости и увлажнения ограждающих конструкций конденсированной влагой в [1, 2, 7-10] используют коэффициенты паропроницаемости материалов (μ), приведенные в справочных таблицах. Эти значения μ получены испытанием материалов по методикам государственных стандартов [3-6]. Во всех методах испытаний образец находится в постоянных температурно-влажностных условиях. Различие состоит в схеме движения водяного пара. В первом случае при так называемом сухом методе водяной пар проходит через образец из влажного воздуха в чашку с влагопоглотителем, где влажность воздуха приближается к нулю. Во втором случае (мокрый метод) водяной пар из чашки с водой, где влажность воздуха близка к 100 %, проходит через образец в воздух, имеющий меньшую влажность. Эти схемы испытаний представлены на рис. 1.

В обеих схемах испытания образцы находятся в спокойном воздухе, в то время как в ограждениях зданий наружная поверхность (то есть поверхность испарения) подвергается воздействию ветра. Особенно это проявляется в вентилируемых фасадах, когда в воздушной прослойке по наружной поверхности утеплителя движется гравитационный поток воздуха. В дополнение к этому следует отметить, что разность температур по наружной и внутренней сторонах утеплителя может достигать десятка градусов. То есть помимо молекулярной диффузии в реальных эксплуатационных условиях существуют явления турбулентной диффузии и термодиффузии.

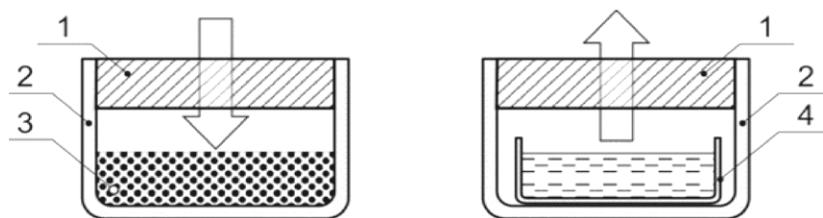


Рис. 1. Стандартные схемы определения паропроницаемости материалов
1 – образец материала, 2 – чашка, 3 – влагопоглотитель, 4 – кювета с водой.
Стрелкой показано направление движения водяного пара

Из этого следует, что стандартные методы определения паропроницаемости материалов не моделируют условий их эксплуатации в ограждающих конструкциях и можно высказать предположение о некорректности использования коэффициента паропроницаемости μ из справочных таблиц при расчетах влажности материалов в ограждениях.

В таких отраслях техники, как производство одежды, тканей, искусственной кожи и т.п., есть опыт моделирования эксплуатационных условий при оценке паропроницаемости материалов [ГОСТ 22900-78]. Для измерения паропроницаемости материалов разработано большое количество нестандартных устройств, позволяющих моделировать специальные эксплуатационные условия.

Изучение этого опыта позволило создать лабораторную установку [11] по определению паропроницаемости материалов, в которой моделируется ветровой поток над поверхностью испарения и разность температур на разных поверхностях образца (рис. 2). Установка позволяет изменять условия паропроницания образцов: устанавливать перепад температур по разным поверхностям образца, а над поверхностью испарения образца создавать воздушный поток и регулировать его скорость. Количество испаряющейся через образец парообразной влаги фиксируется электронными весами в непрерывном режиме.

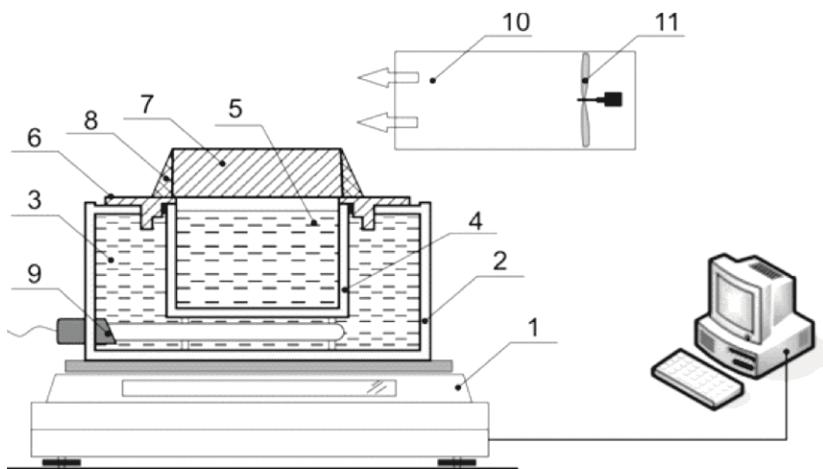


Рис. 2. Схема установки по определению характеристик паропроницаемости материалов с моделированием эксплуатационных воздействий: 1 – электронные весы, 2 – жидкостной термостат, 3 – специальная жидкость, 4 – чашка, 5 – вода, 6 – обойма, 7 – образец, 8 – герметизирующий состав, 9 – регулятор температуры, 10 – аэродинамическая труба, 11 – вентилятор

Результаты измерений передаются на компьютер и обрабатываются в автоматическом режиме. Результат измерений представляется в виде таблиц, графиков или в виде характеристик паропроницаемости: потери массы, коэффициента паропроницаемости μ или сопротивления паропроницанию R .

В настоящей статье представлены результаты исследования волокнистого теплоизоляционного материала Rockwool с плотностью 90 кг/м³, газобетона плотностью 400 кг/м³ и пенополистирола плотностью 8 кг/м³.

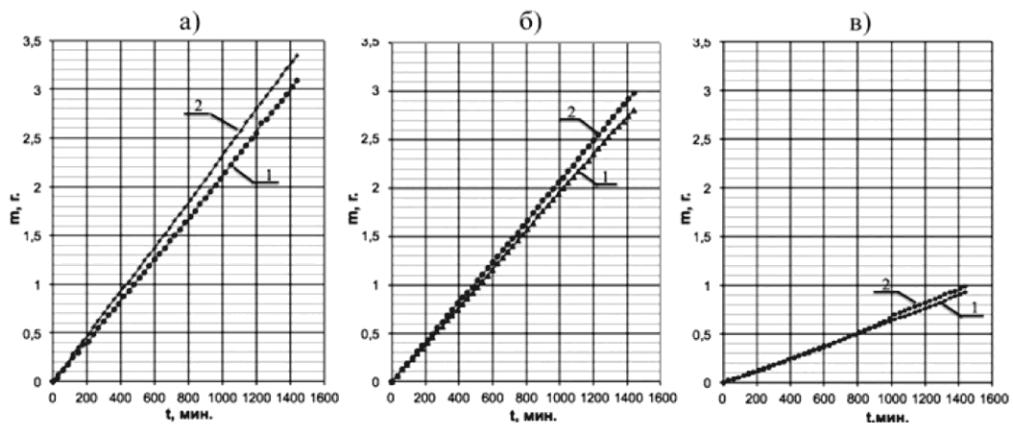


Рис. 3. Скорость испарения по времени:
 а) минеральная вата; б) газобетон; в) пенополистирол;
 1 – без движения воздуха над образцом; 2 – с движением воздуха над образцом

Испытания образца материала утеплителя Rockwool диаметром 12 см, толщиной 5 см проведены при температуре 20-20,6 °C, влажность воздуха над образцом изменялась в пределах 50-52 %. При этих температурно-влажностных условиях упругость водяного пара внутри чаши с водой (при 100 % влажности) будет равна $E=2338$ Па (предел насыщения при температуре 20°C). В помещении лаборатории $e=2338(51/100)=1192$ Па. То есть образец находится под разностью давлений $\Delta e=(E-e)=2338-1192=1146$ Па.

Испытания газобетона толщиной 3,4 см проведены при температуре 21,6-21,7 °C, влажность воздуха над образцом 36,7 %. При этих температурно-влажностных условиях упругость водяного пара внутри чаши с водой (при 100 % влажности) будет равна $E=2586,94$ Па (предел насыщения при температуре 21,65°C). В помещении лаборатории $e=2586,94(36,7/100)=935,44$ Па. То есть образец находится под разностью давлений $\Delta e=(E-e)=2586,94-935,44=1651,5$ Па.

Испытания пенополистирола толщиной 4 см проведены при температуре 24,4-24,7 °C, влажность воздуха над образцом колебалась в пределах 16,2-16,9 %. При этих температурно-влажностных условиях упругость водяного пара внутри чаши с водой (при 100 % влажности) будет равна $E=3072,56$ Па (предел насыщения при температуре 24,55 °C). В помещении лаборатории $e=3072,56(16,55/100)=508,51$ Па. То есть образец находится под разностью давлений $\Delta e=(E-e)=3072,56-508,51=2564,05$ Па.

Испытания проведены без движения воздуха над образцом и со скоростью воздушного потока над образцом – 0,2 м/с. Характерная скорость движения воздуха в вентилируемой прослойке навесных фасадов 0,2~1 м/с.

На рис. 3 представлены сравнительные данные по скорости испарения парообразной влаги испытанных материалов. Можно видеть, что за сутки (1440 мин.) через образец минеральной ваты без движения воздуха над ним прошло 3,09 г. влаги, а с движением воздуха – 3,35 г., через образец газобетона 2,71 и 2,99 и через образец пенопласта 0,9725 и 0,99 г. соответственно. Можно видеть, что скорость испарения с потоком воздуха над поверхностью испарения возросла.

Данные эксперимента позволяют рассчитать различные характеристики паропроницаемости испытанных материалов.

Минеральная вата:

- Плотность потока водяного пара через образец (q):

$$q = \frac{\Delta m}{\Delta t \cdot F}, \text{ мг/(м}^2\cdot\text{час}), \quad (1)$$

где Δm – количество парообразной влаги, прошедшей через образец за время Δt , мг (уменьшение массы чаши), F – площадь образца, м^2 .

– без потока воздуха над образцом:

$$q_1 = \frac{3090}{24 \cdot 0,0113} = 11393,8, \text{ мг/(м}^2\cdot\text{час});$$

– с потоком воздуха над образцом:

$$q_2 = \frac{3350}{24 \cdot 0,0113} = 12352,5, \text{ мг}/(\text{м}^2 \cdot \text{час}).$$

2. Сопротивление паропроницанию (R):

$$R = \frac{\Delta e - \delta_B}{q} \cdot \frac{\mu_B}{\mu_e}, (\text{м}^2 \cdot \text{час} \cdot \text{Па})/\text{мг}, \quad (2)$$

где δ_B – расстояние от уровня воды до нижней плоскости образца (толщина слоя воздуха), равное 0,01 м, μ_e – паропроницаемость воздуха равная 1,01 мг/(м·час·Па);

– без потока воздуха над образцом:

$$R_1 = \frac{\Delta e - \delta_B}{q_1} \cdot \frac{\mu_B}{\mu_e} = \frac{1146}{11393,8} - \frac{0,01}{1,01} = 0,0906, (\text{м}^2 \cdot \text{час} \cdot \text{Па})/\text{мг};$$

– с потоком воздуха над образцом:

$$R_2 = \frac{\Delta e - \delta_B}{q_2} \cdot \frac{\mu_B}{\mu_e} = \frac{1146}{12352,5} - \frac{0,01}{1,01} = 0,0828, (\text{м}^2 \cdot \text{час} \cdot \text{Па})/\text{мг}.$$

3. Коэффициент паропроницаемости (μ):

$$\mu = \frac{\delta}{R}, \text{ мг}/(\text{м} \cdot \text{час} \cdot \text{Па}), \quad (3)$$

где δ – толщина образца, м.

– без потока воздуха над образцом:

$$\mu_1 = \frac{\delta}{R_1} = \frac{0,05}{0,0906} = 0,552, \text{ мг}/(\text{м} \cdot \text{час} \cdot \text{Па});$$

– с потоком воздуха над образцом:

$$\mu_2 = \frac{\delta}{R_2} = \frac{0,05}{0,0828} = 0,604, \text{ мг}/(\text{м} \cdot \text{час} \cdot \text{Па});$$

Газобетон:

– без потока воздуха:

$$\begin{aligned} q_1 &= 9202,662 \text{ мг}/(\text{м}^2 \cdot \text{час}); \\ R_1 &= 0,1696 (\text{м}^2 \cdot \text{час} \cdot \text{Па})/\text{мг}; \\ \mu_1 &= 0,200 \text{ мг}/(\text{м} \cdot \text{час} \cdot \text{Па}). \end{aligned}$$

– с потоком воздуха:

$$\begin{aligned} q_2 &= 10153,491 \text{ мг}/(\text{м}^2 \cdot \text{час}); \\ R_2 &= 0,153 (\text{м}^2 \cdot \text{час} \cdot \text{Па})/\text{мг}; \\ \mu_2 &= 0,222 \text{ мг}/(\text{м} \cdot \text{час} \cdot \text{Па}). \end{aligned}$$

Пенополистирол:

– без потока воздуха:

$$\begin{aligned} q_1 &= 3294,38 \text{ мг}/(\text{м}^2 \cdot \text{час}); \\ R_1 &= 0,764 (\text{м}^2 \cdot \text{час} \cdot \text{Па})/\text{мг}; \\ \mu_1 &= 0,0523 \text{ мг}/(\text{м} \cdot \text{час} \cdot \text{Па}). \end{aligned}$$

– с потоком воздуха:

$$\begin{aligned} q_2 &= 3361,86 \text{ мг}/(\text{м}^2 \cdot \text{час}); \\ R_2 &= 0,759 (\text{м}^2 \cdot \text{час} \cdot \text{Па})/\text{мг}; \\ \mu_2 &= 0,053 \text{ мг}/(\text{м} \cdot \text{час} \cdot \text{Па}). \end{aligned}$$

Таким образом, сопоставление двух коэффициентов паропроницаемости показывает, что поток воздуха над образцом со скоростью 0,2 м/с увеличивает коэффициент паропроницаемости минераловатного утеплителя на 9,4 %, газобетона на 9,1 %, материала из пенополистирола на 1,32 %.

По-видимому, вблизи поверхности испарения концентрация водяного пара выше, чем в помещении, что затрудняет процесс паропроницания в стационарных условиях. При действии ветрового потока концентрация водяного пара вблизи поверхности испарения снижается и становится равной концентрации водяного пара в помещении, что и влияет на увеличение коэффициента паропроницаемости.

Программное обеспечение позволяет автоматически рассчитывать коэффициент паропроницаемости испытываемого материала и строить график изменения его величины во времени. На рис. 4 представлены графики изменения коэффициента паропроницаемости минераловатного утеплителя после установления стационарного режима (на четвертые сутки испытаний). Из рис. 4 видно, что в течение суток при сохранении средних величин (μ) фактические значения коэффициента паропроницаемости испытывают колебания как в сторону увеличения, так и в сторону уменьшения. Причем более частые колебания наблюдаются в случае воздушного потока над образцом. Аналогичные данные получены при испытании газобетона и пенополистирола.

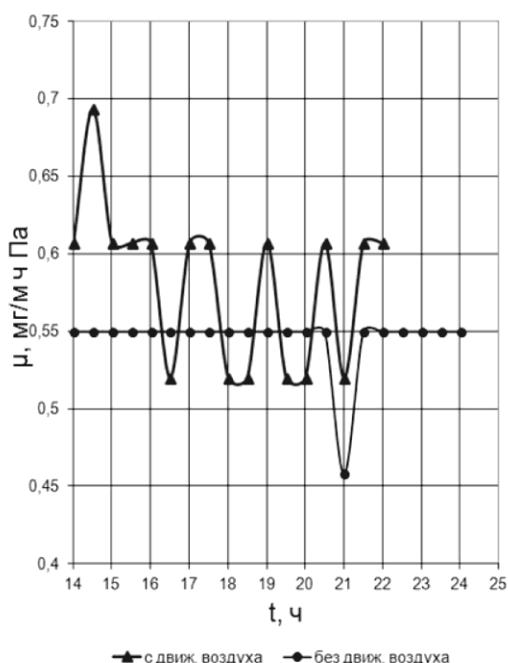


Рис. 4. Изменение коэффициента паропроницаемости во времени

Из этого следует, что процесс паропроницания материалов не является простым и однозначным. По-видимому, объяснить колебания коэффициента паропроницаемости на имеющемся экспериментальном материале не представляется возможным, необходимо продолжить исследования других материалов и при других режимах испытаний.

Список литературы

1. СНиП 23-02-2003. Тепловая защита зданий.
2. СП 23-101-2004. Проектирование тепловой защиты зданий.
3. ГОСТ 25898-83. Материалы и изделия строительные. Методы определения сопротивления паропроницанию.
4. ГОСТ 28575-90. Конструкции бетонные и железобетонные. Испытание паропроницаемости защитных покрытий.
5. ГОСТ Р ЕН 12086. Изделия теплоизоляционные, применяемые в строительстве. Метод определения характеристик паропроницаемости.
6. ASTM E-96. Standart test methods for water vapor transmission of materials.
7. Рекомендации по проектированию и применению для строительства и реконструкции зданий в г. Москве фасадной системы с вентилируемым воздушным зазором «U-kon».
8. Фасадная система «Полиалпан». Рекомендации по проектированию и применению для строительства и реконструкции зданий. ОАО ЦНИИЭП Жилища, 2003.
9. Рекомендации по проектированию навесных фасадных систем с вентилируемым воздушным зазором для нового строительства и реконструкции зданий. Правительство Москвы, Москомархитектура, 2002.

10. Рекомендации по составу и содержанию документов и материалов, предоставляемых для технической оценки пригодности продукции. Фасадные теплоизоляционные системы с воздушным зазором.
11. Решение о выдаче патента на полезную модель по заявке № 2012155972/28(088561). Дата подачи заявки 21.12.2012. Авторы: Куприянов В.Н., Петров А.С.

Kupriyanov V.N. – doctor of technical sciences, professor

E-mail: kuprivan@kgasu.ru

Petrov A.S. – post-graduate student

E-mail: ortemk@me.com

Kazan State University of Architecture and Engineering

The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Water vapor permeability of materials under actual operating conditions

Resume

This article discusses methods for determining the water vapor permeability of building materials, and indicates the need for testing of materials under actual operating conditions. The article is devoted to the experimental study of water vapor permeability considering wind effects on the surface of the test specimens. Understanding the process of water vapor permeability interconnected with real operating conditions of enclosing structure, will enable proper evaluation and prediction of water vapor permeability of the assembly, which guarantees the preservation of its thermal characteristics and durability. The authors developed an experimental setup that simulates actual operating conditions of a wall structure. A distinctive feature of the method described in the article is that it allows to analyze the kinetics of water vapor permeability considering the movement of air at the surface of the sample. The obtained results of a study of some insulating materials presented in the article talking about the need of scientific development on this issue.

Key words: water vapor permeability, building envelope, mineral wool, aerated concrete, Styrofoam, wind flow.

References

1. SNIP 23-02-2003. Thermal protection of buildings.
2. Set of rules 23-101-2004. Design of thermal protection of buildings.
3. GOST 25898-83. Materials and products. Methods for determination of the resistance to water vapor transmission.
4. GOST 28575-90. Concrete and reinforced concrete design. Vapor permeability test of protective coatings.
5. GOST R EH 12086. Thermal insulation products for building applications. Method for determining the water vapor permeability.
6. ASTM E-96. Standart test methods for water vapor transmission of materials.
7. Recommendations for the design and application for the construction and reconstruction of buildings in Moscow facade system with ventilated air gap «U-kon».
8. The facade system «Polialpan». Recommendations for the design and application for the construction and renovation of buildings. Open Joint Stock Company CNIIEP Dwellings, 2003.
9. Recommendations for the design of systems with hinged front ventilated air gap for new construction and renovation projects. The Government of Moscow, Moskomarkhitektura, 2002.
10. Recommendations on the composition and content of the documents and materials submitted for technical evaluation of the suitability of products. Facade insulation systems with an air gap.
11. The decision to grant a patent for utility model application number 2012155972/28 (088561). Filing Date 21/12/2012. Authors: V.N. Kupriyanov, A.S. Petrov.

УДК 624.011.1

Лобов Д.М. – аспирант

E-mail: d.m.lobov@yandex.ru

Кричин А.В. – кандидат технических наук

E-mail: ak.dk@mail.ru

Тихонов А.В. – аспирант

E-mail: tihon88@mail.ru

Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет

Адрес организации: 603950, Россия, г. Н. Новгород, ул. Ильинская, д. 65

Особенности армирования деревянных элементов, усиленных углеродным волокном, при статическом изгибе

Аннотация

Проведены предварительные сравнительные испытания деревянных элементов, усиленных углеродным волокном, на статический изгиб. Получен экономичный способ усиления деревянных конструкций углеродным волокном, который заключается в переменном армировании по длине деревянного элемента. Проведен сравнительный анализ деревянных балок, армированных постоянным и переменным способом. Полученные результаты экспериментов удовлетворяют результатам теоретических изысканий. Исследования проводились в рамках изучения совместной работы древесины и углеродного волокна.

Ключевые слова: углеродное волокно, углеродные композиционные материалы, композиты, ткань из углеродных волокон, усиление деревянных конструкций.

В рамках исследования вопроса эффективного использования углеродного волокна при усилении изгибающихся деревянных элементов анализу подверглись формулы для определения нормальных и касательных напряжений, базирующиеся на методике расчета армированных деревянных конструкций [3].

В основу данного расчета положена первая стадия (условно упругая) напряженно деформированного состояния. При этом считается, что связь между древесиной и элементом усиления непрерывна по длине конструкции и обеспечивает их полную совместную работу на весь срок эксплуатации.

Формула для определения нормальных напряжений в древесине при статическом изгибе элемента, усиленного углеволокном, будет иметь вид:

$$\sigma_d = \frac{M}{W_{np}^c}, \quad (1)$$

где $W_{np}^c = I_{np}/h_c$ – приведенный момент сопротивления сжатой зоны сечения;

$$I_{np} = I_d + n \cdot I_a = \frac{b \cdot h^3}{12} \cdot \frac{1 + 4 \cdot n \cdot \mu}{1 + n \cdot \mu} \quad - \text{приведенный момент инерции сечения}$$

относительно нейтральной оси;

$$h_c = \frac{h}{2} \cdot \frac{1 + 2 \cdot n \cdot \mu}{1 + n \cdot \mu} \quad - \text{высота сжатой зоны сечения};$$

$\mu = F_a/(b \cdot h)$ – коэффициент армирования поперечного сечения конструкции;

$n = E_a/E_d$ – отношение модулей упругости элемента усиления и древесины; E_a принят равным 230 ГПа для углеродного волокна плотностью 230 г/м²; E_d – длительный модуль упругости древесины принят равным 6,9 ГПа [4].

Подставив геометрические характеристики сечения в формулу (1), получим следующее выражение для определения нормальных напряжений:

$$\sigma = \frac{M}{(b \cdot h^2/6)} \cdot \frac{1 + 2 \cdot n \cdot \mu}{1 + 4 \cdot n \cdot \mu} = \sigma \cdot \beta_w, \quad (2)$$

где $\sigma = \frac{M}{(b \cdot h^2/6)}$ – формула для определения нормальных напряжений в древесине не усиленного элемента;

$\beta_w = \frac{1+2 \cdot n \cdot \mu}{1+4 \cdot n \cdot \mu}$ – коэффициент, учитывающий включение в работу углеволокна в качестве элемента внешнего армирования.

Формула для определения касательных напряжений в нейтральном слое древесины при статическом изгибе элемента, усиленного углеволокном, будет иметь вид:

$$\tau_d^{n.c.l.} = \frac{Q \cdot S_{np}}{I_{np} \cdot b_{расч}}, \quad (3)$$

где $S_{np} = b \cdot h_c^2/2$ – приведенный статический момент инерции.

Подставив геометрические характеристики сечения в формулу (3), получим следующее выражение для определения касательных напряжений в нейтральном слое древесины:

$$\tau_d^{n.c.l.} = \frac{Q \cdot S'_{bp}}{I_{bp} \cdot b_{расч}} \cdot \frac{(1+2 \cdot n \cdot \mu)^2}{(1+n \cdot \mu) \cdot (1+4 \cdot n \cdot \mu)} = \tau_d \cdot \beta_{n.c.l.}, \quad (4)$$

где $\tau_d = \frac{Q \cdot S'_{bp}}{I_{bp} \cdot b_{расч}}$ – формула для определения касательных напряжений в древесине в уровне нейтрального слоя не усиленного элемента;

$\beta_{n.c.l.} = \frac{(1+2 \cdot n \cdot \mu)^2}{(1+n \cdot \mu) \cdot (1+4 \cdot n \cdot \mu)}$ – коэффициент, учитывающий включение в работу углеволокно в качестве элемента внешнего армирования.

Формула для определения касательных напряжений в уровне клеевого шва при статическом изгибе элемента, усиленного углеволокном, будет иметь вид:

$$\tau_{k.w.} = \frac{Q \cdot S_{np}^a}{I_{np} \cdot b_{k.w.}}, \quad (5)$$

где $S_{np}^a = n \cdot F_a \cdot h_p$ – приведенный статический момент углеволокна относительно нейтральной оси;

$h_p = \frac{h}{2 \cdot (1+n \cdot \mu)}$ – высота растянутой зоны сечения;

$b_{k.w.}$ – ширина поверхности скальвания клеевого шва.

Подставив геометрические характеристики сечения в формулу (5), получим следующее выражение для определения касательных напряжений в уровне клеевого шва:

$$\tau_{k.w.} = \frac{Q \cdot S'_{bp}}{I_{bp} \cdot b_{k.w.}} \cdot \frac{4 \cdot n \cdot \mu}{1+4 \cdot n \cdot \mu} = \tau_d \cdot \beta_{k.w.}, \quad (6)$$

где $\beta_{k.w.} = \frac{4 \cdot n \cdot \mu}{1+4 \cdot n \cdot \mu}$ – коэффициент, учитывающий включение в работу углеволокна в качестве элемента внешнего армирования.

По формулам (2), (4), (6) строим графики зависимостей нормальных и касательных напряжений элемента, усиленного углеволокном, к нормальным и касательным напряжениям не усиленного элемента при изменении коэффициента армирования μ при прочих равных условиях.

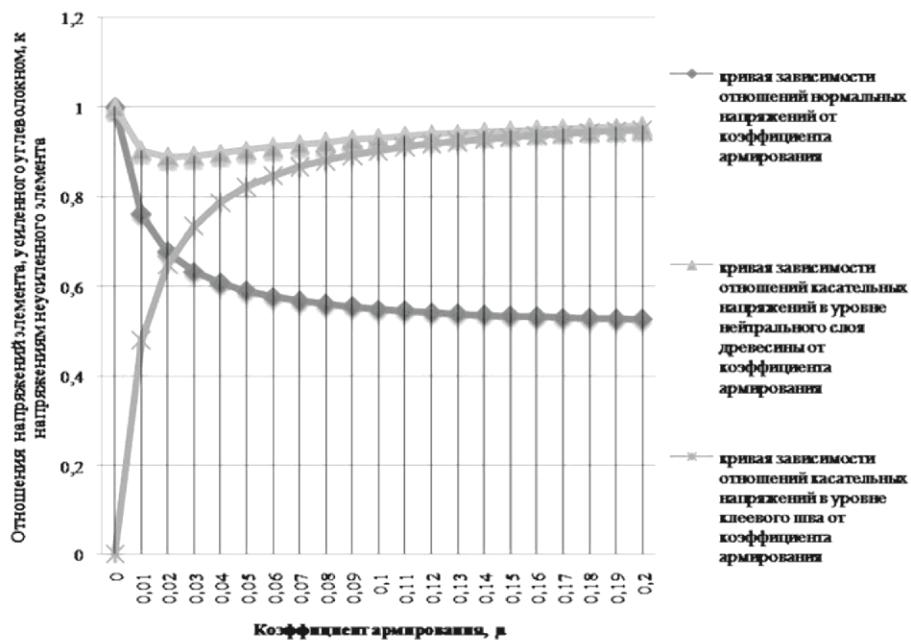


Рис. 1. График зависимости отношений нормальных и касательных напряжений

По графику видно, что при $\mu=0$ отношение нормальных напряжений в древесине усиленного элемента к нормальным напряжениям не усиленного элементов равны 1, а при увеличении коэффициента армирования μ отношение напряжений уменьшается. Несколько отличная ситуация наблюдается с касательными напряжениями в уровне нейтрального слоя древесины. При $\mu=0$ отношение касательных напряжений усиленного элемента к напряжениям в не усиленном элементе равно 1, а при увеличении коэффициента армирования μ отношение сначала уменьшается, затем плавно начинает увеличиваться, но 1 так и не достигает. Обратная ситуация наблюдается с касательными напряжениями в уровне kleевого шва. При $\mu=0$ касательные напряжения в уровне kleевого шва усиленного элемента равны 0, а при увеличении коэффициента армирования отношение касательных напряжений в уровне kleевого шва усиленного элемента к касательным напряжениям не усиленного элемента плавно увеличивается, но 1 так и не достигает.

Проанализировав графики на рис. 1, можно сделать вывод о том, что рационально используемый коэффициент армирования составляет $\mu=5\div6\%$, т.к. дальнейшее увеличение углеродного волокна к значительному приросту прочности не приводит.

Исходя из соображений экономии материала для внешнего армирования, найдем оптимальный способ армирования деревянных изгибающихся элементов, нагруженных равномерно распределенной нагрузкой. При действии равномерно распределенной нагрузки расчетное сечение балки по нормальным напряжениям располагается в середине пролета, в месте действия максимального изгибающего момента. Если выполняется проверка прочности деревянного элемента, армированного углеродным волокном, по нормальным напряжениям в расчетном сечении, то проверка прочности в остальных сечениях по нормальным напряжениям выполняется автоматически. Изменяя коэффициент армирования по длине изгибающего элемента, усиленного углеродным волокном, добьемся того, чтобы нормальные напряжения в любом сечении балки были равны нормальным напряжениям в расчетном сечении, т.е.:

$$\sigma_x = \sigma_{cp}, \quad (7)$$

где $\sigma_x = \frac{6 \cdot M_x}{b \cdot h^2} \cdot \frac{1 + 2 \cdot n \cdot \mu_x}{1 + 4 \cdot n \cdot \mu_x} = \frac{6 \cdot M_x}{b \cdot h^2} \cdot \beta_x$ – нормальные напряжения в сечении изгибающего элемента, усиленного углеродным волокном, на расстоянии x от опоры;

$M_x = q \cdot x \cdot (1-x)/2$ – изгибающий момент в сечении балки на расстоянии x от опоры от равномерно распределенной нагрузки q ;

$\sigma_{\varphi} = \frac{6 \cdot M_{\varphi}}{b \cdot h^2} \cdot \frac{1 + 2 \cdot n \cdot \mu_{\varphi}}{1 + 4 \cdot n \cdot \mu_{\varphi}} = \frac{6 \cdot M_{\varphi}}{b \cdot h^2} \cdot \beta_{\varphi}$ – нормальные напряжения в середине пролета изгибающегося элемента, усиленного углеволокном;

$M_{\varphi} = q \cdot l^2 / 8$ – изгибающий момент в середине пролета балки от равномерно распределенной нагрузки q .

Подставив значения нормальных напряжений в выражение (7), получим:

$$\frac{6 \cdot M_x}{b \cdot h^2} \cdot \beta_x = \frac{6 \cdot M_{\varphi}}{b \cdot h^2} \cdot \beta_{\varphi} \text{ или } \frac{q \cdot x \cdot (1-x)}{2} \cdot \frac{6}{b \cdot h^2} \cdot \beta_x = \frac{q \cdot l^2}{8} \cdot \frac{6}{b \cdot h^2} \cdot \beta_{\varphi}.$$

Выполнив преобразования, получим:

$$\beta_x = \frac{l^2 \cdot \beta_{\varphi}}{4 \cdot x \cdot (1-x)}, \quad (8)$$

где $\beta_x = (1 + 2 \cdot n \cdot \mu_x) / (1 + 4 \cdot n \cdot \mu_x)$ – коэффициент, учитывающий включение в работу углеволокна в качестве элемента внешнего армирования;

В результате, подставив значение β_x в формулу (8) и выразив μ_x , получим зависимость коэффициента армирования изгибающегося элемента, усиленного углеволокном, по длине, от значения коэффициента армирования в середине пролета балки:

$$\mu_x = \frac{4 \cdot x \cdot (1-x) - l^2 \cdot \beta_{\varphi}}{4 \cdot n \cdot (l^2 \cdot \beta_{\varphi} - 2 \cdot x \cdot (1-x))}. \quad (9)$$

Данная зависимость представлена на рисунке 2.

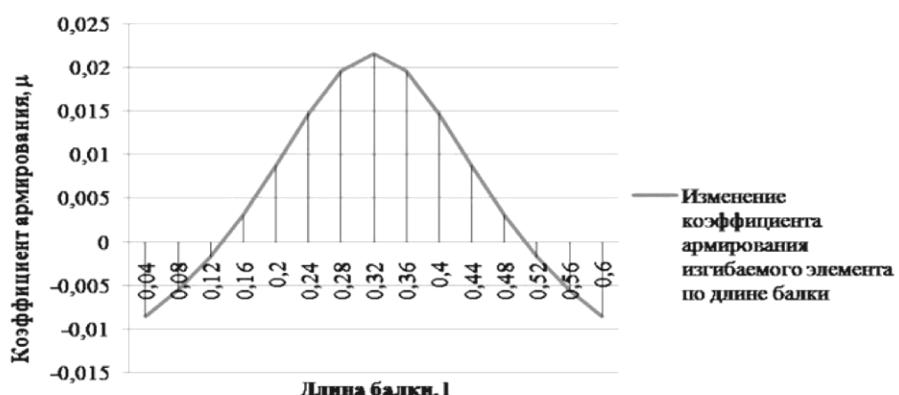


Рис. 2. График зависимости коэффициента армирования изгибающегося элемента, усиленного углеволокном, по длине, от значения коэффициента армирования в середине пролета балки

Зона отрицательных значений коэффициента не требует внешнего армирования для обеспечения прочности балки. Для предварительной проверки полученной зависимости был поставлен эксперимент. Для испытания было взято два образца из чистой древесины сосны длиной 720 мм сечением 25x25 мм при расстоянии между опорами 640 мм.

В качестве усиления образца деревянной балки была использована углеродная односторонняя лента производства холдинговой компании ЗАО «Композит» (г. Москва) марки FibARM с плотностью 230 г/м², модулем упругости 230 ГПа и прочностью при растяжении 4 ГПа.

Лента была разделена по структурным прядям на одинаковые части, в каждой части (слое) по шесть прядей. Толщина одного слоя составила 0,128 мм.

На первый образец было нанесено 5 слоев углеродного волокна таким образом, что коэффициент армирования оставался постоянным по всей длине балки. На второй образец было нанесено 5 слоев углеродного волокна таким образом, что функция изменения коэффициента армирования по длине изгибающегося элемента соответствовала формуле (9). Общая толщина элемента усиления из углеродного волокна составила 0,64 мм. Расход углеволокна для образца № 1 составил 15,46 граммов, для образца № 2 – 6,76 граммов. Схема армирования первого и второго образцов представлена на рисунке 3. В качестве

связующего был использован клей на основе эпоксидной смолы ЭД-20 с добавлением отвердителя полиэтиленполиамина (ПЭПА) в пропорции 1/8 в весовых частях. Перед наклеиванием нижняя грань деревянных образцов зачищалась. Каждый новый слой углеродного волокна укладывался на клеевой состав. В течение суток клей отвердевал.

Схема армирования 1-го элемента

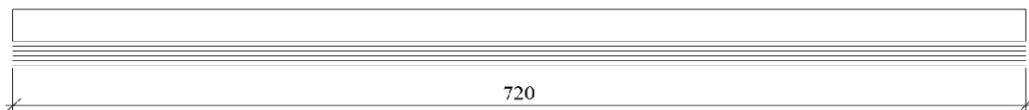


Схема армирования 2-го элемента

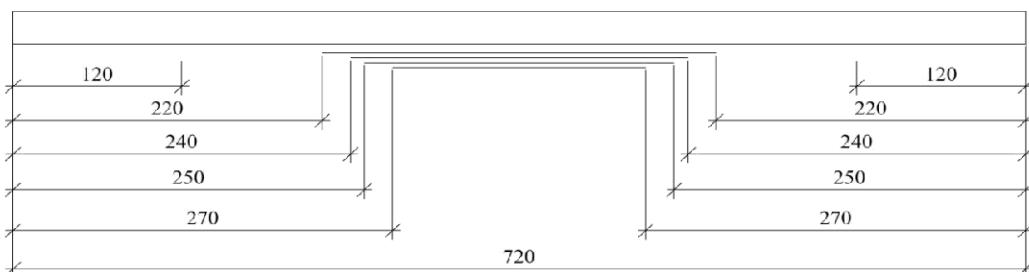


Рис. 3. Схема армирования образцов

Сразу после испытаний замерялась влажность образцов с помощью влагомера игольчатого типа марки ИВ-1. Влажность обоих образцов составила 9 %. На образцы был установлен прогибомер часового типа с ценой деления 0,01 мм для измерения прогибов посередине испытуемой балки. На рис. 4 показана расчетная схема, использованная при испытании образцов.

Согласно ГОСТ 16483.3-84 [1] образец доводился до разрушения в течение 1-2 минут с замером прогибов после приложения каждой ступени нагрузки до разрушения. Шаг загружения был принят 5 кг. Разрушению образца с постоянным армированием по всей длине предшествовало развитие значительных прогибов с развитием пластических деформаций в сжатой зоне древесины. Разрушение произошло от разрыва углеволокна. Характер разрушения второго образца, балки с переменным армированием, был также хрупким, но произошло оно вследствие потери прочности по скальвающим напряжениям в уровне клеевого шва.

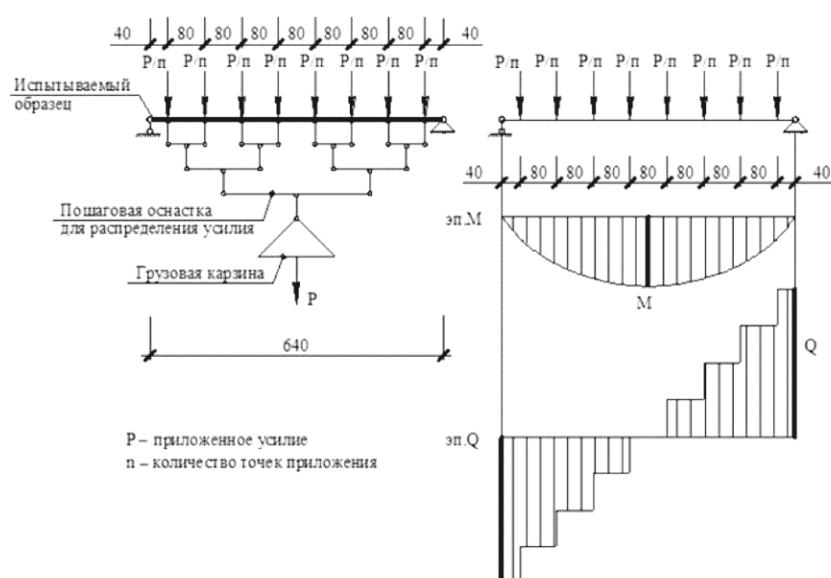


Рис. 4. Расчетная схема опытного образца с 8-ю точками приложения нагрузки (усилия, кгс, размеры, мм)

Предел прочности при изгибе для первого испытанного образца был достигнут при нагрузке в 336 кгс, а для второго – при нагрузке в 326 кгс. На основе экспериментов была также построена диаграмма зависимости между внешней нагрузкой и прогибами при статическом изгибе (рис. 5). По диаграмме видно, что деформативность 2-го образца, балки с переменным армированием, несколько выше, чем деформативность 1-го образца, балки с постоянным армированием по всей длине.

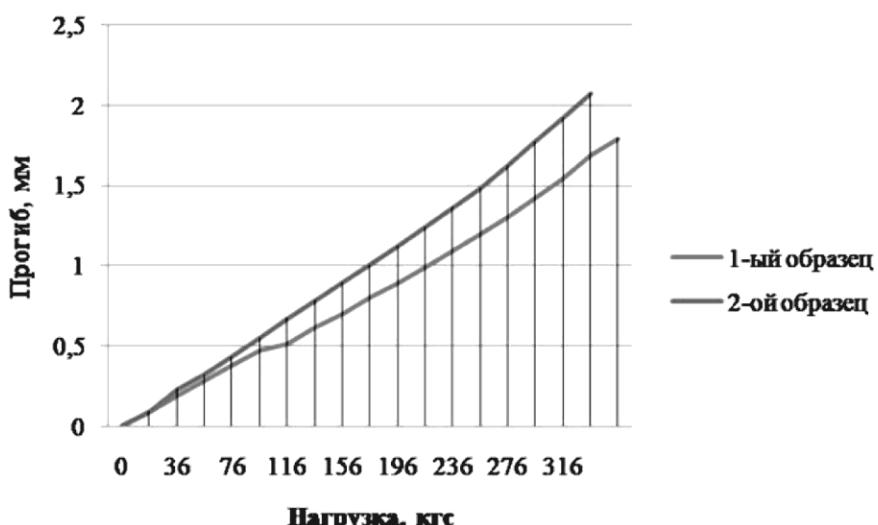


Рис. 5. График зависимости между приложенной нагрузкой и прогибами при статическом изгибе для 1-го и 2-го образцов

Таким образом, можно сделать вывод о том, что применение балок с переменным армированием по длине приведет к незначительной потере прочности и повышению деформативности, по сравнению с балками с постоянным армированием, но при этом помогает экономить более 50 % армирующего материала.

Список литературы

1. ГОСТ16483.3-84 Древесина. Метод определения предела прочности при статическом изгибе.
2. СП 64.13330.2011 Деревянные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-25-80. – М., 2011.
3. Щуко В.Ю. Клееные армированные деревянные конструкции: Учебное пособие / Щуко В.Ю., Роцина С.И. – СПб.: ГИОРД, 2009. – 128 с.
4. Цепаев В.А. Оценка модуля упругости древесины конструкций // Жилищное строительство, 2003, № 2. – С. 11-13.

Lobov D.M. – post-graduate student
E-mail: d.m.lobov@yandex.ru

Kritsin A.V. – candidate of technical sciences
E-mail: ak.dk@mail.ru

Tikhonov A.V. – post-graduate student
E-mail: tihon88@mail.ru

Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering
The organization address: 603950, Russia, Nizhny Novgorod, Ilyinskaya st., 65

Features of reinforcing of the wooden elements strengthened by carbon fiber, at the static bend

Resume

The paper describes a comparative study of two beams reinforced with carbon fiber

One with a variable reinforcement and the other with a constant reinforcement throughout the whole section. Test both samples are in static bending. With the optional accessories, the loads are transmitted to the beam to simulate a uniformly distributed load. Thus, in the middle of the beam we can see pure bending.

From a number of formulas determine geometric characteristics were derived dependences of the strength characteristics from the quantity reinforced material. According to the obtained dependencies were built graphics, clearly reflecting the effect of reinforcing element.

During the tests for the study of collaboration wood with carbon fiber was marked by a rather large expense of reinforcing material, which now has a commensurate value. One of the options saving carbon fiber, similar to other types of reinforcing materials, like metal, for example, is a variable reinforcement. The main objective of this article describes the experiment was to prove that the significant savings of carbon fiber carrying capacity of beam with variable reinforcement is commensurate with the carrying capacity of beams reinforced throughout the whole section. This hypothesis was confirmed. However is observed difference in the deflections, visually as well as measuring instruments. The use of less carbon-fiber will be more likely to use it as an element of reinforcement for timber.

Keywords: carbon fiber, carbon composite materials, variable reinforcement, tissue of carbon fibers, increased timber.

References

1. GOST 16483.3-84 Timber. The method for determination of ultimate flexural strength.
2. SP 64.13330.2011 Wooden structures. Actualized edition SNIP II-25-80. – M., 2011.
3. Shuko V.Y. Reinforced laminated wood constructions: Study guide / Shuko V.Y., Roshchina S.I. – SPb.: Giord, 2009. – 128 p.
4. Tsepaev V.A Estimate of the modulus elasticity of wood constructions // Residential construction, 2003, № 2. – P. 11-13.

УДК 666.1.001.5

Халикова Ф.Р. – ассистент
E-mail: khalikova_f@mail.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1

Методика определения относительной бактерицидной эффективности солнечного облучения на микрофлору жилых помещений

Аннотация

Предложена методика, позволяющая оценить бактерицидную эффективность наиболее активного участка солнечного спектра, в том числе проникающую в помещение в зависимости от географического пункта, прозрачности стекол и графика солнечного спектра в диапазоне 220-320 нм.

На базе данных по прозрачности стекол в характерных длинах волн представлены значения бактерицидной эффективности солнечного облучения, прошедшие через конкретный тип стекла.

Ключевые слова: инсоляция, солнечный спектр, УФ радиация, относительная бактерицидная эффективность, характерные длины волн, прозрачность стекол, микрофлора жилых помещений.

Под инсоляцией в архитектуре и градостроительстве понимают облучение прямым солнечным светом зданий и территорий застройки. Инсоляция является необходимым санитарно-гигиеническим фактором и одним из главных критериев оценки качества урбанизированной среды. В силу своей высокой энергии солнечная радиация способствует гибели болезнетворных бактерий и вредных микроорганизмов, свойственных жилым помещениям [1, 2, 3]. Однако, различные участки спектра обладают различной энергией, так наибольшей энергией в солнечном спектре обладает ультрафиолетовый участок спектра, который, в свою очередь, подразделяется на три спектральных диапазона А, В и С, бактерицидный эффект которых различен, так: причем диапазон С (200-280 нм) обладает максимальным бактерицидным воздействием; диапазон В (280-320 нм) меньшим бактерицидным воздействием; диапазон А (320-400 нм) только эритемным, загарным и общестимулирующим воздействием на человека.

Кроме этого, в УФ спектре выделяются характерные длины волн, энергия которых различна. Так, энергия длин волн 254, 280 нм обладает максимальным бактерицидным действием на большинство микроорганизмов, 297 нм – наибольший эритемный и антиракитный эффект.

Нижняя граница диапазона УФ спектра, оказывающая бактерицидное воздействие, определяется наиболее короткой длиной волны, достигающей поверхности земли. Однако в этом вопросе нет однозначного мнения, поскольку эта величина определяется прозрачностью и составом атмосферы. В разных литературных источниках эта граница определяется в 300 нм [1, 4, 5]. Вместе с тем, есть информация о том, что в атмосфере крупных городов, за счет промышленных выбросов и разрушения озонового слоя атмосферы, отмечается приход к поверхности земли УФ радиации более коротких длин волн [6]. В качестве иллюстрации на рис. 1 приведен спектр УФ солнечной радиации в Санкт-Петербурге, полученный измерением на спектрорадиометре Научно-производственным предприятием «ТКА». Спектр получен 17.12.12 в 14⁰⁰ при ясном небе.

Таким образом, можно говорить о диапазоне УФ радиации солнца, который имеет высшее бактерицидное воздействие на микрофлору – 220-320 нм.

Анализ практики санации лечебно-профилактических учреждений при воздействии УФ облучения позволил выявить принципы учета энергетических воздействий при облучении микроорганизмов различными длинами волн. Эти принципы использованы для оценки санации жилых помещений.

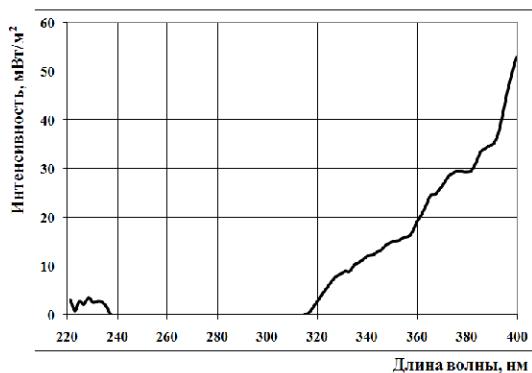


Рис. 1. Спектр УФ радиации солнца в Санкт-Петербурге, полученный на спектрорадиометре НТП «ТКА» 17.12.12 в 14⁰⁰

В методику расчета энергетического воздействия принят факт максимального бактерицидного воздействия на микроорганизмы длины волны 254 нм. Это воздействие принято за единицу. Чем дальше отстоит длина волны от 254 нм в ту или другую сторону, тем меньше энергетическое воздействие. То есть вводится коэффициент относительной бактерицидной эффективности (ОБактЭ) (табл. 1). Например, при длине волны 220 нм – 0,84; 254 нм – 1,0; 280 нм – 0,45; 297 нм – 0,26; 320 нм – 0,02 и т.д. (в медицинской практике введена энергетическая единица бактерицидной эффективности (Бакт), 1 Бакт = 1 Вт).

Таблица 1
Относительная бактерицидная эффективность

Длина волны, нм	320	300	280	254	220	180	100
Относительная бакт. эффективность	0,02	0,08	0,45	1,0	0,84	0,76	0,74

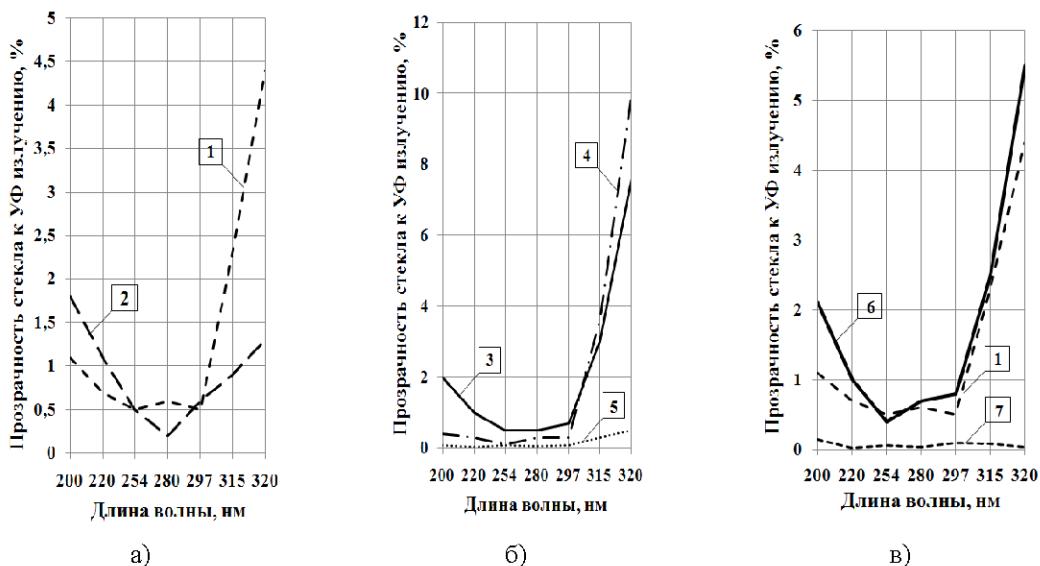


Рис. 2. Прозрачность стекол в характерных длинах волн: а) один тип стекла, разная толщина; б) одна толщина, разный тип стекла; в) разные типы стекол.

- 1 – StopSol Classic Clear 4; 2 – StopSol Classic Clear 8; 3 – Sunergy Clear 4;
- 4 – Саратовское силикатное стекло 4; 5 – Matelux ExtraClear 4; 6 – StopSol Supersilver Clear 4;
- 7 – EcoMatt Color Arctic Blue 4

Численные значения коэффициента ОБактЭ показывают, что энергия длин волн больше 320 нм практически не оказывает бактерицидного воздействия на микрофлору, что подтверждает выбранный диапазон УФ радиации (220-320 нм) для дальнейших исследований.

Данные по прозрачности испытанных стекол по каждой длине волн в диапазоне 220-320 нм, полученные авторами [7] и приведенные на рис. 2, позволили разработать методику определения интенсивности относительного бактерицидного воздействия на микрофлору помещений. Для реализации этой методики требуется график солнечного спектра в диапазоне 220-320 нм в конкретном географическом пункте. На основе этого графика с помощью компьютерных программ Grafula и Origin Pro составляется математическая модель солнечного спектра, выраженная через функцию (1).

$$f(x) = y_0 + \left(\frac{A_1}{w_1 \times \sqrt{\frac{\pi}{2}}} \right) \times \exp \left(-2 \times \left(\frac{x-xc_1}{w_1} \right)^2 \right) + \left(\frac{A_2}{w_2 \times \sqrt{\frac{\pi}{2}}} \right) \times \exp \left(-2 \times \left(\frac{x-xc_2}{w_2} \right)^2 \right) + \left(\frac{A_3}{w_3 \times \sqrt{\frac{\pi}{2}}} \right) \times \exp \left(-2 \times \left(\frac{x-xc_3}{w_3} \right)^2 \right) + \dots + \left(\frac{A_4}{w_4 \times \sqrt{\frac{\pi}{2}}} \right) \times \exp \left(-2 \times \left(\frac{x-xc_4}{w_4} \right)^2 \right) + \left(\frac{A_5}{w_5 \times \sqrt{\frac{\pi}{2}}} \right) \times \exp \left(-2 \times \left(\frac{x-xc_5}{w_5} \right)^2 \right) + \left(\frac{A_6}{w_6 \times \sqrt{\frac{\pi}{2}}} \right) \times \exp \left(-2 \times \left(\frac{x-xc_6}{w_6} \right)^2 \right), \quad (1)$$

где $f(x)$ – интенсивность солнечной радиации ($\text{Вт}/\text{м}^2$) при длине волны, равной x (нм).

С помощью данной функции можно определить интенсивность солнечного спектра по каждой длине волны. Графически эта модель для Санкт-Петербурга, рассчитанная по рис. 1, представлена на рис. 3 (кривая 1).

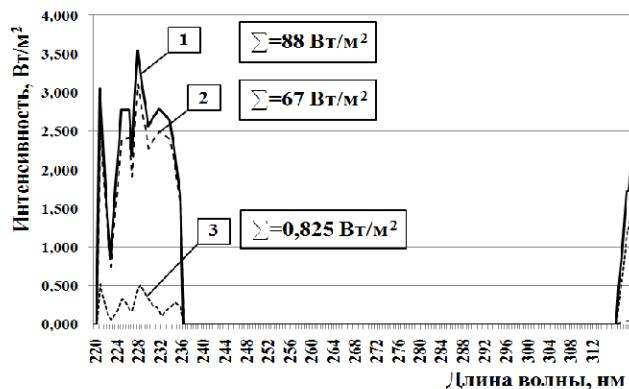


Рис. 3. Интенсивности части солнечного спектра (1), относительной бактерицидной эффективности солнечного спектра (2) и бактерицидная эффективность облучения, прошедшая через стекло (3)

Далее на основе коэффициентов ОБактЭ, приведенных в табл. 1 для характерных длин волн, определяется бактерицидная эффективность этого участка спектра (кривая 2, рис. 3), а с учетом полученных коэффициентов прозрачности стекла в характерных длинах волн – бактерицидная эффективность облучения, прошедшая через конкретный тип стекла в помещение (кривая 3, рис. 3). На рис. 3 показаны также значения интенсивности всего диапазона 220-320 нм: 88 $\text{Вт}/\text{м}^2$ – солнечный спектр, 67 $\text{Вт}/\text{м}^2$ – бактерицидная эффективность солнечного спектра, 0,825 $\text{Вт}/\text{м}^2$ – то же, прошедшее через стекло.

Таблица 2

Относительная бактерицидная эффективность солнечного спектра в диапазоне 220-320 нм

Относительная бактерицидная эффективность солнечного спектра, $\text{Вт}/\text{м}^2$	Бактерицидная эффективность облучения, прошедшее через стекло, $\text{Вт}/\text{м}^2$			
	Тип стекла			
	Sunergy	Stopsol	Силикатное	Matelux
67	0,4	3,9	0,2	0,03

На базе данных по прозрачности стекол в характерных длинах волн [7] определена бактерицидная эффективность солнечного облучения, прошедшее через конкретный тип

стекла. Бактерицидная эффективность солнечного облучения, прошедшая через разные типы стекол, приведена в табл. 2.

Можно видеть, что для разных типов стекол бактерицидная эффективность облучения будет различной. Так, наименьшее значение зафиксировано у матового стекла Matelux – 0,03 Вт/м², саратовское силикатное стекло пропускает 0,2 Вт/м², энергосберегающее стекло Sunergy – 0,4 Вт/м², через солнцезащитное стекло Stopsol проходит 3,9 Вт/м². Таким образом, в помещения через разные типы стекол проникает от 1 до 5 %.

Разработанная методика позволяет оценить бактерицидную эффективность наиболее активного участка солнечного спектра, в том числе проникающую в помещение в зависимости от географического пункта, прозрачности стекол и графика солнечного спектра в диапазоне 220-320 нм.

В настоящее время использование этой методики затруднено в связи с ограниченными данными по графикам солнечного спектра в различных географических пунктах. Появление таких графиков в дальнейшем позволит получать наиболее объективную информацию по энергетическому воздействию солнечной радиации на микрофлору помещений.

Список литературы

- Беликова В.К. Естественная ультрафиолетовая радиация и ее бактерицидное значение; под ред. Н.М. Данцига // Ультрафиолетовое излучение / Медицина. – М., 1966, сб. 4. – С. 322-326.
- Лукомская К.А. Микробиология с основами вирусологии: учеб. пособие. – М.: Просвещение, 1987. – С. 158-161.
- МУ 2.3.975-00. Применение ультрафиолетового бактерицидного излучения для обеззараживания воздушной среды помещений организаций пищевой промышленности, общественного питания и торговли продовольственными товарами: утв. Глав. гос. сан. врачом РФ Г.Г. Онищенко от 19.05.00 и введ. 01.08.00.
- Беликова В.К. Бактерицидное значение излучения солнца, проникающего в помещение // Гигиена и санитария, 1957, № 11. – С. 8-15.
- Белинский В.А. Ультрафиолетовая радиация Солнца и неба. – М., 1968. – 135 с.
- Методы определения интенсивности и профилактической дозы ультрафиолетовой радиации // EcoloLife.ru: экологический портал. 2010. URL: <http://www.ecololife.ru/study-3-2.html> (дата обращения: 09.04.2012).
- Халикова Ф.Р., Куприянов В.Н. Экспериментальные исследования проникновения УФ радиации через оконные стекла // Научно-технический журнал. Вестник МГСУ, 2011, № 3, Т. 2. – С. 30-35.

Khalikova F.R. – assistant

E-mail: khalikova_f@mail.ru

Kazan State University of Architecture and Engineering

The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Method of determining the relative bactericidal efficiency of solar radiation on the indoor environment

Resume

Insolation is a necessary hygiene factor and one of the main criteria for assessing the quality of urban environment. Because of its high-energy solar radiation contributes to the death of pathogenic bacteria and harmful microorganisms inherent in the living quarters. However, different areas have different energy spectrum, as the highest energy in the solar spectrum has an ultraviolet (UV) portion of the spectrum in the range of from 220 to 320 nm reaches the earth's surface.

Furthermore, in the UV spectrum are characteristic wavelengths whose energy varies. Thus, the maximum bactericidal effects on microorganisms have a wavelength of 254 nm, the impact energy which is taken as unity. The farther the wavelength of 254 nm in one direction or another, the

less energy impact. That is, the coefficient of relative input bactericidal efficiency. For example, at a wavelength of 220 nm – 0,84, 254 nm – 1,0, at 280 nm – 0,45, 297 nm – 0,26, 320 nm – 0,02 etc.

Data for the tested glass transparency for each wavelength in the range 220-320 nm allowed to develop methodology for determining the relative intensity of bactericidal effects on the microflora improvement. To implement this technique requires chart of the solar spectrum in the range 220-320 nm in a particular geographic location, the coefficients of the transparency of glass in the characteristic wavelengths and ratios OBaktE.

This technique allows us to estimate the bactericidal effectiveness of the most active part of the solar spectrum, including penetration into the room, depending on the geographical point, transparency of glass and graphics of the solar spectrum in the range of 220-320 nm.

Keywords: insulation, solar spectrum, UV radiation, the relative bactericidal efficiency, characteristic wavelengths, the transparency of glass, the indoor environment.

References

1. Belikova V.K. Natural ultraviolet radiation and its bactericidal value, ed. N.M. Danzig // Ultraviolet radiation / Medicine. – M., 1966, sb. 4. – P. 322-326.
2. Lukomskaya K.A. Microbiology of the basics of virology: tutorial. – M.: Education, 1987. – P. 158-161.
3. MU 2.3.975-00. The use of ultraviolet germicidal radiation for air decontamination organizations, the food industry, catering and food trade: approved Chapters state health doctor of the Russian Federation from 19.05.00 G.G. Onischenko and introduced 01.08.00.
4. Belikova V.K. Bactericidal value of solar radiation penetrating the space // Hygiene and sanitation, 1957, № 11. – P. 8-15.
5. Belinsky V.A. Ultraviolet radiation of the sun and sky. – M., 1968. – 135 p.
6. Methods for determining the intensity and prophylactic dose of ultraviolet radiation // EcoloLife.ru: Environmental portal. 2010. URL: <http://www.ecololife.ru/study-3-2.html> (reference date: 09.04.2012).
7. Khalikova F.R., Kupriyanov V.N. Experimental studies of the penetration of UV radiation through window glass // Scientific and technical journal. Bulletin MGSU, 2011, № 3, T. 2. – P. 30-35.

УДК 69.022.32

Шмелев Г.Н. – кандидат технических наук, профессор

E-mail: shmelev@kgasu.ru

Сусаров А.В. – аспирант

E-mail: susarovav@mail.ru

Гимранов Л.Р. – кандидат технических наук

E-mail: leenur@mail.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

Исследование несущей способности навесных фасадных систем

Аннотация

В статье рассматриваются результаты исследования несущей способности навесной фасадной системы строящегося стадиона на 45 тыс. зрителей в г. Казани. В качестве облицовки на данном фасаде применяются LED-экраны. Сложность фасадной конструкции заключается в обеспечении расстояния в 700 мм от плоскости стены до внутренней поверхности LED-экранов.

С целью определения несущей способности конструкции фасада авторами были проведены численные и экспериментальные исследования прочности и деформативности фрагмента системы. Разработана методика проведения натурных испытаний.

Ключевые слова: навесная фасадная система, прочность и деформативность несущих элементов.

Краткое описание объекта исследования

Для исследования несущей способности был смонтирован фрагмент фасадной системы. В качестве несущего основания использовалась стена из силикатного кирпича.

Фасадная конструкция состоит из двух слоев, разделенных профилированным настилом марки С9-1175.

В первый слой системы входят кронштейны КСУ-30, монтируемые к стене анкерами FUR 10x100 SS A4 с шагом по горизонтали 800 мм, по вертикали 600 мм. На кронштейны КСУ-30 установлены горизонтальные направляющие марки НГ-50x40x1,2, склеенные в тавр. Крепление горизонтальных направляющих к кронштейнам выполнено на болтах M8x25, класса прочности 5.8, класса точности В. К горизонтальным направляющим закреплен вертикальный профиль сечением 60x40x2 мм, крепление выполнено на болтах M8x65, класса прочности 5.8, класса точности В. К вертикальным направляющим закреплен профилированный настил. Крепление осуществляется саморезами HARPOON HW5-R с пресс-шайбой.

Поверх профилированного настила установлены кронштейны КС-30 с шагом в горизонтальном направлении 800 мм, в вертикальном – 400 мм. На кронштейны КС-30 установлены горизонтальные направляющие марки НГ-50x40x1,2, склеенные в тавр. Крепление горизонтальных направляющих к кронштейнам выполнено на болтах M8x25, класса прочности 5.8, класса точности В. К горизонтальным направляющим закреплен вертикальный профиль сечением 40x40x2 мм, крепление выполнено на болтах M8x65, класса прочности 5.8, класса точности В.

Также проводилось исследование несущей способности фрагментов с учетом отклонений от проектного решения при монтаже. Данными отклонениями являются: смещение вертикального профиля относительно кронштейнов КСУ-30, величина смещения составляет 100 мм; дополнительное наращивание кронштейнов внутреннего (пристенного) контура. Данное наращивание выполнено из двух НГ-50x40x1,2, образующих дополнительную консоль длиной 100 мм.

Методика и задачи исследования несущей способности

Целью исследования является расчет и экспериментальное испытание несущей способности и деформативности фрагмента фасадной системы (далее ФС) с учетом неблагоприятно-возможных условий загружения.

Исследование состоит из двух этапов:

1. Моделирование и расчет как отдельных элементов фасадной системы, так и фрагмента в целом при различных условиях загружения.

2. Экспериментальное исследование несущей способности фрагмента ФС при равномерном и локальном действии нагрузки.

При испытании предусматривается решение следующих задач:

1) определение максимального прогиба системы, при расчетной вертикальной нагрузке в плоскости (центре тяжести) установки экранов, и сравнение его с допустимым значением;

2) определение максимального прогиба системы, при расчетной вертикальной нагрузке в плоскости (центре тяжести) установки экранов, и сравнение его с допустимым значением;

3) определение напряжений в наиболее нагруженных элементах, в том числе при расчетной нагрузке;

4) определение степени включения в работу соседних элементов при перераспределении усилий в системе от монтажных и других локальных загружений или выключении из работы отдельных элементов;

5) определение несущей способности ФС при допустимом прогибе конструкций в плоскости установки экранов при вертикальной равномерно-распределенной нагрузке;

6) определение несущей способности, деформации и других параметров и характеристик ФС, при предельной вертикальной равномерно-распределенной нагрузке.



Рис. 1. Блочно-тросовая система нагружения фрагмента

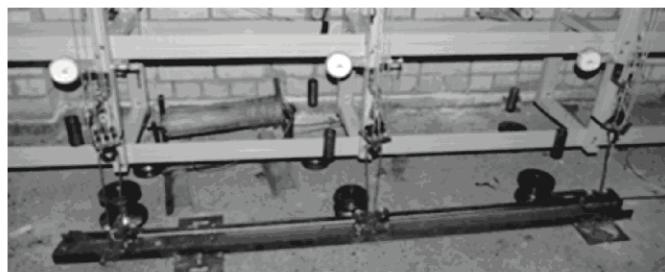


Рис. 2. Прогибомеры, установленные на наружном слое испытываемого фрагмента

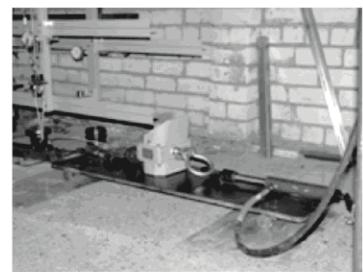


Рис. 3. Система нагружения фрагмента

С целью регистрации деформаций по слоям системы установлены прогибомеры и индикаторы часового типа с ценой деления 0,01 мм (рис. 4). При снятии нагрузки на каждом этапе загружения определяются остаточные деформации и сдвиг по слоям ФС.

Количество этапов загружений до расчетной нагрузки $0,2P_{\text{расч}}$, а вблизи $P_{\text{расч}}$ через $0,1P_{\text{расч}}$. Расчетная вертикальная нагрузка, действующая на ФС, составляет $59,8 \text{ кг}/\text{м}^2$.

Испытание фрагмента проводится под действием вертикальной нагрузки. Нагрузка прикладывается равномерно (в местах крепления LED-экранов) по длине направляющих при помощи блочно-тросовой системы. Нагружение производится гидравлическим домкратом через общий трос, объединяющий нагрузку с направляющих через распределительную траверсу. Значение нагрузки определяется по электронным крановым весам ВСК-200В, показывающим усилие натяжения троса домкрата.

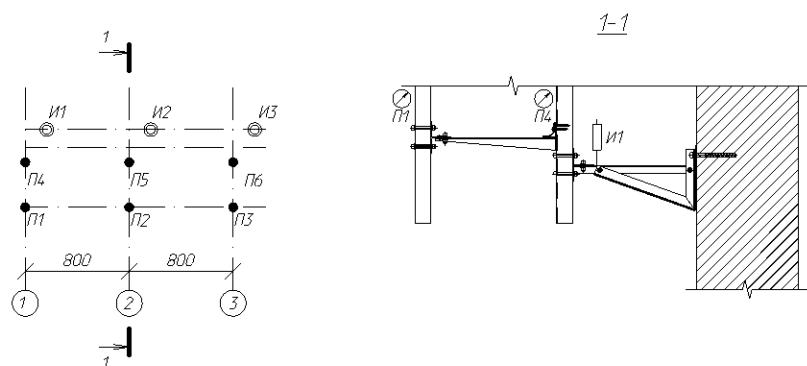


Рис. 4. Схема установки прогибомеров и индикаторов часового типа для испытываемого фрагмента

С целью реализации условий загружения, близких к проектным (действительным), вертикальная нагрузка прикладывается равномерно-распределенной по центру тяжести LED-экранов с отступлением от несущих конструкций на половину их толщины.

После каждого загружения нагрузка снимается с определением всех параметров и характеристик.

Для решения второй задачи (определения напряжений), в местах наибольших расчетных напряжений в элементах установлены тензорезисторы с последующей регистрацией показателей.

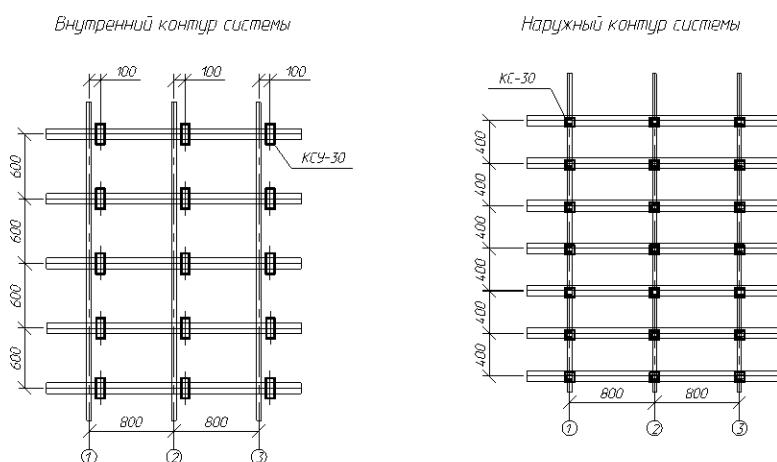


Рис. 5. Схема испытываемого фрагмента

Теоретический интерес в анализе напряженно-деформированного состояния (НДС) системы: определение разрушающей нагрузки и соответствующих параметров позволит прогнозировать поведение системы в критических ситуациях и при дальнейшей эксплуатации.

Результаты испытания фрагмента фасадной системы представлены на рис. 10, 11.

Численное исследование напряжено-деформированного состояния фрагмента фасадной системы

При исследовании НДС фрагмента фасадной системы строящегося стадиона на 45 тыс. зрителей в г. Казани были рассмотрены три расчетные модели: первая модель соответствовала проектному варианту системы, во втором варианте были учтены монтажные отклонения системы в виде смещения вертикальных направляющих относительно кронштейнов пристенного контура, в третьем варианте были учтены монтажные отклонения в виде наращивания кронштейнов пристенного контура спаренными уголками, дополнительная консоль в данном случае составила 100 мм.

В первом варианте максимальные деформации, определенные при расчете конечно-элементной модели в ПК «ANSYS», соответствующие расчетной вертикальной нагрузке, составили 2,79 мм. Максимальные напряжения при действии расчетной вертикальной нагрузки, составили 165 МПа. Данные напряжения возникают в горизонтальных направляющих НГ-50x40x1,2 в узле крепления к ним кронштейна и вертикального профиля.

Во втором варианте максимальные деформации, соответствующие расчетной вертикальной нагрузке, составили 3,95 мм. Максимальные напряжения при действии расчетной вертикальной нагрузки составили 170 МПа. Данные напряжения возникают в горизонтальных направляющих НГ-50x40x1,2 в узле крепления к ним кронштейна и вертикального профиля.



Рис. 6. Эквивалентные напряжения в элементах наружного контура системы при проектном варианте конструкции

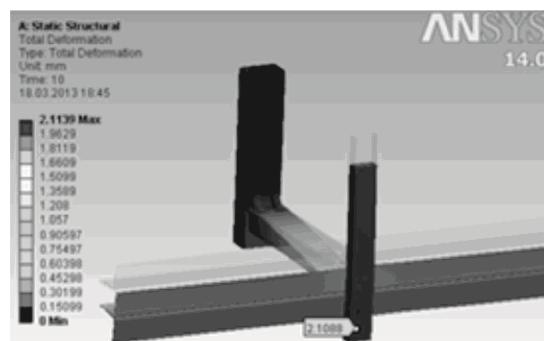


Рис. 7. Деформации элементов наружного контура системы при проектном варианте конструкции

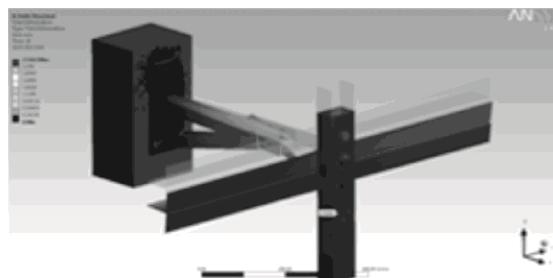


Рис. 8. Общие деформации элементов пристенного контура при наращивании кронштейна двумя спаренными уголками (аксонометрия)

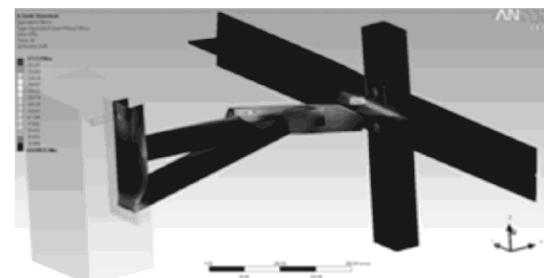


Рис. 9. Эквивалентные напряжения в элементах пристенного контура при наращивании кронштейна двумя спаренными уголками

В третьем варианте максимальные деформации, соответствующие расчетной вертикальной нагрузке, составили 4,35 мм. Максимальные напряжения при действии расчетной вертикальной нагрузки составили 183 МПа. Данные напряжения возникают в горизонтальных направляющих НГ-50x40x1,2 в узле крепления к ним кронштейна и вертикального профиля.

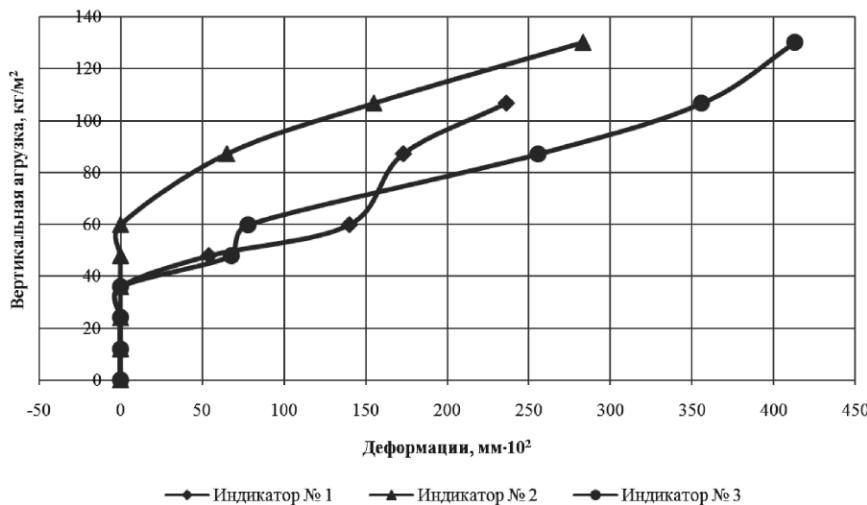


Рис. 10. Графики зависимости деформаций от нагрузки по показаниям индикаторов часового типа

Таким образом, установлено, что отклонения, допущенные при монтаже, снижают несущую способность системы. Дефекты в виде смещения вертикальных направляющих из плоскости кронштейнов пристенного контура снижают несущую способность системы по деформациям на 29,4 %, по напряжениям на 2,9 %. Дефекты в виде наращивания кронштейнов пристенного контура снижают несущую способность системы по деформациям на 35,8 %, по напряжениям на 9,8 %.

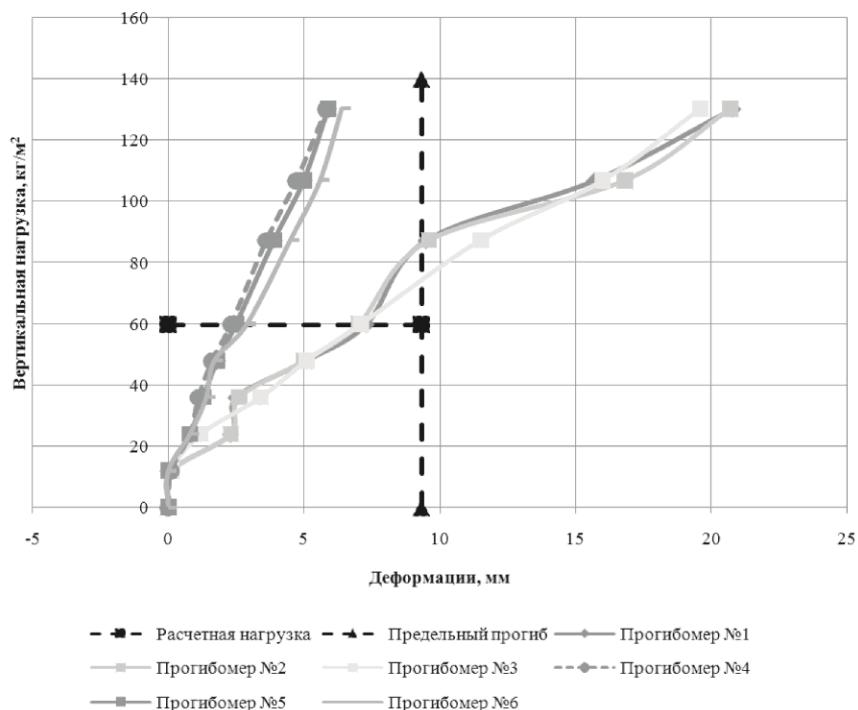


Рис. 11. Графики зависимости деформаций от нагрузки по показаниям прогибомеров

Заключение

В ходе численных и экспериментальных исследований несущей способности различных фасадных систем получены данные по их действительной работе, определены ключевые характеристики для расчета прочности, деформативности систем, выявлена пространственная работа систем с горизонтальными направляющими, суть ее заключается в перераспределении усилий на соседние элементы, что обязательно необходимо учитывать при проектировании систем.

Установлено, что геометрические отклонения несущих элементов в фасадных системах от номинальных значений оказывают существенное влияние на работу конструкции в целом, в тонкостенных элементах могут возникнуть дополнительно действующие моменты. Дальнейшие исследования будут направлены на совершенствование существующих методик расчета конструкций фасадных систем с учетом данных, полученных в результате представленных численных и экспериментальных исследований.

Список литературы

1. СП 20.13330.2011. Нагрузки и воздействия. – М., 2011. – 76 с.
2. Фасадные теплоизоляционные системы с воздушным зазором. Рекомендации по составу и содержанию документов и материалов, представляемых для технической оценки пригодности продукции. – М.: Госстрой России, 2004. – 59 с.
3. Справочник проектировщика. Металлические конструкции. – М., 1998. – 575 с.

Shmelev G.N. – candidate of technical sciences, professor

E-mail: shmelev@kgasu.ru

Susarov A.V. – post-graduate student

E-mail: susarovav@mail.ru

Gimranov L.R. – candidate of technical sciences

E-mail: leenur@mail.ru

Kazan State University of Architecture and Engineering

The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Study of the bearing capacity hinged facade systems

Resume

Nowadays more and more widespread throughout Russia receive facade systems with air gap. The attraction of such systems is connected, first of all, with the seeming simplicity of them employed in technical solutions, materials and products, as well as the seemingly obvious «all-weather» their installation. Unfortunately, the problem of the safe use of facade systems, which is now of paramount importance, not overlooked. It is important to emphasize that the implementation of the security conditions of front systems is necessary not only in the process of construction, but also during the lifetime of the object.

Serious obstacle to the introduction of enhanced facade systems in construction is a lack of regulations governing the requirements for their design (including the calculation and design), installation and operation. As you know, today we have a situation in which building complex issues related to technical regulations, standardization, etc., almost no one has solved, because of federal funds for this purpose are not allocated. Despite the fact that the discussion of these issues have long been crammed on edge and system designers, and builders, and designers, and users of they must address and resolve it and become «creators of their happiness».

Keywords: suspended facade systems, the strength and deformability of bearing elements.

References

1. Code 20.13330.2011. Load and impact. – M., 2011. – 76 p.
2. Facade insulation system with an air gap. Recommendations for the composition and content of documents and materials submitted for technical evaluation of the suitability of products. – M.: Russian State Committee for Construction, 2004. – 59 p.
3. Directory designer. Metal structures. – M., 1998. – 575 p.



УДК 532.5:621.694

Багаутдинова А.Г. – кандидат технических наук, доцент
E-mail: bagoutdinova@rambler.ru

Золотоносов А.Я. – кандидат технических наук, инженер
Золотоносов Я.Д. – доктор технических наук, профессор
E-mail: zolotonosov@mail.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

Яхнев М.Н. – инженер-механик цеха радиальной ковки
ООО «МЕТЧИВ»

Адрес организации: 454091, Россия, г. Челябинск, пр. Ленина, д. 21 в, оф. 613

Современные теплообменные элементы теплообменного оборудования и технологии их изготовления

Аннотация

В работе проведены исследования конструкции теплообменных элементов, используемые в трубных пучках теплообменного оборудования и выполненные в виде гладких труб, труб с искусственной шероховатостью стенок, а также витых труб типа «конфузор-диффузор» и пружинно-витых каналов, запищенных патентами РФ. Приведены традиционные технологии получения гладких труб и альтернативные способы их производства. Особое внимание отведено современным технологиям получения витых труб типа «конфузор-диффузор» и пружинно-витых каналов. Предложенные технологии позволяют получать трубы высокого качества и с заданной геометрией проточной части.

Ключевые слова: витые трубы типа «конфузор-диффузор», пружинно-витые каналы, лазерная сварка, ротационная ковка.

Одним из основных узлов поверхностных рекуперативных теплообменных аппаратов (ТА) являются трубные пучки, состоящие из теплообменных элементов в виде гладких труб [1, 2], витых труб «конфузор-диффузор» [3-5], пружинно-витых каналов [6-8], а также теплообменных элементов с искусственной дискретной шероховатостью стенки в форме проволочных вставок [4, 9, 10], кольцевых или спиральных выступов, канавок и выемок [9].

Наиболее компактные трубные пучки таких ТА изготавливают из гладких бесшовных или сварных труб с наружным диаметром 6...12 мм и толщиной стенки в 1 мм, однако очистка таких труб затруднена [1].

Поэтому в ТА машиностроения, химической, нефтехимической промышленности и энергомашиностроении используют гладкотрубные теплообменные элементы диаметром 20...38 мм и толщиной стенки 0,75...5 мм, а на их базе трубы с дискретно-шероховатой поверхностью теплообмена, с внешним продольным оребрением и винтовым накатным оребрением [4]. По существующим технологиям [1] бесшовные трубы изготавливают горячекатанными, холоднокатанными и холоднотянутыми. Основными технологическими операциями производства бесшовных горячекатанных труб служат: прошивка слитка или трубной заготовки в гильзу; прокатка гильзы в трубу, отделка и калибровка трубы на раскатном и калибровочном станах. Дальнейшая обработка трубной заготовки в тонкостенную трубу осуществляется на трубопрокатных станах [1, 11, 12].

Холоднокатанные бесшовные трубы получают на роликовых или валковых станах холодной прокатки, а холоднотянутые – путем протяжки (за несколько проходов) горячекатаной трубы через волочильное очко. Волочение труб может производиться без оправки или на оправке.

Сварные трубы производят с использованием печной сварки, когда заготовка в виде полосы (штрипса) нагревается в печи до сварочной температуры, а ее формовка в трубу и сварка осуществляется в валках формово-сварочного стана и электросваркой, в том числе: контактной сваркой, сваркой сопротивлением, дуговой, индукционной или радиочастотной [1].

Развитием традиционных технологий изготовления труб является производство с использованием центробежных сил, где расплавленный металл свободно заливается во вращающуюся форму (металлическую, песчаную или керамическую), а за счет центробежных сил и трения о форму вовлекается во вращательное движение, приобретая форму тела вращения [11, 12].

Вращение может быть реализовано вокруг горизонтальной, вертикальной, наклонной оси или сложном вращении формы.

Таким образом получают стальные трубы длиной 2...5 м, диаметром 50...100 мм и толщиной стенки 7,5...30 мм, а также изделия и другого ответственного назначения. Одним из основных технологических параметров, определяющих качество литья, является частота вращения формы, рассчитываемая с учетом коэффициента гравитации – К [11].

При разработке технологии центробежного литья следует учитывать его специфику. Так, чрезмерное увеличение частоты вращения формы может вызвать образование в отливках продольных трещин на наружной поверхности и повышенную ликвацию элементов сплава. Нижний предел частоты вращения формы определяется условием, при котором заливаемый в форму металл во время первого оборота вокруг оси должен получить ускорение, превышающее ускорение «сил тяжести», невыполнение этого условия приводит к «дождеванию» металла при заливке форму.

Так, для разрабатываемых нами витых труб типа «конфузор-диффузор» [5, 13] с внешним диаметром 25 мм частота вращения формы будет равна:

$$n = 42,3 \sqrt{\frac{K}{D}} = 42,3 \sqrt{\frac{80}{0,025}} = 2545 \text{ об/мин},$$

где D – внешний диаметр формы, м. При этом для песчаной формы с горизонтальной осью вращения $K = 75$, для металлической – $K = 80$, для сплавов с узким интервалом затвердевания $K = 90...100$.

Как следует из результатов расчетов, рассматриваемый сортамент труб не определен номенклатурой изделий, производимых методом центробежного литья. Кроме того, для этих целей потребуется разработка конструктивно более сложной машины, менее ее удобной в эксплуатации и менее безопасной в работе.

Перспективным способом формирования цельных труб сложной формы является технология гидравлической вытяжки, известная как гидроформинг [14]. По этой технологии под действием внутреннего давления среды (порядка 2000...4000 атм) производят холодную штамповку изделия.

Формовка труб давлением при гидроформинге происходит по следующей схеме. Заготовка в виде цилиндрической трубы фиксируется внутри пресс-формы, затем пресс-форма закрывается, а на внутренние стенки заготовки начинают воздействовать высоким гидростатическим давлением. При этом стенка трубы начинает расширяться, упирается во внутренние контуры пресс-формы и прижимается к ним. Таким образом внешние и внутренние стенки трубы точно копируют внутренний контур пресс-формы, формируясь в виде канала с заданной конфигурацией.

Расчеты показывают, что формирование трубы типа «конфузор-диффузор» гидростатическим давлением по этой технологии должно составить [1]:

$$P = \frac{200 \cdot S \cdot R}{D_{\text{вн}}} = \frac{200 \cdot 2 \cdot 30}{20} = 600 \text{ кг/см}^2,$$

где $S = 2 \text{ мм}$ – толщина стенки трубы, $R = 30 \text{ кг/мм}^2$ – допускаемое напряжение на растяжение для нержавеющей стали, $D = 20 \text{ мм}$ – внутренний диаметр трубы.

Следует отметить, что гидроформинг позволяет быстро получать готовую деталь, изделие, получаемое по этой технологии, имеет товарный вид, чем при стандартных процессах штамповки и прессования, исключается последующая их доводка, появляется возможность получать детали с суженным выходным сечением.

Однако технология гидроформинга имеет недостатки: малая производительность, обусловленная длительностью операции установки и зажатия заготовки, необходимость уплотнения рабочей полости при заполнении ее жидкостью, высокая базовая стоимость установки в целом, ориентированность на один выпускаемый профиль.

Одним из наиболее перспективных технологий получения витых труб типа «конфузор-диффузор» [5, 13] является способ ротационной ковки (или ротационного обжатия), являющийся разновидностью ковки и осуществляется на специальных ротационно-ковочных устройствах.

Главным элементом такой машины является инструмент деформирования, состоящий из четырех сегментов, расположенных концентрически вокруг изделия. Инструмент осциллирует с высокой частотой и маленьким ходом (долбит изделие). Частота хода при деформировании, в зависимости от типа машин, колеблется от 1500 до 10000 ударов в минуту, при этом длина хода варьируется от 0,2 до 5 мм.

Преимуществом ротационной ковки является: относительно низкая стоимость деформирующего инструмента, возможность быстрой переналадки машины на другое изделие, высокая производительность процесса, отсутствие жесткой привязки к мерности заготовки в пределах одной партии.

Процесс ротационной ковки витой трубы типа «конфузор-диффузор» реализуется в холодном состоянии на ротационной ковочной машине SSK-14 фирмы GFM (Австрия) согласно схеме, представленной на рис. 1.

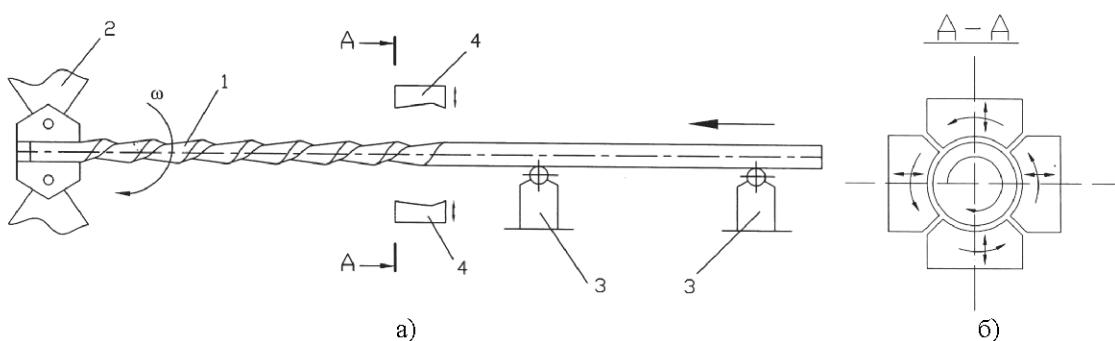


Рис. 1. Процесс ротационной ковки витой трубы типа «конфузор-диффузор»:
а) схема установки; б) сегменты инструмента деформирования

После подачи заготовки – трубы 1 загрузочным устройством – грейфером (на рис. 1 не показано) на ось инструмента деформирования, трубу 1 фиксируют захватом зажимной головки 2 манипулятора, а для предотвращения ее изгиба поддерживают блоком опор 3.

Затем труба 1 свободным краем подводится к инструменту деформирования, включается вращение заготовки, а сегменты сводятся с зазором в 1 мм, что не препятствует свободному перемещению заготовки в деформирующем блоке. Далее заготовка полностью вводиться в деформирующий блок, а зажимная головка 2 манипулятора перемещается в крайнее ближнее положение относительно блока деформирования. При вращающейся заготовке сегменты деформирующего блока медленно сводятся и начинается ротационное обжатие заготовки.

Процесс ротационной ковки контролируется аппаратно-программным комплексом. Это позволяет вести ковку в режиме работы сегментов формирующего блока $\pm 0,1$ мм, скорости сведения – 1 мм/с, точности позиционирования инструмента деформирования – 1 мм, вращение заготовки вести в интервале $16 \pm 0,1$ об/мин, скорости протягивания (хода) изделия – 0,7 м/мин, частоте осцилляции инструмента деформирования – 500 ударов в минуту и усилием ковки – 5000 кг.

Конфигурация витого канала типа «конфузор-диффузор» задается векторно-параметрическим уравнением вида [15]:

$$\bar{r}(t, s) = \begin{pmatrix} r_0 \cos t \\ r_0 \sin t \\ bt \end{pmatrix} - cs \begin{pmatrix} \cos t \\ \sin t \\ 0 \end{pmatrix} - \frac{l(1-s)}{\sqrt{r_0^2 + b^2}} \begin{pmatrix} b \sin t \\ -b \cos t \\ r_0 \end{pmatrix},$$

и с помощью аппаратно-программного комплекса выполняется в полном его соответствии с математическим описанием.

На рис. 2 представлены образцы витой трубы типа «конфузор-диффузор», полученные методом ротационной ковки.



Рис. 2. Образцы витой трубы типа «конфузор-диффузор» из нержавеющей и углеродистой стали

Перспективным направлением в создании конструкций современных теплообменных элементов являются трубы в виде пружинно-витых каналов, представляющих собой тугую пружину, витки которой жестко скреплены [6-8]. Процесс получения таких каналов может быть реализован путем плотной намотки проволоки на оправку с последующим соединением витков между собой посредством лазерной сварки [16, 17]. Применение лазеров обусловлено гибкостью и универсальностью лазерного излучения как технологического инструмента. Кроме того, лазерное излучение обеспечивает высокую концентрацию энергии, существенно превосходящую другие источники энергии, используемые для сварки.

Это позволяет: в десятки раз увеличить скорость сварки, уменьшить время теплового воздействия на деталь и сварочную ванну, тем самым, значительно снизить величину остаточных напряжений, вызывающих деформации изделий, сохранить форму изделия и выполнять сварку малогабаритных деталей, выдерживая геометрические размеры в микронном поле допуска; высокое значение коэффициента сосредоточенности теплового сварочного источника энергии и высокая точность дозировки энергии лазерного излучения позволяют существенно снизить размер зоны термического влияния и сваривать тонкостенные детали без прожогов.

Кроме того, посредством лазерной сварки представляется возможность получения равнопрочного сварного соединения, при этом в большинстве случаев проточность сварного соединения выше прочности свариваемого материала [16, 17].

Учитывая уникальные возможности лазерного источника нагрева, проведены работы по применению технологии лазерной сварки для изготовления пружинно-витых каналов диаметрии $D_y = 25$ мм из проволоки круглого сечения диаметром 2 мм, описываемых векторно-параметрическим уравнением [18]:

$$\vec{r}(t, \varphi) = \begin{pmatrix} r_0 \cos t \\ r_0 \sin t \\ bt \end{pmatrix} - c \cos \varphi \begin{pmatrix} \cos t \\ \sin t \\ 0 \end{pmatrix} + \frac{c \sin \varphi}{\sqrt{r_0^2 + b^2}} \begin{pmatrix} b \sin t \\ -b \cos t \\ r_0 \end{pmatrix}, \quad 0 \leq \varphi \leq 2\pi, \quad 0 \leq t \leq 2\pi n.$$

Здесь r_0 – радиус проточной части, c – радиус проволоки, n – число витков, $b = r_0/\pi$ – параметр винтовой линии, характеризующий плотное прилегание витков проволоки.

Сварка пружинно-витых каналов производится на универсальном стенде, в состав которого входят дисковый однокиловаттный лазер TruDisk 1000 производства фирмы TRUMP (Германия), чиллер KLH L20. HL 29, четырехкоординатный станок СК4 с системой управления Сервокон 1000 и вращатель.

На рис. 3 представлен образец пружинно-витого канала, полученный с использованием лазерной сварки.

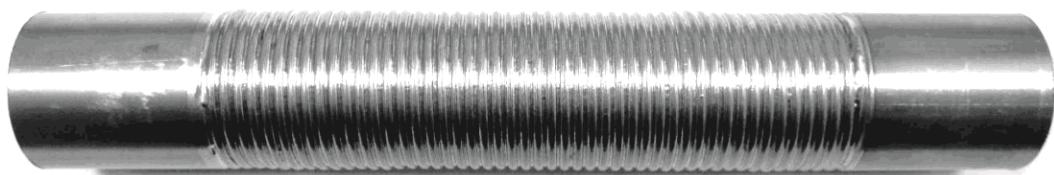


Рис. 3. Образец пружинно-витого канала, полученный с использованием лазерной сварки

Исследования показали, что сварка плотно прижатых витков [16, 17] дает значение глубины проплавления в пределах $1 \pm 0,1$ мм с формированием корня шва. Испытания прочности сварного шва при гидравлическом давлении $10 \text{ кг}/\text{см}^2$ в течение 5 минут подтвердили надежность сварного шва и его герметичность.

Таким образом, в данной статье описаны конструкции теплообменных элементов, выполненных виде гладких труб, труб с искусственной шероховатостью стенок, а также витых труб типа «конфузор-дифузор» и пружинно-витых каналов, используемых в трубных пучках теплообменного оборудования. Для труб «конфузор-дифузор» и пружинно витых каналов предложены векторно-параметрические уравнения, описывающие конфигурацию проточной части канала. Описаны традиционные технологии получения гладких труб, а также альтернативный способ их производства. Представляет практический интерес производство труб с использованием лазерной сварки и ротационной ковки в технологии получения труб высокого качества и заданной геометрии их проточной части.

Список литературы

1. Явнилович Е.Я. Трубы стальные, чугунные и балконы. – М.: Металлургия, 1966. – 371 с.
2. Бажан П.И., Канавец Г.Е., Селиверстов В.М. Справочник по теплообменным аппаратам. – М.: Машиностроение, 1989. – 365 с.
3. Золотоносов А.Я. Энергосбережение в технологии нагрева трансформаторного масла на основе активных методов интенсификации процессов теплообмена. // Дис... канд. техн. наук. – Казань, 2011. – 242 с.
4. Назмеев Ю.Г. Теплообмен при ламинарном течении жидкости в дискретно-шероховатых каналах. – М.: Энергоатомиздат, 1998. – 371 с.
5. Патент № 119452 на пол. мод. РФ. Теплообменный элемент / Золотоносов А.Я., Золотоносов Я.Д., Багоутдинова А.Г., Осыка И.И. № 2012109355/06; заявл. 12.03.12.; опубл. 20.08.2012, Бюл. № 23.
6. Патент № 62694 на пол. мод. РФ. Теплообменный элемент / Золотоносов А.Я., Золотоносов Я.Д., Конахина И.А. № 2006143517/22; заявл. 07.12.06.; опубл. 27.04.07, Бюл. № 12.
7. Патент № 109282 на пол. мод. РФ. Теплообменный элемент / Золотоносов Я.Д., Осыка И.И., Никулин В.А., Фомин Н.А. № 2011117714/06; заявл. 01.04.11.; опубл. 10.10.2011. Бюл. № 28.
8. Патент № 119451 на пол. мод. РФ. Теплообменный элемент / Золотоносов Я.Д., Мустакимова С.А., Багоутдинова А.Г. № 2012107373/06; заявл. 28.02.12.; опубл. 20.08.2012, Бюл. № 23.
9. Гортышев Ю.Ф., Олимпиев В.В. Теплообменные аппараты с интенсифицированным теплообменом. – Казань.: КГТУ, 1999. – 175 с.
10. Войнов Н.А., Николаев Н.А. Пленочные трубчатые газожидкостные факторы. – Казань.: Отечество, 2008. – 272 с.
11. Фетисов Г.П. Материаловедение и технология металлов. – М.: Высшая школа, 2008. – 595 с.
12. Полухин П.И. Технология металлов и сварки. Элит, 2011. – 350 с.
13. Патент № 126812 на пол. модель РФ. Теплообменный элемент / Золотоносов А.Я. Золотоносов Я.Д., Гуков В.Н., Шарипов Н.М. № 2012142635/06, заявл. 05.10.12; опубл. 10.04.2013, Бюл. № 10.
14. Грошиков А.И., Малафеев В.А. Заготовительно-штамповочные работы в самолетостроении. – М.: Машиностроение, 1976. – 439 с.
15. Багоутдинова А.Г., Золотоносов А.Я., Золотоносов Я.Д., Сулимов Н.И., Яхнев М.Н. Математическое описание теплообменных поверхностей сложных каналов типа «конфузор-дифузор» // Известия КГАСУ, 2012, № 4 (22). – С. 204-208.
16. Чирков А.М., Князева И.А., Золотоносов Я.Д., Багоутдинова А.Г. Применение лазерной сварки для производства кожухотрубчатых теплообменных аппаратов

- нового поколения на базе пружинно-витых каналов. // Известия КГАСУ, 2013, № 1 (23). – С. 154-158.
17. Чирков А.М., Князева И.А., Золотоносов Я.Д. Технологические особенности лазерной сварки пружинно-витых каналов теплообменных аппаратов. // Известия КГАСУ, 2012, № 4 (22). – С. 240-244.
18. Багутдинова А.Г., Золотоносов Я.Д., Мустакимова С.А. Геометрическое моделирование сложных поверхностей пружинно-витых каналов теплообменных устройств. // Известия КГАСУ, 2011, № 4 (18). – С. 185-192.

Bagoutdinova A.G. – candidate of technical sciences, associate professor

E-mail: bagoutdinova@rambler.ru

Zolotonosov A.Ya. – candidate of technical sciences, engineer

Zolotonosov Ya.D. – doctor of technical sciences, professor

E-mail: zolotonosov@mail.ru

Kazan State University of Architecture and Engineering

The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Yakhnev M.N. – mechanical engineer radial forging plant

Ltd. «METCHIV»

The organization address: 454091, Russia, Chelyabinsk, Lenin st., 21 v, of. 613

Modern heat exchanger heat transfer elements equipment and manufacturing technology

Resume

This paper analyzes the design and manufacture of heat transfer components used in tube bundles of heat transfer equipment, including smooth pipes and pipes with artificial roughness of the walls, as well as the design of twisted tubes like «confusor-diffuser» and spring-twisted channels, previously protected by patents of the Russian Federation.

Special attention is given to the development of methods and technology of twisted pipes and channels using laser welding and rotary forging process.

The paper also shows the basic vector and parametric equations that describe the configuration of the flow tube «confusor-diffuser» and spring-twisted channels used in the hardware – software system to manage the process of manufacturing of pipes.

Described conventional technology for smooth pipes, as well as an alternative method of production.

Gives examples of twisted pipes made of stainless steel and carbon steel by rotary forging, and spring-twisted channels made using the technology of laser welding.

Keywords: twisted tube type «confusor-diffuser», spring-coiled channels, laser welding, rotary forging.

References

1. Yavnilovich E.Y. Steel pipes, iron and balcony. – M.: Metallurgy, 1966. – 371 p.
2. Bajan P.I., Kanevets G.E., Seliverstov V.M. Handbook of heat exchangers. – M.: Mashinostroenie, 1989. – 368 p.
3. Zolotonosov A.J. Energy saving in heating technology of transformer oil based on active methods of intensification of teploobmena. // Dis ... Candidate. tech. Science. – Kazan, 2011. – 242 p.
4. Nazmeev J.G. Heat transfer in laminar flow in discrete channels of rough. – M.: Energoatomizdat, 1998. – 371 p.
5. Zolotonosov J.D., Osyka I.I., Bagoutdinova A.G. Heat exchanging element: Patent № 119452 on the floor. fashion. Growing up. The Federation. № 2012109355/06; Appl. 12.03.12.; publ. 20.08.2012. Byull. № 23.

6. Zolotonosov A.I., Zolotonosov J.D., Konahina I.A. Heat exchanging element: Patent № 62694 on the floor. fashion. Growing up. The Federation. № 2006143517/22; Appl. 07.12.06.; publ. 27.04.2007. Byull. № 12.
7. Zolotonosov J.D., Osyka I.I., Nikulin V.A., Fomin N.A. Heat exchanging element: Patent № 109282 on the floor. fashion. Growing up. The Federation. № 2011117714/06; Appl. 01.04.11.; publ. 10.10.2011. Byull. № 28.
8. Zolotonosov Ya.D., Mustakimova S.A., Bagoutdinova A.G. Heat exchanging element: Patent № 119451 on the floor. fashion. Growing up. The Federation. № 2012107373/06; Appl. 28.02.12.; publ. 20.08.2012, Byull. № 23.
9. Gortichov Yu.F., Olimpiev V.V. Heat exchange devices with improved heat transfer. – Kazan: Kazan state technical University, 1999. – 176 p.
10. Voinov N.A., Nikolaev N.A. Film tubular GLR. – Kazan.: Fatherland, 2008. – 272 p.
11. Fetisov G.P. Material Science and Technology of Metals. –M.: Vysshaya School, 2008. – 595 p.
12. Polukhin P.I. Metal processing and welding. Elite, 2011. – 350 p.
13. Zolotonosov A.J., Zolotonosov J.D., Gukov V.N., Sharipov N.M. Heat exchange element: Patent № 126812 on the floor. fashion. Growing up. The Federation. № 2012142635/06; Appl. 05.10.12.; publ. 04.10.2013, Byull. № 10.
14. Groshikov A.I., Malafeev V.A. Blank – stamping operation in aircraft. – M.: Engineering, 1976. – 439 p.
15. Bagoutdinova A.G., Zolotonosov A.J., Zolotonosov J.D., Sulimov M.I., Yakhnev M.N. Mathematical description of the heat exchange surfaces of complex channels such as «confuser-diffuser» // Izvestia KGASU, 2012, № 4 (22). – P. 204-208.
16. Chirkov A.M., Knyazeva I.A., Zolotonosov Ya.D. Application of laser welding for shell and tube heat exchangers based on the new generation spring-twisted channels // News of the KSUAE, 2013, № 1 (23). – P. 154-158.
17. Chirkov A.M., Knyazeva I.A., Zolotonosov Ya.D. Technological features of laser welding of spring-twisted channels of heat exchangers // News of the KSUAE, 2012, № 4 (22). – P. 240-244.
18. Bagoutdinova A.G., Zolotonosov Ya.D., Mustakimova S.A. Geometrical modelling of complex surfaces of spring-twisted channels of heat exchangers // News of the KSUAE, 2011, № 4 (18). – P. 185-193.

УДК 532.5:621.694

Багутдинова А.Г. – кандидат технических наук, доцент

E-mail: bagoutdinova@rambler.ru

Золотоносов Я.Д. – доктор технических наук, профессор

E-mail: zolotonosov@mail.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

Математическая модель сопряженной задачи теплообмена при турбулентном течении в каналах сложной геометрии

Аннотация

Работа посвящена разработке математической модели гидродинамики и теплообмена при турбулентном течении жидкости в каналах сложной конфигурации. Предложенная математическая модель основана на решении осредненных по Рейнольдсу уравнений Навье-Стокса, энергии и уравнения теплопроводности стенок канала. Для замыкания системы уравнений Рейнольдса выбрана двухпараметрическая модель турбулентности Ментера с учетом геометрии рассматриваемого канала. Предложены подстановки, позволившие записать исходную систему уравнений в безразмерном виде и преобразовать физическую область течения с криволинейными границами в область с прямолинейными границами.

Ключевые слова: математическая модель, граничные условия, турбулентное течение.

1. Основные уравнения

В декартовой системе координат x_1, x_2, x_3 (с осью x_3 вдоль канала) уравнения Рейнольдса несжимаемой жидкости с замыканием по гипотезе Буссинеска записываются в виде [1]:

$$\begin{aligned} \rho v_j \frac{\partial v_i}{\partial x_j} + \frac{\partial p}{\partial x_i} = \frac{\partial}{\partial x_j} \left((\mu + \mu_t) \left(\frac{\partial v_i}{\partial x_j} + \frac{\partial v_j}{\partial x_i} \right) \right), \quad \frac{\partial v_j}{\partial x_j} = 0, \\ v_j \frac{\partial t_{\infty}}{\partial x_j} = \frac{\partial}{\partial x_j} \left((a + a_t) \frac{\partial t_{\infty}}{\partial x_j} \right), \quad \frac{\partial}{\partial x_j} \left(\frac{\partial t_c}{\partial x_j} \right) = 0, \end{aligned} \quad (1)$$

где v_i ($i = 1, 2, 3$) – осредненные компоненты вектора скорости в декартовой системе координат; k – кинетическая энергия турбулентности; μ – динамическая вязкость; μ_t – турбулентная вязкость; p – осредненное давление; t_{∞} – осредненная температура жидкости; t_c – температура стенки; a – коэффициент температуропроводности.

Здесь $a_t = \frac{\mu_t}{\rho \Pr_t}$, где \Pr_t – турбулентный аналог числа Прандтля, обычно полагаемый равным константе ($\Pr_t = 0,9$).

В системе уравнений (1) и далее подразумевается суммирование по дважды повторяющемуся одночленам индексу.

Система уравнений (1) является незамкнутой. Для замыкания системы уравнений (1) необходимо привлечь соотношения, позволяющие находить μ_t и k . При этом модель, их описывающая, должна быть относительно простой, что важно при расчете сложных пространственных течений. В то же время она должна быть справедлива как для полностью развитых турбулентных течений, так и для течений в пристеночных областях. Наиболее подходящей с точки зрения данных требований является хорошо зарекомендовавшая себя в последнее время модель Ментера [2]. Эта модель была предложена Ментером в 1993 году и на сегодняшний день, по совокупности своих качеств, является одной из лучших среди существующих моделей турбулентности, базирующихся на осредненных по Рейнольдсу уравнениях Навье-Стокса [1].

Модель Ментера представляет собой комбинацию $k-\varepsilon$ и $k-\omega$ моделей, обеспечивающих сочетание лучших качеств этих давно известных моделей. Так, $k-\varepsilon$

модель хорошо зарекомендовала себя при расчете свободных и струйных сдвиговых течений, а $k - \omega$ модель обеспечивает существенно более точное описание пристеночных пограничных слоев. С учетом этих обстоятельств, Ментером было предложено объединить модели с использованием специально сконструированной для этого эмпирической функции F_1 , обеспечивающей плавный переход от $k - \omega$ модели в пристеночной области к $k - \varepsilon$ модели вдали от стенки. Таким образом, модель Ментера записывается путем суперпозиции моделей $k - \varepsilon$ и $k - \omega$, помноженных соответственно на весовую функцию F_1 и $(1 - F_1)$. Функция F_1 конструируется таким образом, чтобы быть равной единице на верхней границе пограничного слоя и стремиться к нулю при приближении к стенке.

Модель, записанная в терминах k (кинетическая энергия турбулентности) и ω (удельная скорость диссипации), записывается в виде:

$$\rho v_j \frac{\partial k}{\partial x_j} = \tau_{ij} \frac{\partial v_i}{\partial x_j} - \beta^* \rho k \omega + \frac{\partial}{\partial x_j} \left[(\mu + \sigma_k \mu_t) \frac{\partial k}{\partial x_j} \right], \quad (2)$$

$$\rho v_j \frac{\partial \omega}{\partial x_j} = \gamma \frac{\omega}{k} \tau_{ij} \frac{\partial v_i}{\partial x_j} - \beta \rho \omega^2 + \frac{\partial}{\partial x_j} \left[(\mu + \sigma_\omega \mu_t) \frac{\partial \omega}{\partial x_j} \right] + 2(1 - F_1) \rho \sigma_{\omega 2} \frac{1}{\omega} \frac{\partial k}{\partial x_j} \frac{\partial \omega}{\partial x_j}, \quad (3)$$

где

$$\tau_{ij} = \mu_t \left(\frac{\partial v_i}{\partial x_j} + \frac{\partial v_j}{\partial x_i} \right).$$

Эмпирические константы модели определяются через соответствующие константы $k - \varepsilon$ и $k - \omega$ моделей с помощью весовой функции F_1 :

$$\sigma_k = F_1 \sigma_{k1} + (1 - F_1) \sigma_{k2}, \sigma_\omega = F_1 \sigma_{\omega 1} + (1 - F_1) \sigma_{\omega 2}, \beta = F_1 \beta_1 + (1 - F_1) \beta_2, \gamma = F_1 \gamma_1 + (1 - F_1) \gamma_2.$$

Индексы «1» и «2» в (8) относятся соответственно к константам $k - \varepsilon$ и $k - \omega$ моделей:

$$\sigma_{k1} = 0,5, \quad \sigma_{\omega 1} = 0,5, \quad \beta_1 = 0,075, \quad \gamma_1 = \frac{\beta_1}{\beta^*} - \frac{\sigma_{\omega 1} \kappa^2}{\sqrt{\beta^*}},$$

$$\sigma_{k2} = 1, \quad \sigma_{\omega 2} = 0,856, \quad \beta_2 = 0,0828, \quad \gamma_2 = \frac{\beta_2}{\beta^*} - \frac{\sigma_{\omega 2} \kappa^2}{\sqrt{\beta^*}},$$

а остальные константы равны: $\beta^* = 0,09$, $\kappa = 0,41$.

Весовая функция определяется следующим образом:

$$F_1 = \tanh \left(\arg_1^4 \right), \quad \arg_1 = \min \left[\max \left(\frac{\sqrt{k}}{\beta^* \omega y}; \frac{500v}{y^2 \omega} \right), \frac{4\rho \sigma_{\omega 2} k}{CD_{k \omega} y^2} \right], \quad CD_{k \omega} = \max \left(2\rho \sigma_{\omega 2} \frac{1}{\omega} \frac{\partial k}{\partial x_j} \frac{\partial \omega}{\partial x_j}, 10^{-20} \right).$$

Здесь y – расстояние от рассматриваемой точки до ближайшей точки твердой поверхности (стенки).

Член \arg_1 , очевидно, стремится к нулю по мере удаления от твердой стенки, поскольку выражения типа y^{-1} и y^{-2} присутствуют во всех его составляющих.

Для определения турбулентной вязкости по известным значениям k и ω в модели Ментера используется не стандартное соотношение $\mu_t = \rho k / \omega$, а выражение, базирующееся на известной гипотезе Брэдшоу [3] о пропорциональности напряжения сдвига в пристеночной части пограничного слоя энергии турбулентных пульсаций:

$$\mu_t = \frac{\rho a_1 k}{\max(a_1 \omega, \Omega F_2)} = \rho \frac{k}{\max(\omega, S F_2 / a_1)},$$

где $a_1 = 0,31$, $S = \sqrt{2S_{ij}S_{ij}}$ – инвариант тензора скоростей деформации S ,

$$S_{ij} = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial v_i}{\partial x_j} + \frac{\partial v_j}{\partial x_i} \right) \quad \text{– компоненты тензора скоростей деформации}, \quad \Omega = \sqrt{2\Omega_{ij}\Omega_{ij}},$$

$\Omega_{ij} = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial v_i}{\partial x_j} - \frac{\partial v_j}{\partial x_i} \right)$ – компоненты тензора завихренности. Эмпирическая функция F_2

рассчитывается по формуле: $F_2 = \tanh(\arg_2^2)$, где $\arg_2 = \max\left(\frac{2\sqrt{k}}{\beta^* \omega y}; \frac{500v}{y^2 \omega}\right)$.

Для однозначной разрешимости системы уравнений (1)-(3) запишем граничные условия:
– на входе в канал:

для скорости: $v_1 = 0, v_2 = 0, v_3 = u_0$ (Здесь $u_0 = Q/S$, где Q – расход жидкости, S – площадь входного сечения в канале);

для температуры жидкости $t_\infty = t_0$; для температуры стенки $t_c = t_0$;

для кинетической энергии турбулентности и ее удельной диссипации $\omega = C \frac{u_0}{r_0}$,

$v_t = 10^{-3} v$ (v – кинематическая вязкость), $k = v_t \omega$, где рекомендованные в [2] значения константы C лежат в диапазоне $1 \div 10$; для давления $p = p_0$;

– на выходе:

$$\frac{\partial v_1}{\partial x_3} = 0, \frac{\partial v_2}{\partial x_3} = 0, \frac{\partial v_3}{\partial x_3} = 0, \frac{\partial t_\infty}{\partial x_3} = 0, \frac{\partial k}{\partial x_3} = 0, \frac{\partial \omega}{\partial x_3} = 0; \quad (4)$$

– на внутренней стенке:

для скорости – условия прилипания $v_1 = 0, v_2 = 0, v_3 = 0$;

для удельной диссипации $\omega = 10 \frac{6v}{\beta_1 \Delta y^2}$; для кинетической энергии турбулентности

$k = 0$; для температуры $t_\infty = t_c$, $\lambda_\infty \frac{\partial t_\infty}{\partial n} = \lambda_c \frac{\partial t_c}{\partial n}$, где n – нормаль к стенке,

$\beta_1 = 0,075$, а Δy – величина первого пристеночного шага сетки [2];

– на внешней стенке:

для пары $\lambda_c \frac{\partial t_c}{\partial n} = \alpha_{nap} (t_{nap} - t_c)$, где t_{nap} – температура пара.

Решение системы уравнений (1)-(3) будем искать в виде:

$$\begin{aligned} v_i &= u_0 V_i(\bar{x}_1, \bar{x}_2, \bar{x}_3), \quad i = 1, 2, 3, \\ p - p_0 &= u_0^2 \rho P(\bar{x}_1, \bar{x}_2, \bar{x}_3), \quad t_\infty = t_0 T_\infty(\bar{x}_1, \bar{x}_2, \bar{x}_3), \quad t_c = t_0 T_c(\bar{x}_1, \bar{x}_2, \bar{x}_3), \\ k &= u_0^2 K(\bar{x}_1, \bar{x}_2, \bar{x}_3), \quad \omega = \frac{u_0}{r_0} W(\bar{x}_1, \bar{x}_2, \bar{x}_3). \end{aligned} \quad (5)$$

где $\bar{x}_1 = \frac{x_1}{r_0}$, $\bar{x}_2 = \frac{x_2}{r_0}$, $\bar{x}_3 = \frac{x_3}{r_0}$ – безразмерные переменные, V_i , P , K , W , T_∞ , T_c –

безразмерные функции, u_0 – начальная скорость, p_0 – начальное давление, r_0 – геометрический размер канала.

Подставляя формулы (5) в уравнения (1)-(3), получим безразмерные уравнения.

Уравнения движения:

$$V_j \frac{\partial V_i}{\partial \bar{x}_j} + \frac{\partial P}{\partial \bar{x}_i} = D \frac{\partial}{\partial \bar{x}_j} \left(\left(\frac{1}{Re} + \frac{1}{Re_t} \right) \left(\frac{\partial V_i}{\partial \bar{x}_j} + \frac{\partial V_j}{\partial \bar{x}_i} \right) \right). \quad (6)$$

Уравнение неразрывности:

$$\frac{\partial V_j}{\partial \bar{x}_j} = 0. \quad (7)$$

Уравнение энергии:

$$F_j \frac{\partial T_\infty}{\partial \bar{x}_j} = D \frac{\partial}{\partial \bar{x}_j} \left(\left(\frac{1}{Pe} + \frac{1}{Pe_t} \right) \frac{\partial T_\infty}{\partial \bar{x}_j} \right). \quad (8)$$

Уравнение теплопроводности стенок канала:

$$\frac{\partial}{\partial \bar{x}_j} \left(\frac{\partial T_c}{\partial \bar{x}_j} \right) = 0. \quad (9)$$

Уравнение переноса для кинетической энергии турбулентности:

$$V_j \frac{\partial K}{\partial \bar{x}_j} = \frac{D}{Re_t} \left(\frac{\partial V_i}{\partial \bar{x}_j} + \frac{\partial V_j}{\partial \bar{x}_i} \right) \frac{\partial V_i}{\partial \bar{x}_j} - \beta^* K W + D \frac{\partial}{\partial \bar{x}_j} \left[\left(\frac{1}{Re} + \frac{\sigma_k}{Re_t} \right) \frac{\partial K}{\partial \bar{x}_j} \right]. \quad (10)$$

Уравнение переноса для удельной скорости диссипации:

$$\begin{aligned} V_j \frac{\partial W}{\partial \bar{x}_j} = & \gamma \frac{D}{Re_t} \frac{W}{K} \left(\frac{\partial V_i}{\partial \bar{x}_j} + \frac{\partial V_j}{\partial \bar{x}_i} \right) \frac{\partial V_i}{\partial \bar{x}_j} - \beta W^2 + D \frac{\partial}{\partial \bar{x}_j} \left[\left(\frac{1}{Re} + \frac{\sigma_\omega}{Re_t} \right) \frac{\partial W}{\partial \bar{x}_j} \right] + \\ & + 2(1-F_1)\sigma_\omega^2 \frac{1}{W} \frac{\partial K}{\partial \bar{x}_j} \frac{\partial W}{\partial \bar{x}_j}. \end{aligned} \quad (11)$$

Границные условия:

– на входе в канал:

для скорости: $V_1 = 0, V_2 = 0, V_3 = 1$; для температуры жидкости $T_\infty = 1$;

для температуры стенки $T_c = 1$; для кинетической энергии турбулентности и ее удельной диссипации $W = w_0, K = k_0$; для давления $P = 0$;

– на выходе:

$$\frac{\partial V_1}{\partial \bar{x}_3} = 0, \frac{\partial V_2}{\partial \bar{x}_3} = 0, \frac{\partial V_3}{\partial \bar{x}_3} = 0, \frac{\partial T_\infty}{\partial \bar{x}_3} = 0, \frac{\partial K}{\partial \bar{x}_3} = 0, \frac{\partial W}{\partial \bar{x}_3} = 0;$$

– на внутренней стенке:

для скорости – условия прилипания $V_1 = 0, V_2 = 0, V_3 = 0$; (12)

для удельной диссипации $W = \frac{60d_s^2 Fr}{\beta_1 \Delta y^2 Re}$;

для кинетической энергии турбулентности $K = 0$;

для температуры $T_\infty = T_c, \lambda_\infty \frac{\partial T}{\partial n} = \lambda_c \frac{\partial T_c}{\partial n}$, где n – нормаль к стенке;

– на внешней стенке:

для пара $\frac{\partial T_c}{\partial n} = Bi(T_{nap} - T_c)$, где t_{nap} – температура пара.

Здесь d_s – эквивалентный диаметр канала, $Re = \frac{u_0 d_s}{\nu}$ – число Рейнольдса, $Re_t = \frac{u_0 d_s}{\nu_t}$

– турбулентное число Рейнольдса, $Bi = \frac{\alpha_{nap} r_0}{\lambda_c}$ – число Био, $D = \frac{d_s}{r_0}$ – геометрический симплекс, $Pe = \frac{u_0 d_s}{a}$ – число Пекле, $Pe_t = \frac{u_0 d_s}{a_t}$ – турбулентное число Пекле.

2. Построение математической модели с учетом геометрии канала

Рассмотрим систему уравнений (6)-(11) с граничными условиями (12) при турбулентном течении в каналах, стенки которого описываются параметрическими уравнениями:

$$x_1 = r_0 \xi(t, \theta), x_2 = r_0 \varsigma(t, \theta), x_3 = r_0 \zeta(t, \theta), t_{нач} \leq t \leq t_{кон}, \theta_{нач} \leq \theta \leq \theta_{кон},$$

где r_0 – характерный размер канала.

Так, например, для пружинно-витого канала теплообменная поверхность (стенка) описывается параметрическими уравнениями [4, 5]:

$$x_1 = r_0 \xi(t, \theta), x_2 = r_0 \varsigma(t, \theta), x_3 = r_0 \zeta(t, \theta), \quad (13)$$

где

$$\xi(t, \theta) = \cos t - \frac{c}{r_0} \cos \theta \cos t + \frac{cb \sin \theta \sin t}{r_0 \sqrt{r_0^2 + b^2}}; \quad \zeta(t, \theta) = \sin t - \frac{c}{r_0} \cos \theta \sin t - \frac{cb \sin \theta \cos t}{r_0 \sqrt{r_0^2 + b^2}},$$

$$\zeta(t, \theta) = \frac{b}{r_0} t + \frac{c \sin \theta}{\sqrt{r_0^2 + b^2}}, \quad 0 \leq t \leq 2\pi n, \quad \frac{\pi}{2} \leq \theta \leq \frac{5\pi}{2},$$

причем при $\frac{3\pi}{2} \leq \theta \leq \frac{5\pi}{2}$ уравнения (13) описывают внутреннюю стенку канала, а при $\frac{\pi}{2} \leq \theta \leq \frac{3\pi}{2}$ – внешнюю. Здесь r_0 – радиус подложки канала, n – число витков проволоки.

Тогда проточную часть пружинно-витого канала (рис) можно описать уравнениями вида:

$$x_1 = rr_0 \xi(t, \theta), \quad x_2 = rr_0 \zeta(t, \theta), \quad x_3 = r_0 \zeta(t, \theta), \quad (14)$$

где $0 \leq r \leq 1$. При $r=1$ уравнения (14) описывают стенку канала, при $r=0$ – ось канала.

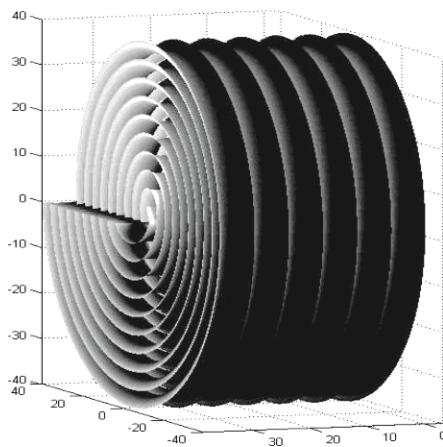


Рис. Проточная часть канала, построенная по уравнениям (14)
при r , изменяющемся от 0 до 1 с шагом 0,1

Отобразим физическую область течения с криволинейными границами в область с прямолинейными границами, используя преобразование координат.

Для этого произведем замену переменных в уравнениях математической модели (6)-(11), с граничными условиями (12), приняв за новые независимые переменные $q_1 = r$, $q_2 = t$, $q_3 = \theta$:

$$\bar{x}_1 = q_1 \xi(q_2, q_3), \quad \bar{x}_2 = q_1 \zeta(q_2, q_3), \quad \bar{x}_3 = \zeta(q_2, q_3). \quad (15)$$

Запишем формулы для вычисления частных производных в новых переменных.

Рассмотрим функцию $v = v(\bar{x}_1, \bar{x}_2, \bar{x}_3)$. Продифференцируем её по q_1 , q_2 , q_3 :

$$\begin{aligned} \frac{\partial v}{\partial q_1} &= \frac{\partial v}{\partial \bar{x}_1} \frac{\partial \bar{x}_1}{\partial q_1} + \frac{\partial v}{\partial \bar{x}_2} \frac{\partial \bar{x}_2}{\partial q_1} + \frac{\partial v}{\partial \bar{x}_3} \frac{\partial \bar{x}_3}{\partial q_1} = \frac{\partial v}{\partial \bar{x}_j} \frac{\partial \bar{x}_j}{\partial q_1}, \\ \frac{\partial v}{\partial q_2} &= \frac{\partial v}{\partial \bar{x}_1} \frac{\partial \bar{x}_1}{\partial q_2} + \frac{\partial v}{\partial \bar{x}_2} \frac{\partial \bar{x}_2}{\partial q_2} + \frac{\partial v}{\partial \bar{x}_3} \frac{\partial \bar{x}_3}{\partial q_2} = \frac{\partial v}{\partial \bar{x}_j} \frac{\partial \bar{x}_j}{\partial q_2}, \\ \frac{\partial v}{\partial q_3} &= \frac{\partial v}{\partial \bar{x}_1} \frac{\partial \bar{x}_1}{\partial q_3} + \frac{\partial v}{\partial \bar{x}_2} \frac{\partial \bar{x}_2}{\partial q_3} + \frac{\partial v}{\partial \bar{x}_3} \frac{\partial \bar{x}_3}{\partial q_3} = \frac{\partial v}{\partial \bar{x}_j} \frac{\partial \bar{x}_j}{\partial q_3}. \end{aligned} \quad (16)$$

Решая систему (16) относительно $\frac{\partial v}{\partial \bar{x}_1}$, $\frac{\partial v}{\partial \bar{x}_2}$, $\frac{\partial v}{\partial \bar{x}_3}$, получим:

$$\frac{\partial v}{\partial \bar{x}_1} = \frac{\Delta_1(q_1, q_2, q_3)}{\Delta(q_1, q_2, q_3)}, \quad \frac{\partial v}{\partial \bar{x}_2} = \frac{\Delta_2(q_1, q_2, q_3)}{\Delta(q_1, q_2, q_3)}, \quad \frac{\partial v}{\partial \bar{x}_3} = \frac{\Delta_3(q_1, q_2, q_3)}{\Delta(q_1, q_2, q_3)}, \quad (17)$$

где

$$\Delta(q_1, q_2, q_3) = \begin{vmatrix} \frac{\partial \bar{x}_1}{\partial q_1} & \frac{\partial \bar{x}_2}{\partial q_1} & \frac{\partial \bar{x}_3}{\partial q_1} \\ \frac{\partial \bar{x}_1}{\partial q_2} & \frac{\partial \bar{x}_2}{\partial q_2} & \frac{\partial \bar{x}_3}{\partial q_2} \\ \frac{\partial \bar{x}_1}{\partial q_3} & \frac{\partial \bar{x}_2}{\partial q_3} & \frac{\partial \bar{x}_3}{\partial q_3} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} \xi(q_2, \theta) & \varsigma(q_2, \theta) & 0 \\ q_1 \frac{\partial \xi}{\partial q_2} & q_1 \frac{\partial \varsigma}{\partial q_2} & \frac{\partial \zeta}{\partial q_3} \\ q_1 \frac{\partial \xi}{\partial q_3} & q_1 \frac{\partial \varsigma}{\partial q_3} & \frac{\partial \zeta}{\partial q_3} \end{vmatrix} =$$

$$= q_1 \xi(q_2, q_3) \begin{vmatrix} \frac{\partial \zeta}{\partial q_2} & \frac{\partial \zeta}{\partial q_2} \\ \frac{\partial \zeta}{\partial q_3} & \frac{\partial \zeta}{\partial q_3} \end{vmatrix} - q_1 \varsigma(q_2, q_3) \begin{vmatrix} \frac{\partial \xi}{\partial q_2} & \frac{\partial \zeta}{\partial q_2} \\ \frac{\partial \xi}{\partial q_3} & \frac{\partial \zeta}{\partial q_3} \end{vmatrix},$$

$$\Delta_1(q_1, q_2, q_3) = \begin{vmatrix} \frac{\partial v}{\partial q_1} & \frac{\partial \bar{x}_2}{\partial q_1} & \frac{\partial \bar{x}_3}{\partial q_1} \\ \frac{\partial v}{\partial q_2} & \frac{\partial \bar{x}_2}{\partial q_2} & \frac{\partial \bar{x}_3}{\partial q_2} \\ \frac{\partial v}{\partial q_3} & \frac{\partial \bar{x}_2}{\partial q_3} & \frac{\partial \bar{x}_3}{\partial q_3} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} \frac{\partial v}{\partial q_1} & \varsigma(q_2, q_3) & 0 \\ \frac{\partial v}{\partial q_2} & q_1 \frac{\partial \varsigma}{\partial q_2} & \frac{\partial \zeta}{\partial q_2} \\ \frac{\partial v}{\partial q_3} & q_1 \frac{\partial \varsigma}{\partial q_3} & \frac{\partial \zeta}{\partial q_3} \end{vmatrix} =$$

$$= q_1 \frac{\partial v}{\partial q_1} \begin{vmatrix} \frac{\partial \zeta}{\partial q_2} & \frac{\partial \zeta}{\partial q_2} \\ \frac{\partial \zeta}{\partial q_3} & \frac{\partial \zeta}{\partial q_3} \end{vmatrix} - \frac{\partial v}{\partial q_2} \begin{vmatrix} \xi(q_2, q_3) & 0 \\ q_1 \frac{\partial \xi}{\partial q_3} & \frac{\partial \zeta}{\partial q_3} \end{vmatrix} + \frac{\partial v}{\partial \theta} \begin{vmatrix} \xi(q_2, q_3) & 0 \\ q_1 \frac{\partial \xi}{\partial q_2} & \frac{\partial \zeta}{\partial q_2} \end{vmatrix};$$

$$\Delta_2(q_1, q_2, q_3) = \begin{vmatrix} \frac{\partial \bar{x}_1}{\partial q_1} & \frac{\partial v}{\partial q_1} & \frac{\partial \bar{x}_3}{\partial q_1} \\ \frac{\partial \bar{x}_1}{\partial q_2} & \frac{\partial v}{\partial q_2} & \frac{\partial \bar{x}_3}{\partial q_2} \\ \frac{\partial \bar{x}_1}{\partial q_3} & \frac{\partial v}{\partial q_3} & \frac{\partial \bar{x}_3}{\partial q_3} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} \xi(q_2, q_3) & \frac{\partial v}{\partial q_1} & 0 \\ q_1 \frac{\partial \xi}{\partial q_2} & \frac{\partial v}{\partial q_2} & \frac{\partial \zeta}{\partial q_2} \\ q_1 \frac{\partial \xi}{\partial q_3} & \frac{\partial v}{\partial q_3} & \frac{\partial \zeta}{\partial q_3} \end{vmatrix} =$$

$$= -q_1 \frac{\partial v}{\partial q_1} \begin{vmatrix} \frac{\partial \zeta}{\partial q_2} & \frac{\partial \zeta}{\partial q_2} \\ \frac{\partial \zeta}{\partial q_3} & \frac{\partial \zeta}{\partial q_3} \end{vmatrix} + \frac{\partial v}{\partial q_2} \begin{vmatrix} \xi(q_2, q_3) & 0 \\ q_1 \frac{\partial \xi}{\partial q_3} & \frac{\partial \zeta}{\partial q_3} \end{vmatrix} - \frac{\partial v}{\partial q_3} \begin{vmatrix} \xi(q_2, q_3) & 0 \\ q_1 \frac{\partial \xi}{\partial q_2} & \frac{\partial \zeta}{\partial q_2} \end{vmatrix};$$

$$\Delta_3(q_1, q_2, q_3) = \begin{vmatrix} \frac{\partial \bar{x}_1}{\partial q_1} & \frac{\partial \bar{x}_2}{\partial q_1} & \frac{\partial v}{\partial q_1} \\ \frac{\partial \bar{x}_1}{\partial q_2} & \frac{\partial \bar{x}_2}{\partial q_2} & \frac{\partial v}{\partial q_2} \\ \frac{\partial \bar{x}_1}{\partial q_3} & \frac{\partial \bar{x}_2}{\partial q_3} & \frac{\partial v}{\partial q_3} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} \xi(q_2, q_3) & \varsigma(q_2, q_3) & \frac{\partial v}{\partial q_1} \\ q_1 \frac{\partial \xi}{\partial q_2} & q_1 \frac{\partial \varsigma}{\partial q_2} & \frac{\partial v}{\partial q_2} \\ q_1 \frac{\partial \xi}{\partial q_3} & q_1 \frac{\partial \varsigma}{\partial q_3} & \frac{\partial v}{\partial q_3} \end{vmatrix} =$$

$$= q_1^2 \frac{\partial v}{\partial q_1} \begin{vmatrix} \frac{\partial \zeta}{\partial q_2} & \frac{\partial \zeta}{\partial q_2} \\ \frac{\partial \zeta}{\partial q_3} & \frac{\partial \zeta}{\partial q_3} \end{vmatrix} - q_1 \frac{\partial v}{\partial q_2} \begin{vmatrix} \xi(q_2, q_3) & \varsigma(q_2, q_3) \\ \frac{\partial \xi}{\partial q_3} & \frac{\partial \varsigma}{\partial q_3} \end{vmatrix} + q_1 \frac{\partial v}{\partial q_3} \begin{vmatrix} \xi(q_2, q_3) & \varsigma(q_2, q_3) \\ \frac{\partial \xi}{\partial q_2} & \frac{\partial \varsigma}{\partial q_2} \end{vmatrix};$$

Равенства (17) можно записать следующим образом:

$$\begin{aligned}\frac{\partial v}{\partial \bar{x}_1} &= A_1 \frac{\partial v}{\partial q_1} + A_2 \frac{\partial v}{\partial q_2} + A_3 \frac{\partial v}{\partial q_3} = A_j \frac{\partial v}{\partial q_j}, \\ \frac{\partial v}{\partial \bar{x}_2} &= B_1 \frac{\partial v}{\partial q_1} + B_2 \frac{\partial v}{\partial q_2} + B_3 \frac{\partial v}{\partial q_3} = B_j \frac{\partial v}{\partial q_j}, \\ \frac{\partial v}{\partial \bar{x}_3} &= C_1 \frac{\partial v}{\partial q_1} + C_2 \frac{\partial v}{\partial q_2} + C_3 \frac{\partial v}{\partial q_3} = C_j \frac{\partial v}{\partial q_j},\end{aligned}\quad (18)$$

где важно отметить, что коэффициенты A_i, B_i, C_i ($i = 1, 2, 3$) зависят только от q_1, q_2, q_3 :

$$\begin{aligned}A_1 &= \frac{q_1}{\Delta} \begin{vmatrix} \frac{\partial \zeta}{\partial q_2} & \frac{\partial \zeta}{\partial q_2} \\ \frac{\partial \zeta}{\partial q_3} & \frac{\partial \zeta}{\partial q_3} \end{vmatrix}, \quad A_2 = -\frac{1}{\Delta} \begin{vmatrix} \zeta(q_2, q_3) & 0 \\ q_1 \frac{\partial \zeta}{\partial q_3} & \frac{\partial \zeta}{\partial q_3} \end{vmatrix}, \quad A_3 = \frac{1}{\Delta} \begin{vmatrix} \zeta(q_2, q_3) & 0 \\ q_1 \frac{\partial \zeta}{\partial q_2} & \frac{\partial \zeta}{\partial q_2} \end{vmatrix}, \\ B_1 &= -\frac{q_1}{\Delta} \begin{vmatrix} \frac{\partial \xi}{\partial q_2} & \frac{\partial \xi}{\partial q_2} \\ \frac{\partial \xi}{\partial q_3} & \frac{\partial \xi}{\partial q_3} \end{vmatrix}, \quad B_2 = \frac{1}{\Delta} \begin{vmatrix} \xi(q_2, q_3) & 0 \\ q_1 \frac{\partial \xi}{\partial q_3} & \frac{\partial \xi}{\partial q_3} \end{vmatrix}, \quad B_3 = -\frac{1}{\Delta} \begin{vmatrix} \xi(q_2, q_3) & 0 \\ q_1 \frac{\partial \xi}{\partial q_2} & \frac{\partial \xi}{\partial q_2} \end{vmatrix}, \\ C_1 &= \frac{q_1^2}{\Delta} \begin{vmatrix} \frac{\partial \xi}{\partial q_2} & \frac{\partial \xi}{\partial q_2} \\ \frac{\partial \xi}{\partial q_3} & \frac{\partial \xi}{\partial q_3} \end{vmatrix}, \quad C_2 = -\frac{q_1}{\Delta} \begin{vmatrix} \xi(q_2, q_3) & \zeta(q_2, q_3) \\ \frac{\partial \xi}{\partial q_3} & \frac{\partial \zeta}{\partial q_3} \end{vmatrix}, \quad C_3 = \frac{q_1}{\Delta} \begin{vmatrix} \xi(q_2, q_3) & \zeta(q_2, q_3) \\ \frac{\partial \xi}{\partial q_2} & \frac{\partial \zeta}{\partial q_2} \end{vmatrix}.\end{aligned}$$

Тогда

$$\begin{aligned}\frac{\partial^2 v}{\partial \bar{x}_1^2} &= A_1 \frac{\partial}{\partial q_1} \left(\frac{\partial v}{\partial \bar{x}_1} \right) + A_2 \frac{\partial}{\partial q_2} \left(\frac{\partial v}{\partial \bar{x}_1} \right) + A_3 \frac{\partial}{\partial q_3} \left(\frac{\partial v}{\partial \bar{x}_1} \right) = A_1 \frac{\partial}{\partial q_1} \left(A_1 \frac{\partial v}{\partial q_1} + A_2 \frac{\partial v}{\partial q_2} + A_3 \frac{\partial v}{\partial q_3} \right) + \\ &+ A_2 \frac{\partial}{\partial q_2} \left(A_1 \frac{\partial v}{\partial q_1} + A_2 \frac{\partial v}{\partial q_2} + A_3 \frac{\partial v}{\partial q_3} \right) + A_3 \frac{\partial}{\partial q_3} \left(A_1 \frac{\partial v}{\partial q_1} + A_2 \frac{\partial v}{\partial q_2} + A_3 \frac{\partial v}{\partial q_3} \right) = \\ &= A_1^2 \frac{\partial^2 v}{\partial q_1^2} + A_2^2 \frac{\partial^2 v}{\partial q_2^2} + A_3^2 \frac{\partial^2 v}{\partial q_3^2} + 2A_1 A_2 \frac{\partial^2 v}{\partial q_1 \partial q_2} + 2A_1 A_3 \frac{\partial^2 v}{\partial q_1 \partial q_3} + 2A_2 A_3 \frac{\partial^2 v}{\partial q_2 \partial q_3} + \\ &+ A_1 \left(\frac{\partial A_1}{\partial q_1} \frac{\partial v}{\partial q_1} + \frac{\partial A_2}{\partial q_1} \frac{\partial v}{\partial q_2} + \frac{\partial A_3}{\partial q_1} \frac{\partial v}{\partial q_3} \right) + A_2 \left(\frac{\partial A_1}{\partial q_2} \frac{\partial v}{\partial q_1} + \frac{\partial A_2}{\partial q_2} \frac{\partial v}{\partial q_2} + \frac{\partial A_3}{\partial q_2} \frac{\partial v}{\partial q_3} \right) + \\ &+ A_3 \left(\frac{\partial A_1}{\partial q_3} \frac{\partial v}{\partial q_1} + \frac{\partial A_2}{\partial q_3} \frac{\partial v}{\partial q_2} + \frac{\partial A_3}{\partial q_3} \frac{\partial v}{\partial q_3} \right) = A_i A_j \frac{\partial^2 v}{\partial q_i \partial q_j} + A_i \frac{\partial A_j}{\partial q_i} \frac{\partial v}{\partial q_j}.\end{aligned}$$

Аналогично:

$$\begin{aligned}\frac{\partial^2 v}{\partial \bar{x}_2^2} &= B_i B_j \frac{\partial^2 v}{\partial q_i \partial q_j} + B_i \frac{\partial B_j}{\partial q_i} \frac{\partial v}{\partial q_j}; \quad \frac{\partial^2 v}{\partial \bar{x}_3^2} = C_i C_j \frac{\partial^2 v}{\partial q_i \partial q_j} + C_i \frac{\partial C_j}{\partial q_i} \frac{\partial v}{\partial q_j}; \\ \frac{\partial^2 v}{\partial \bar{x}_1 \partial \bar{x}_2} &= A_i \frac{\partial B_j}{\partial q_i} \frac{\partial v}{\partial q_j} + A_i B_j \frac{\partial^2 v}{\partial q_i \partial q_j}; \quad \frac{\partial^2 v}{\partial \bar{x}_1 \partial \bar{x}_3} = A_i \frac{\partial C_j}{\partial q_i} \frac{\partial v}{\partial q_j} + A_i C_j \frac{\partial^2 v}{\partial q_i \partial q_j}; \\ \frac{\partial^2 v}{\partial \bar{x}_2 \partial \bar{x}_3} &= B_i \frac{\partial C_j}{\partial q_i} \frac{\partial v}{\partial q_j} + B_i C_j \frac{\partial^2 v}{\partial q_i \partial q_j}.\end{aligned}$$

Запишем уравнения математической модели в новых переменных:

$$0 \leq q_1 \leq 1, \quad 0 \leq q_2 \leq 2\pi n, \quad \frac{\pi}{2} \leq q_3 \leq \frac{5\pi}{2}.$$

Уравнения движения:

$$\begin{aligned} V_1 A_j \frac{\partial V_1}{\partial q_j} + V_2 B_j \frac{\partial V_1}{\partial q_j} + V_3 C_j \frac{\partial V_1}{\partial q_j} + A_j \frac{\partial P}{\partial q_j} = 2 D A_k \frac{\partial}{\partial q_k} \left(\left(\frac{1}{Re} + \frac{1}{Re_t} \right) A_j \frac{\partial V_1}{\partial q_j} \right) + \\ + D B_k \frac{\partial}{\partial q_k} \left(\left(\frac{1}{Re} + \frac{1}{Re_t} \right) \left(B_j \frac{\partial V_1}{\partial q_j} + A_j \frac{\partial V_2}{\partial q_j} \right) \right) + D C_k \frac{\partial}{\partial q_k} \left(\left(\frac{1}{Re} + \frac{1}{Re_t} \right) \left(C_j \frac{\partial V_1}{\partial q_j} + A_j \frac{\partial V_3}{\partial q_j} \right) \right). \end{aligned} \quad (19)$$

$$\begin{aligned} V_1 A_j \frac{\partial V_2}{\partial q_j} + V_2 B_j \frac{\partial V_2}{\partial q_j} + V_3 C_j \frac{\partial V_2}{\partial q_j} + B_j \frac{\partial P}{\partial q_j} = 2 D B_k \frac{\partial}{\partial q_k} \left(\left(\frac{1}{Re} + \frac{1}{Re_t} \right) B_j \frac{\partial V_2}{\partial q_j} \right) + \\ + D A_k \frac{\partial}{\partial q_k} \left(\left(\frac{1}{Re} + \frac{1}{Re_t} \right) \left(A_j \frac{\partial V_2}{\partial q_j} + B_j \frac{\partial V_1}{\partial q_j} \right) \right) + D C_k \frac{\partial}{\partial q_k} \left(\left(\frac{1}{Re} + \frac{1}{Re_t} \right) \left(C_j \frac{\partial V_2}{\partial q_j} + B_j \frac{\partial V_3}{\partial q_j} \right) \right). \end{aligned} \quad (20)$$

$$\begin{aligned} V_1 A_j \frac{\partial V_3}{\partial q_j} + V_2 B_j \frac{\partial V_3}{\partial q_j} + V_3 C_j \frac{\partial V_3}{\partial q_j} + C_j \frac{\partial P}{\partial q_j} = 2 D C_k \frac{\partial}{\partial q_k} \left(\left(\frac{1}{Re} + \frac{1}{Re_t} \right) C_j \frac{\partial V_3}{\partial q_j} \right) + \\ = D A_k \frac{\partial}{\partial q_k} \left(\left(\frac{1}{Re} + \frac{1}{Re_t} \right) \left(A_j \frac{\partial V_3}{\partial q_j} + C_j \frac{\partial V_1}{\partial q_j} \right) \right) + D B_k \frac{\partial}{\partial q_k} \left(\left(\frac{1}{Re} + \frac{1}{Re_t} \right) \left(B_j \frac{\partial V_3}{\partial q_j} + C_j \frac{\partial V_2}{\partial q_j} \right) \right). \end{aligned} \quad (21)$$

Уравнение неразрывности:

$$A_j \frac{\partial V_j}{\partial q_j} + B_j \frac{\partial V_j}{\partial q_j} + C_j \frac{\partial V_j}{\partial q_j} = 0. \quad (22)$$

Уравнение энергии:

$$\begin{aligned} V_1 A_j \frac{\partial T_{\infty}}{\partial q_j} + V_2 B_j \frac{\partial T_{\infty}}{\partial q_j} + V_3 C_j \frac{\partial T_{\infty}}{\partial q_j} = D A_k \frac{\partial}{\partial q_k} \left(\left(\frac{1}{Pe} + \frac{1}{Pe_t} \right) A_j \frac{\partial T_{\infty}}{\partial q_j} \right) + \\ + D B_k \frac{\partial}{\partial q_k} \left(\left(\frac{1}{Pe} + \frac{1}{Pe_t} \right) B_j \frac{\partial T_{\infty}}{\partial q_j} \right) + D C_k \frac{\partial}{\partial q_k} \left(\left(\frac{1}{Pe} + \frac{1}{Pe_t} \right) C_j \frac{\partial T_{\infty}}{\partial q_j} \right). \end{aligned} \quad (23)$$

Уравнение теплопроводности стенок канала:

$$A_i A_j \frac{\partial^2 T_c}{\partial q_i \partial q_j} + A_i \frac{\partial A_j}{\partial q_i} \frac{\partial T_c}{\partial q_j} + B_i B_j \frac{\partial^2 T_c}{\partial q_i \partial q_j} + B_i \frac{\partial B_j}{\partial q_i} \frac{\partial T_c}{\partial q_j} + C_i C_j \frac{\partial^2 T_c}{\partial q_i \partial q_j} + C_i \frac{\partial C_j}{\partial q_i} \frac{\partial T_c}{\partial q_j} = 0 \quad (24)$$

Уравнение переноса для кинетической энергии турбулентности:

$$\begin{aligned} D^{-1} \left(V_1 A_j \frac{\partial K}{\partial q_j} + V_2 B_j \frac{\partial K}{\partial q_j} + V_3 C_j \frac{\partial K}{\partial q_j} \right) = \frac{2}{Re_t} \left(\left(A_j \frac{\partial V_1}{\partial q_j} \right)^2 + \left(B_j \frac{\partial V_2}{\partial q_j} \right)^2 + \left(C_j \frac{\partial V_3}{\partial q_j} \right)^2 \right) + \\ + \frac{1}{Re_t} \left(\left(A_j \frac{\partial V_2}{\partial q_j} \right)^2 + \left(A_j \frac{\partial V_3}{\partial q_j} \right)^2 + \left(B_j \frac{\partial V_1}{\partial q_j} \right)^2 + \left(B_j \frac{\partial V_3}{\partial q_j} \right)^2 + \left(C_j \frac{\partial V_1}{\partial q_j} \right)^2 + \left(C_j \frac{\partial V_2}{\partial q_j} \right)^2 \right) + \\ + \frac{2}{Re_t} \left(A_i B_j \frac{\partial V_2}{\partial q_i} \frac{\partial V_1}{\partial q_j} + B_i C_j \frac{\partial V_3}{\partial q_i} \frac{\partial V_2}{\partial q_j} + A_i C_j \frac{\partial V_3}{\partial q_i} \frac{\partial V_1}{\partial q_j} \right) - \frac{\beta^*}{D} K W + \\ + A_k \frac{\partial}{\partial q_k} \left[\left(\frac{1}{Re} + \frac{\sigma_k}{Re_t} \right) A_j \frac{\partial K}{\partial q_j} \right] + B_k \frac{\partial}{\partial q_k} \left[\left(\frac{1}{Re} + \frac{\sigma_k}{Re_t} \right) B_j \frac{\partial K}{\partial q_j} \right] + \\ + C_k \frac{\partial}{\partial q_k} \left[\left(\frac{1}{Re} + \frac{\sigma_k}{Re_t} \right) C_j \frac{\partial K}{\partial q_j} \right]. \end{aligned} \quad (25)$$

Уравнение переноса для удельной скорости диссипации:

$$\begin{aligned}
 D^{-1} \left(V_1 A_j \frac{\partial W}{\partial q_j} + V_2 B_j \frac{\partial W}{\partial q_j} + V_3 C_j \frac{\partial W}{\partial q_j} \right) &= \frac{W}{K \operatorname{Re}_t} \left(\left(A_j \frac{\partial V_1}{\partial q_j} \right)^2 + \left(B_j \frac{\partial V_2}{\partial q_j} \right)^2 + \left(C_j \frac{\partial V_3}{\partial q_j} \right)^2 \right) + \\
 &+ \frac{W}{K \operatorname{Re}_t} \left(\left(A_j \frac{\partial V_2}{\partial q_j} \right)^2 + \left(A_j \frac{\partial V_3}{\partial q_j} \right)^2 + \left(B_j \frac{\partial V_1}{\partial q_j} \right)^2 + \left(B_j \frac{\partial V_3}{\partial q_j} \right)^2 + \left(C_j \frac{\partial V_1}{\partial q_j} \right)^2 + \left(C_j \frac{\partial V_2}{\partial q_j} \right)^2 \right) + \\
 &+ \frac{W}{K \operatorname{Re}_t} \left(A_i B_j \frac{\partial V_2}{\partial q_i} \frac{\partial V_1}{\partial q_j} + B_i C_j \frac{\partial V_3}{\partial q_i} \frac{\partial V_2}{\partial q_j} + A_i C_j \frac{\partial V_3}{\partial q_i} \frac{\partial V_1}{\partial q_j} \right) - \frac{\beta}{D} W^2 + \\
 &+ A_k \frac{\partial}{\partial q_k} \left[\left(\frac{1}{\operatorname{Re}} + \frac{\sigma_\omega}{\operatorname{Re}_t} \right) A_j \frac{\partial W}{\partial q_j} \right] + B_k \frac{\partial}{\partial q_k} \left[\left(\frac{1}{\operatorname{Re}} + \frac{\sigma_\omega}{\operatorname{Re}_t} \right) B_j \frac{\partial W}{\partial q_j} \right] + \\
 &+ C_k \frac{\partial}{\partial q_k} \left[\left(\frac{1}{\operatorname{Re}} + \frac{\sigma_\omega}{\operatorname{Re}_t} \right) C_j \frac{\partial W}{\partial q_j} \right] + \\
 &+ \frac{2}{D} (1 - F_1) \sigma_{\omega 2} \frac{1}{W} \left(A_i A_j \frac{\partial K}{\partial q_i} \frac{\partial W}{\partial q_j} + B_i B_j \frac{\partial K}{\partial q_i} \frac{\partial W}{\partial q_j} + C_i C_j \frac{\partial K}{\partial q_i} \frac{\partial W}{\partial q_j} \right). \tag{26}
 \end{aligned}$$

Границные условия:

— на входе в канал ($0 \leq t \leq 2\pi$):

для скорости: $V_1 = 0, V_2 = 0, V_3 = 1$; для температуры жидкости $T_\infty = 1$;

для температуры стенки $T_c = 1$; для кинетической энергии турбулентности $K = k_0$; для удельной диссипации $W = w_0$; для давления $P = 0$;

— на выходе ($2\pi(n-1) \leq t \leq 2\pi n$):

$$\frac{\partial V_1}{\partial q_3} = 0, \frac{\partial V_2}{\partial q_3} = 0, \frac{\partial V_3}{\partial q_3} = 0, \frac{\partial T_\infty}{\partial q_3} = 0, \frac{\partial K}{\partial q_3} = 0, \frac{\partial W}{\partial q_3} = 0;$$

— на внутренней стенке $\left(r = 1, \frac{3\pi}{2} \leq \theta \leq \frac{5\pi}{2} \right)$:

для скорости — условия прилипания $V_1 = 0, V_2 = 0, V_3 = 0$; для удельной диссипации $W = \frac{60 d_3^2 Fr}{\beta_1 \Delta y^2 \operatorname{Re}}$; для кинетической энергии турбулентности $K = 0$;

для температуры $T_\infty = T_c, \lambda_\infty \frac{\partial T}{\partial n} = \lambda_c \frac{\partial T_c}{\partial n}$, где n — нормаль к стенке;

— на внешней стенке $\left(r = 1, \frac{\pi}{2} \leq \theta \leq \frac{3\pi}{2} \right)$:

для пара $\frac{\partial T_c}{\partial n} = Bi(T_{nap} - T_c)$, где t_{nap} — температура пара.

Эквивалентный диаметр пружинно-витого канала может быть вычислен по формуле:

$$d_3 = \frac{4V}{S},$$

где V — объем, S — площадь смоченной (внутренней) поверхности канала.

Площадь внутренней поверхности вычисляется по формуле:

$$S = 2\pi n \sqrt{r_0^2 + b^2} \cdot \pi \cdot c.$$

Объем вычисляется по формуле:

$$V = \iiint_G dxdydz = \left| \begin{array}{l} x = q_1 \xi(q_2, q_3) \\ y = q_1 \zeta(q_2, q_3) \\ z = \zeta(q_2, q_3) \end{array} \right| = \int_0^1 dq_1 \int_{\pi/2}^{3\pi/2} dq_2 \int_0^{2\pi n} \Delta(q_1, q_2, q_3) dq_3.$$

Численная реализация полученной модели (19)-(27) сопряженной задачи теплообмена при турбулентном течении вязкой несжимаемой жидкости в рассматриваемых каналах позволит определить поле скоростей, давления и температур в проточной части труб со сложной геометрией.

Заключение

Предложена математическая модель сопряженной задачи теплообмена при турбулентном течении вязкой несжимаемой жидкости на основе осредненных по Рейнольдсу уравнений движения, неразрывности, энергии, теплопроводности стенки и модели Ментера. Для преобразования дифференциальных уравнений к безразмерному виду предложены оригинальные подстановки. Уравнения модели записаны с применением независимых переменных, что позволило преобразовать физическую область течения с криволинейными границами в область с прямолинейными границами. Это позволило существенно упростить процесс построения расчетной сетки и записи граничных условий.

Список литературы

- Гарбарук А.В., Стрелец М.И., Шур М.Л. Моделирование турбулентности в расчетах сложных течений: учебное пособие. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2012. – 88 с.
- Menter F.R. Zonal two-equation $k-\omega$ turbulence models for aerodynamic flows // AIAA Paper № 93-2906, 1993. – 21 р.
- Bradshaw P., Ferriss D.H., Atwell N.P. Calculation of boundary layer development using the turbulent energy equation, J. Fluid Mech., 1967, v. 28. – P. 593-616.
- Багоутдинова А.Г., Золотоносов Я.Д. Математическое описание и визуализация теплообменных поверхностей в форме пружинно-витых каналов и труб типа «конфузор-диффузор» // Известия вузов. Проблемы энергетики, 2012, № 7-8. – С. 80-86.
- Багоутдинова А.Г., Золотоносов Я.Д., Мустакимова С.А. Энергоэффективные теплообменные аппараты на базе теплообменных элементов в виде пружинно-витых каналов // Известия КГАСУ, 2012, № 3 (21). – С. 86-95.

Bagoutdinova A.G. – candidate of technical sciences, associate professor

E-mail: bagoutdinova@rambler.ru

Zolotonosov Ya.D. – doctor of technical sciences, professor

E-mail: zolotonosov@mail.ru

Kazan State University of Architecture and Engineering

The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Mathematical model of the dual problem of heat transfer in turbulent flow in channels of complex geometry

Resume

In this paper the mathematical model of conjugate heat transfer problem in a turbulent flow of an incompressible viscous fluid in a channel complex configuration based on the Reynolds averaged equations of motion, continuity, energy, and thermal conductivity of the wall is shown. To close the system of equations of the Reynolds turbulence model based on Menter geometry of the channel is chosen. To convert the differential equations to a dimensionless the original proposed substitution are formed. The model equations are written with the use of independent variables, which has transformed the physical flow domain with

curved boundaries in the area with straight boundaries. It is possible to considerably simplify the process of building a computational grid and write the boundary conditions.

The numerical realization of the resulting model will identify the main heat-hydrodynamic parameters and clarify the methods of engineering calculation of heat exchangers with heat exchange elements in the form of spring-twisted channels.

Keywords: mathematical model, boundary conditions, turbulent flow.

References

1. Garbaruk A.V., Strelets M.H., Shur M.L. Modeling of turbulence in the calculation of complex flows: a manual / Spb: Polytechnic Univ. Press, 2012. – 88 p.
2. Menter F.R. Zonal two-equation $k-\omega$ turbulence models for aerodynamic flows // AIAA Paper № 93-2906, 1993. – 21 p.
3. Bradshaw P., Ferriss D.H., Atwell N.P. Calculation of boundary layer development using the turbulent energy equation, J. Fluid Mech., 1967, v. 28. – P. 593-616.
4. Bagoutdinova A.G., Zolotonosov Ya.D. Mathematical description and visualization of heat-exchange surfaces in form the spring-curly channels and pipes of type «confusor-diffusor» // Proceedings of the universities. Energy problems, 2012, № 7-8. – P. 80-86.
5. Bagoutdinova A.G., Zolotonosov Ya.D., Mustakimova S.A. Energy efficient heat exchangers based on the heat exchange elements in the form of a spring-twisted channels // News of the KSUAE, 2012, № 3 (21). – P. 86-95.

УДК 697.921.42: 532.5.031

Варсегова Е.В. – кандидат физико-математических наук, доцент

E-mail: evarsegova@yandex.ru

Посохин В.Н. – доктор технических наук, профессор

E-mail: posohin@mail.ru

Фаттахов А.Р. – ассистент

E-mail: fattahov82@mail.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

К расчету нижних отсосов от теплоисточников

Аннотация

Рассматривается течение над полуцилиндрическим теплоисточником при действии нижних отсосов. В результате взаимодействия восходящего конвективного потока с течением, индуцированным действием стоков над теплоисточником образуется рециркуляционная зона – купол. Рециркуляционная зона над теплоисточником моделируется двумя вихрями, отсосы – двумя точечными стоками. Определяются геометрические размеры рециркуляционной зоны, а также соотношение между интенсивностями вихрей и стоков, при котором такое течение реализуется.

Ключевые слова: нижний отсос, теплоисточник, течение, вихрь, сток, интенсивность вихрей и стоков.

Расчет необходимой интенсивности нижнего двухстороннего отсоса, расположенного симметрично относительно протяженного теплоисточника, обычно основывается на схеме течения, предложенной И.А. Шепелевым [1, 2].

Считается, что в некоторой точке на оси восходящего конвективного потока его скорость становится равной скорости, индуцированной действием стоков. Здесь восходящий поток тормозится, разворачивается и движется в обратном направлении к отсосу. При этом течение над источником образует как бы купол, замыкающийся на отсос. В дальнейшем эта схема была дополнена условием предельного улавливания, определившим минимальную интенсивность стоков, при которой происходило полное улавливание восходящего потока [3]. Это условие сформулировано в виде равенства осевых скоростей и их производных в вершине купола:

$$v_n = u_n, \quad \frac{dv_n}{dy} = \frac{du_n}{dy}.$$

Ось y – ось симметрии, направленная вертикально вверх; $v_n = u_n$ – осевые скорости в вершине купола ($y = H$), создаваемые действием стоков и теплоисточника.

Описанный подход, по сути, представляет собой использование метода наложения потоков, что в рассматриваемом случае может дать только приближенную качественную картину течения. Тurbulentный конвективный поток развивается здесь внутри купола, образующего как бы замкнутое пространство и закономерности развития этого потока существенно различны с закономерностями свободной конвективной струи, используемыми при решении задачи по описанной выше схеме.

Принципиально иная схема течения предложена в работе [4]. В результате взаимодействия восходящего конвективного потока с течением индуцированным действием стоков над теплоисточником образуется рециркуляционная зона – купол. Течение внутри этой зоны формируется двумя стоками и двумя симметрично расположеными свободными вихрями с циркуляциями $-\gamma$ для правого и γ для левого вихря. Описанная схема показана на рис. 1а, где реальные отсосы заменены линейными стоками с удельной интенсивностью q каждый.

В работе [4] рассмотрен случай, когда плоский теплоисточник заделан заподлицо с бесконечной ограничивающей непроницаемой поверхностью. В этой работе теплоисточник в виде полуцилиндра радиусом r выступает над ограничивающей поверхностью.

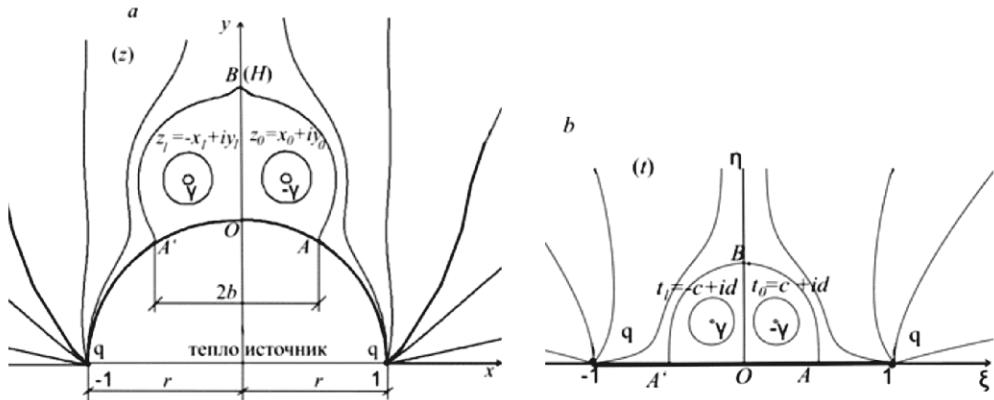


Рис. 1. Схема течения

Необходимо определить соотношение между интенсивностями вихрей и стоков, при которых описанное течение возможно. Иными словами, следует найти предельное значение $\varepsilon_{np} = q/\gamma$, при котором купол над источником образуется. При $\varepsilon > \varepsilon_{np}$ высота купола уменьшается – улавливание конвективного потока избыточное; при $\varepsilon < \varepsilon_{np}$ купол разрушается, то есть полного улавливания не происходит. Течение считаем плоским и потенциальным. В качестве линейного масштаба принимаем радиус цилиндра, то есть считаем $r = 1$.

Построим комплексный потенциал течения $W = \varphi + i\psi$, где φ и ψ – соответственно потенциал скорости и функция тока.

Введем вспомогательную плоскость комплексной переменной (рис. 1b). Соответствие между точками плоскостей z и t устанавливается формулой:

$$t = \frac{1}{2} \left(z + \frac{1}{z} \right). \quad (1)$$

Комплексный потенциал течения в плоскости t строим с учетом расположения вихрей (рис. 1b) и наличия непроницаемой поверхности $\xi = 0$:

$$\begin{aligned} W = & -\frac{q}{\pi} \ln(t-1) - \frac{q}{\pi} \ln(t+1) - \frac{\gamma}{2\pi i} \ln(t-t_0) + \frac{\gamma}{2\pi i} \ln(t+\bar{t}_0) \\ & + \frac{\gamma}{2\pi i} \ln(t-\bar{t}_0) - \frac{\gamma}{2\pi i} \ln(t+t_0). \end{aligned} \quad (2)$$

Черта сверху означает комплексно сопряженную величину.

Разделяя действительную и мнимую части выражения (2), находим потенциал:

$$\begin{aligned} \varphi = & -\frac{q}{\pi} \left[\ln \sqrt{(t_x - 1)^2 + t_y^2} + \ln \sqrt{(t_x + 1)^2 + t_y^2} \right] - \\ & - \frac{\gamma}{2\pi} \left[\operatorname{arctg} \frac{t_y - d}{t_x - c} + \operatorname{arctg} \frac{t_y + d}{t_x + c} \right] + \frac{\gamma}{2\pi} \left[\operatorname{arctg} \frac{t_y - d}{t_x + c} + \operatorname{arctg} \frac{t_y + d}{t_x - c} \right], \end{aligned} \quad (3)$$

и функцию тока:

$$\begin{aligned} \psi = & -\frac{q}{\pi} \left[\operatorname{arctg} \frac{t_y}{t_x - 1} + \operatorname{arctg} \frac{t_y}{t_x + 1} \right] + \frac{\gamma}{2\pi} \left[\ln \sqrt{(t_x - c)^2 + (t_y - d)^2} + \right. \\ & \left. + \ln \sqrt{(t_x + c)^2 + (t_y + d)^2} \right] - \frac{\gamma}{2\pi} \left[\ln \sqrt{(t_x - c)^2 + (t_y - d)^2} + \ln \sqrt{(t_x + c)^2 + (t_y + d)^2} \right]. \end{aligned} \quad (4)$$

Используя выражения (1), (2), находим комплексно сопряженную скорость течения:

$$\begin{aligned} \bar{v} = & \frac{dW}{dz} = \frac{dW}{dt} / \frac{dz}{dt} = v_x - iv_y = \\ = & \left[-\frac{q}{\pi} \left(\frac{1}{t-1} + \frac{1}{t+1} \right) - \frac{\gamma}{2\pi i} \left(\frac{1}{t-t_0} + \frac{1}{t+\bar{t}_0} \right) + \frac{\gamma}{2\pi i} \left(\frac{1}{t-\bar{t}_0} + \frac{1}{t+t_0} \right) \right] / \left[1 + \frac{t}{\sqrt{t^2 - 1}} \right]. \end{aligned} \quad (5)$$

Для определения положения вихрей используем положение, согласно которому вихрь не действует сам на себя [5]. Это означает, что скорость движения вихря в потоке равна скорости, индуцированной в точке расположения вихря всеми остальными особенностями.

Например, чтобы определить скорость вихря в точке t_0 , надо удалить из выражения (5) скорость, индуцированную самим вихрем. В нашем случае вихри неподвижны. Поэтому:

$$-\frac{\varepsilon}{\pi} \left(\frac{1}{t_0 - 1} + \frac{1}{t_0 + 1} \right) - \frac{1}{4\pi i t_0} + \frac{1}{2\pi i} \left(\frac{1}{t_0 - t_0} + \frac{1}{t_0 + t_0} \right) = 0.$$

После простых преобразований приводим последнее выражение к виду:

$$-8\varepsilon + i \left(1 - \frac{1}{t_0^2} \right) - 4i \frac{t_0^2 - 1}{t_0^2 - t_0^2} = 0.$$

Имея в виду, что $t_0 = c + id = re^{i\theta}$, $\bar{t}_0 = c - id = re^{-i\theta}$, после разделения реальной и мнимой частей последнего выражения находим:

$$\begin{cases} r^2 = -\cos 2\theta \\ 8\varepsilon r^2 \sin 2\theta = 3r^4 + 1. \end{cases} \quad (6)$$

Так как $c > 0$, $d > 0$, то $0 < u < \frac{\pi}{2}$, $r > 0$. Отсюда следует, что $\frac{\pi}{4} < u \leq \frac{\pi}{2}$.

Комбинируя уравнения (6), получим:

$$r^8(9 + 64\varepsilon^2) + (6 - 64\varepsilon^2)r^4 + 1 = 0. \quad (7)$$

Уравнение (7) имеет два решения:

$$r_1 = \sqrt[4]{\frac{32\varepsilon^2 - 3 + 16\varepsilon\sqrt{4\varepsilon^2 - 1}}{64\varepsilon^2 + 9}}, \quad (8)$$

$$r_2 = \sqrt[4]{\frac{32\varepsilon^2 - 3 - 16\varepsilon\sqrt{4\varepsilon^2 - 1}}{64\varepsilon^2 + 9}}. \quad (9)$$

Из первого уравнения системы (7) и тригонометрических тождеств $\sin^2 \theta = \frac{1 - \cos 2\theta}{2}$, $\cos^2 \theta = \frac{1 + \cos 2\theta}{2}$ устанавливаем, что:

$$\sin \theta = \sqrt{\frac{1+r^2}{2}}, \quad \cos \theta = \sqrt{\frac{1-r^2}{2}},$$

и так как $c = r \cdot \cos u$, $d = r \cdot \sin u$, получаем две пары решений уравнения (7):

$$c = r_1 \sqrt{\frac{1-r_1^2}{2}}, \quad d = r_1 \sqrt{\frac{1+r_1^2}{2}}; \quad (10)$$

$$c = r_2 \sqrt{\frac{1-r_2^2}{2}}, \quad d = r_2 \sqrt{\frac{1+r_2^2}{2}}. \quad (11)$$

При $\varepsilon = 1/2$ обе пары решений сливаются. В этом случае:

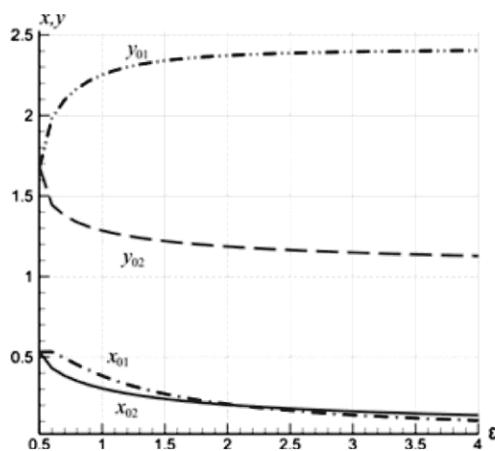
$$r = \frac{1}{\sqrt[4]{5}}, \quad c = \sqrt{\frac{\sqrt{5}-1}{10}}, \quad d = \sqrt{\frac{\sqrt{5}+1}{10}}.$$

Положение вихрей в физической плоскости $z_0 = x_0 + iy_0$ можно найти, совершив преобразование обратное (1):

$$z = t + \sqrt{t^2 - 1}. \quad (12)$$

Графики функций $x_0(\varepsilon)$, $y_0(\varepsilon)$ для двух веток решений показаны на рис. 2.

На рис. 3 показаны линии тока, рассчитанные для разных значений параметра ε по формуле (4) для первой и второй веток решения соответственно. Для второй ветки решений (рис. 3 d-f) видно, что чем больше значение ε , тем больше купол «прижат» к теплоисточнику. При $\varepsilon < 0,5$ вихри «отрываются» от теплоисточника – купол разрушается. Для первой ветки решения (рис. 3 a-c) с увеличением параметра ε размеры купола уменьшаются, и он поднимается вверх по мнимой оси.

Рис. 2. Зависимость координат положения вихрей от параметра ε

Видно, что решение, даваемое формулами (10), соответствует ситуации, когда действие стоков не может противостоять действию вихрей и принятая схема течения с образованием замкнутой рециркуляционной зоной (куполом) не может быть реализована. Другими словами – купол разрушается. Далее будем рассматривать только решение (11).

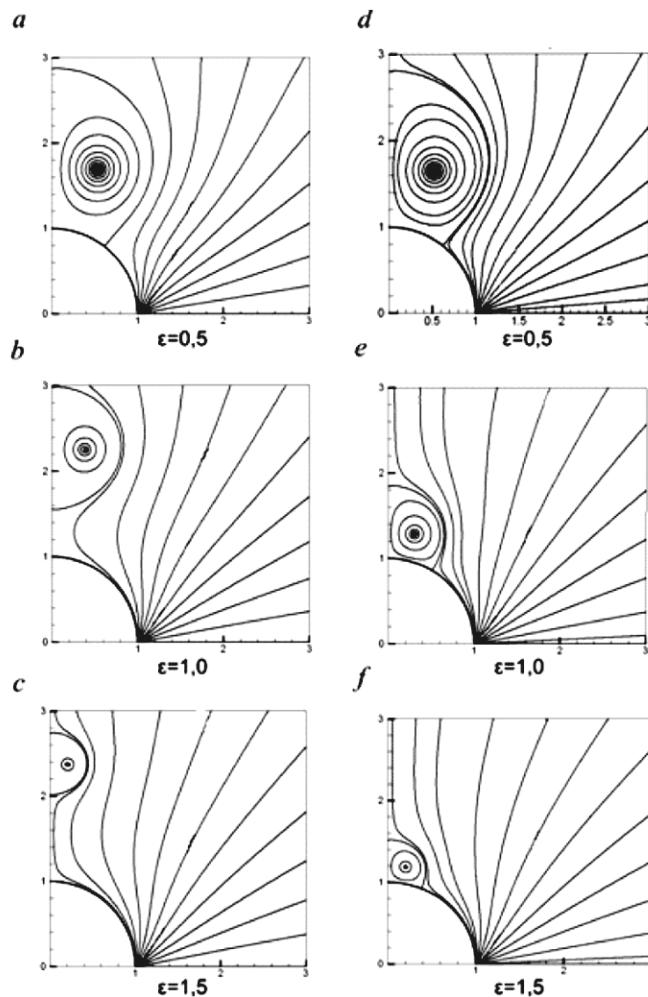


Рис. 3. Линии тока

Определим размеры купола – высоту H и ширину b . Размеры защитного купола определяются положением критических точек потока A, A', B, O . Таким образом, чтобы найти положение этих точек, необходимо решить уравнение $dW/dz = 0$, где dW/dz находится по формуле (5). Учтем в формуле (5) что $t_0 = c + id$ и исключим из рассмотрения корень $t=0$, определяющий критическую точку, расположенную в начале координат. В результате получим биквадратное уравнение:

$$\varepsilon t^4 + 2(cd - c^2\varepsilon + d^2\varepsilon)t^2 + \varepsilon(c^2 + d^2) - 2cd = 0,$$

где c и d определяются формулами (11). Сделаем замену $t^2 = U$ и получим квадратное уравнение:

$$\varepsilon U^2 + 2(cd - c^2\varepsilon + d^2\varepsilon)U + \varepsilon(c^2 + d^2) - 2cd = 0. \quad (13)$$

Решение квадратного уравнения (13) дается формулами:

$$U_1 = \frac{c^2\varepsilon - d^2\varepsilon - cd - \sqrt{cd[2\varepsilon + (d - 2c\varepsilon)(c + 2d\varepsilon)]}}{\varepsilon} < 0, \quad (14)$$

$$U_2 = \frac{c^2\varepsilon - d^2\varepsilon - cd + \sqrt{cd[2\varepsilon + (d - 2c\varepsilon)(c + 2d\varepsilon)]}}{\varepsilon} > 0. \quad (15)$$

Так как $t = \sqrt{U}$, то при $U = U_1 < 0$ будет $t = i\sqrt{|U_1|}$ и, используя отображение (12), находим:

$$z_B = i\left[\sqrt{|U_1|} + \sqrt{|U_1| + 1}\right].$$

Таким образом, координата $t = i\sqrt{|U_1|}$ в физической плоскости соответствует точке на оси y , то есть определяет высоту купола H :

$$H = \sqrt{-U_1} + \sqrt{U_1 + 1}.$$

Если $U = U_2 > 0$, то, используя формулу (12), находим:

$$z_A = \sqrt{U_2} + \sqrt{U_2 - 1}.$$

Поскольку $U_2 < 1$, то:

$$z_A = \sqrt{U_2} + i\sqrt{1 - U_2},$$

и значит, ширина купола будет:

$$2b = 2\sqrt{U_2}.$$

На рис. 4 показаны графики функций $H(\varepsilon)$ и $2b(\varepsilon)$ откуда видно, что с увеличением ε (то есть с увеличением интенсивности отсоса) купол становится более компактным.

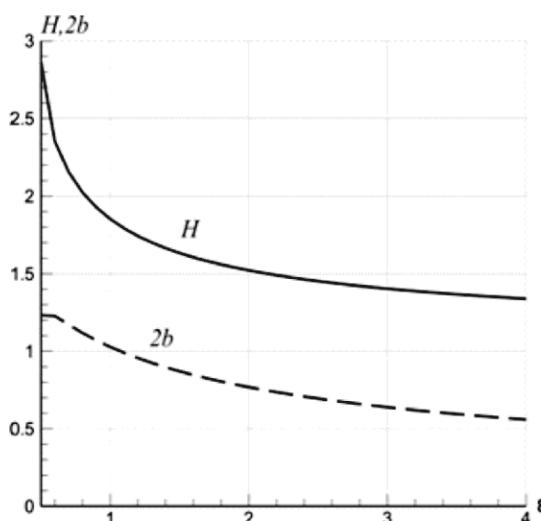


Рис. 4. Зависимость высоты и ширины защитного купола от параметра ε

Для полного решения поставленной задачи необходимо установить связь между интенсивностью циркуляции вихрей и интенсивностью теплоисточника. Из соображения размерности можно принять:

$$\gamma = kL_{ucm}, \quad q = k\varepsilon L_{ucm},$$

где k – опытный коэффициент; L_{ucm} – комплекс величин, имеющий размерность удельного расхода и характеризующий интенсивность теплоисточника, $\text{м}^3/\text{с}$.

Так же, как в [4], примем:

$$L_{ucm} = r \sqrt[3]{\frac{gQ_k}{c_p \rho T}},$$

где Q_k – удельная конвективная тепловая мощность источника, $\text{kВт}/\text{м}$;

c_p – удельная теплоемкость воздуха, $\text{кДж}/\text{кг}\cdot\text{К}$;

T и ρ – температура и плотность воздуха на удалении от источника.

Принимая $g = 9,81 \text{ м}/\text{с}^2$; $c_p = 1,005 \text{ кДж}/\text{кг}\cdot\text{К}$; $T = 293 \text{ }^\circ\text{К}$; $\rho = 1,2 \text{ кг}/\text{м}^3$, получим:

$$L_{ucm} = 0,3rQ_k^{1/3}.$$

Согласно полученному решению предельное значение ε , при котором купол над источником не разрушается восходящим потоком, равно 0,5. Тогда необходимая интенсивность двустороннего нижнего отсоса длиной l будет:

$$L_{omc} = 2ql = 0,3krQ_k^{1/3}l.$$

Значение коэффициента k может быть установлено при помощи численного или лабораторного эксперимента.

Список литературы

- Шепелев И.А. Газовая струя в зоне действия местного отсоса. / В кн. Вентиляция промышленных зданий. Материалы к семинару. – Л.: ЛДНТП, 1973. – С. 3-7.
- Шепелев И.А. Теоретическое обоснование действия бортовых отсосов. В кн. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. Труды ЦНИИпромзданий. – М.: ЦНИИпромзданий, 1974, вып. 37. – С. 33-39.
- Посохин В.Н. Расчет местных отсосов от тепло- и газовыделяющего оборудования. – М.: Машиностроение, 1984. – 16 с.
- Маклаков Д.В., Александров А.Ю., Посохин В.Н. К расчету течения над протяженным теплоисточником, снабженным двусторонним щелевым нижним отсосом // Изв. вузов. Строительство, 2011, № 2. – С. 50-55.
- Милн-Томпсон Л.М. Теоретическая гидродинамика. – М.: Мир, 1964. – 656 с.

Varsegova E.V. – candidate of physico-mathematical sciences, associate professor
E-mail: evarsegova@yandex.ru

Posohin V.N. – doctor of technical sciences, professor
E-mail: posohin@mail.ru

Fattahov A.R. – assistant
E-mail: fattahov82@mail.ru

Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Calculation of the lower suction from heat sources

Resume

The problem of the required intensity of suction, trapping heat stream, rising above the heat source in the form of an extended half-cylinder is solved. Rising convective flow velocity at a point on the axis is equal to the velocity induced by the action drains. This upward flow

slowed, turns and moves in the inverse direction. As a result of the interaction of the rising convective flow with the current, induced by the action of heat sinks on the closed recirculation zone – the dome is formed. The recirculation zone above the heat source is modeled by two vortices, suction – two point sinks. It is necessary to determine the ratio between the intensities of the vortices and sinks under which described flow can exist. If this ratio increases, the height of the dome reduces – the capture of the convective flow is excessive, with an increase in the dome collapses so a complete recovery does not occur. The flow is considered flat and potential. The analytical solution of the problem and geometrical dimensions of the dome were found.

Keywords: bottom suction, heat source, flow, vortex, sink, strengths of vortices and sinks.

References

1. Shepelyov I.A. Gas jet in the zone of action of local suction. / In the book Ventilation of industrial buildings. Materials for the workshop. – L.: LDNTP, 1973. – P. 3-7.
2. Shepelyov I.A. The theoretical justification for the action onboard exhausts. In the book Heating, ventilation and air conditioning. Proceedings TsNIIPromzdany. – M. TsNIIPromzdany, 1974, Release 37. – P. 33-39.
3. Posohin V.N. Calculation of local suction from heat and degassing equipment. – M.: Mechanical Engineering, 1984. – 16 p.
4. Maclakov D.V., Alexandrov A.Y., Posohin V.N. On the calculation of the flow over an extended heat source, equipped with two-way slotted bottom suction // News of higher educational institutions Building, 2011, № 2. – P. 50-55.
5. Miln-Thompson L.M. Theoretical hydrodynamics. – M.: World, 1964. – 656 p.

УДК 532.5:621.694:519.6

Горская Т.Ю. – кандидат технических наук, доцент

E-mail: tatyana_gorskaya@mail.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

Ожегова А.В. – кандидат физико-математических наук, доцент

E-mail: Alla.Ozhegova@ksu.ru

Казанский (Поволжский) федеральный университет

Адрес организации: 420008, Россия, г. Казань, ул. Кремлевская, д. 18

О сходимости проекционного метода для уравнения задачи движения

Аннотация

В работе проведен анализ существующих подходов к решению задачи движения в осесимметричных каналах. Представлены результаты по теоретическому обоснованию численного решения уравнения для задачи движения и получена оценка сходимости приближенного решения к обобщенному решению исходной задачи по метрике энергетического пространства в терминах наилучшего среднеквадратического приближения.

Ключевые слова: краевые задачи, численные методы, обобщенное решение, скорость сходимости приближенного метода.

Введение

Создание высокоэффективного производства требует больших научно-исследовательских и инженерно-технических вложений, которые, в свою очередь, связаны с большими капиталовложениями. Важной задачей при этом является сокращение стоимости и сроков исследований. Математическое моделирование с последующим теоретическим обоснованием в научных исследованиях является одним из перспективных направлений решения поставленной задачи. Главным требованием, предъявляемым к созданию математической модели того или иного процесса, является то, чтобы она не была громоздкой, но максимально отражала реальный объект. Выбор подхода к созданию модели будет определяться квалификацией исследователя и наличием технического оборудования.

Следует отметить, что краевую задачу течения вязкой жидкости решают, используя два подхода:

- традиционный – в терминах скорость-давление;
- с применением так называемых функций вихря и тока.

В традиционном подходе неизвестные компоненты скоростей и давления находятся непосредственно из решения краевой задачи, состоящей из системы уравнений Навье-Стокса, уравнения неразрывности и физически обоснованных граничных условий. В этой постановке при нахождении поля скоростей исключают компоненты давления, это приводит к увеличению порядка старших частных производных в дифференциальных уравнениях, что представляет сложность при интегрировании.

Во втором подходе вводятся новые переменные – функций вихря в виде $\vec{w} = \text{rot} \vec{v}$, где \vec{w} – вектор-функция вихря, \vec{v} – вектор скорости и тока, который определяется из уравнения неразрывности: $\text{div } \vec{v} = 0$, при этом последнее будет исключено из системы уравнений. Кроме того, введением новой переменной понижается порядок дифференциальных уравнений. Однако, отмечая несомненные преимущества этого подхода, его применение может иметь некоторую сложность, связанную с определением граничных условий, поскольку поведение функции вихря на границе часто бывает неизвестно.

При рассмотрении конкретных задач гидродинамики в той или иной постановке всегда актуальны вопросы преодоления нелинейности системы дифференциальных уравнений Навье-Стокса. В настоящее время известны различные методы их линеаризации [1-4]. Известен [2] способ линеаризации, основанный на использовании

процесса итерации, где нелинейный член заменяется значением, полученным из предыдущей итерации. В некоторых случаях линеаризация уравнения осуществляется путем замены нелинейного члена неким средним значением функции на интервале интегрирования. При постановке математических моделей гидродинамики широко используют линеаризации Буссинеска, Стокса [3], Озенна [4]. Так, в приближениях Стокса полностью пренебрегают конвективной частью, а в приближении Озенна конвективная часть учитывается лишь частично. Но по сравнению с линеаризацией Стокса она все же имеет несомненное преимущество, т.к. учитывает влияние конвективных сил инерции [4]. В приближениях Буссинеска пользуются приемом осреднения, заменяя истинное, беспорядочное движение частиц прямолинейным фиктивным движением, что упрощает конвективную часть, делая ее линейной.

Постановка задачи с последующей ее линеаризацией влечет за собой вопрос о корректности исходной задачи, т.е. о существовании, единственности и устойчивости решения.

Теоретическому обоснованию существования и единственности решения краевых задач посвящено много работ, например, [5-7]. Этим вопросом занимались О.А. Ладыженская, В.А. Солонников, Е. Хопф, И.Ж. Хейвурд, Р. Темам.

В конце пятидесятых годов было доказано, что для стационарных краевых задач имеется по крайней мере одно «хорошее» решение для чисел Рейнольдса, соответствующих ламинарному течению [5], если выполнено условие:

$$\int_S \vec{v} \vec{n} dS = 0, \quad (1)$$

где v – вектор скорости, n – нормаль к S , S – граница области Ω . Если область Ω содержит бесконечно удаленную точку, то ставится дополнительное условие: $v \rightarrow v^\infty$.

Е. Хопф доказал, что в силу выполнения условия $\operatorname{div} \vec{v} = 0$, искомый вектор скорости v должен удовлетворять (1), так как справедливо равенство $\int_S \vec{v} \vec{n} dS = \int_\Omega \operatorname{div} \vec{v} dV$,

следовательно, интеграл (1) будет равен нулю.

Позднее для решения краевых задач математической физики был предложен функциональный метод [6], опирающийся на простую аналитическую основу – оценку интеграла Дирихле для искомого решения v . Важным элементом этого метода было своеобразное исключение давления p и редукция всей задачи к нахождению только поля скоростей v (давление p определялось непосредственно из системы Навье – Стокса после того, как найдено \vec{v}). Для этого было введено гильбертово пространство $H(\Omega)$, являющееся замыканием всех гладких соленоидальных векторных полей, имеющих компактные носители, лежащие в Ω , и с нормой, соответствующей скалярному произведению:

$$(\vec{u}, \vec{v})_H = \int_{\Omega} \vec{u}_x \vec{v}_x dx \equiv \sum_{\Omega^I, k=1}^n \vec{u}_{ix_k} \vec{v}_{ix_k} dx,$$

где n – размерность евклидова пространства R^n .

Метод, рассмотренный в [6], позволил исследовать и ряд задач для произвольных неограниченных областей.

Для случая трехмерного пространства И.Ж. Хейвурдом [7] было обосновано существование обобщенного решения для нестационарных систем Навье–Стокса. В качестве функционального пространства рассматривалось пространство Соболева $W_2^1(\Omega)$. Для плоских или осесимметричных задач [4] установлено существование и единственность решения в функциональном классе «обобщенных решений».

В данной статье для решения представленной задачи в традиционной постановке применяется аппроксимативный метод. Для доказательства существования и единственности приближенного решения, полученного по методу Галеркина, используется общая теория приближенных методов анализа, метод монотонных операторов и методика доказательства, предложенная в [10].

Постановка задачи

Известно [3], что задача движения вязкой жидкости в заданном канале описывается уравнениями Навье-Стокса, которые для их теоретического исследования удобно представлять ее в векторном виде:

$$\begin{aligned} -\Delta V + (V \cdot \nabla) V &= F - \nabla p, \\ \operatorname{div} V &= 0, \text{ для } V \in \Omega, \quad V = 0, \text{ для } V \in \partial\Omega. \end{aligned} \quad (2)$$

Здесь V – вектор скорости, p -вектор давления, F – вектор массовых сил, область Ω – осесимметричный канал, конечной длины, образованный вращением дуги плоской кривой.

Запишем уравнение (2) в операторном виде:

$$Lv \equiv Av + Bv = f, \quad f \in L_2(\Omega), \quad v \in W_2^2(\Omega), \quad L : W_2^2 \rightarrow L_2, \quad (3)$$

где $L_2(\Omega)$ – пространство квадратично-суммируемых функций, со скалярным произведением и нормой соответственно:

$$\langle \varphi, \psi \rangle = \int_{\Omega} \varphi(x) \psi(x) dx, \quad \|\varphi\|_2 = \left\{ \int_{\Omega} |\varphi(x)|^2 dx \right\}^{1/2}, \quad \varphi, \psi \in L_2(\Omega),$$

$W_2^2(\Omega)$ – пространство Соболева, т.е. пространство функций, имеющих вторую обобщенную производную из пространства $L_2(\Omega)$. Норма в пространстве $W_2^2(\Omega)$ определяется равенством $\sqrt{\langle u, u \rangle_{W_2^2}} = \left\{ \int_{\Omega} \sum_{k=0}^1 \sum_{j=0}^1 D_x^k u D_x^j u dx \right\}^{1/2}$, где D_x^k – дифференциальный оператор k -го порядка. Здесь A – оператор Лапласа, симметричный, положительно определенный оператор, т.е. для которого выполняется неравенство $(Av, v) \geq \gamma^2 \|v\|_{W_2^2}^2$, $\gamma \neq 0$, оператор B – дифференциальный оператор первого порядка вида $(\circ, D_x^1 \circ)$.

Введем энергетическое пространство H_A , порождаемое оператором A . В области определения $D(A) = \{u : u \in W_2^2(\Omega), \operatorname{div} u = 0, u|_{\partial\Omega} = 0\}$ введем скалярное произведение и норму соответственно, $[u, u] = (Au, u)$, $\|u\| = [u, u]^{1/2}$. Пополняя $D(A)$ по норме, приходим к полному гильбертову пространству H_A , называемому энергетическим пространством.

Назовем, согласно [8], обобщенным решением уравнения (3) функцию $v \in H_A$, удовлетворяющую соотношению $(Av, u) + (Bv, u) = (f, u)$ для любых функций $u \in H_A$.

Метод Галеркина и его сходимость

Рассмотрим задачу гидродинамики для системы уравнений (2) в области $\Omega = \{(\bar{r}, \bar{z}) : 0 < \bar{r} < R(\bar{z}), 0 < \bar{z} < m\}$. Параметры вектора скорости и давление находятся согласно [9] в виде: $v_r = u_0 \psi(z, r)$, $v_\phi = \omega r \varphi(z, r)$, $v_z = u_0 H(z, r)$, $p - p_0 = \rho u_0^2 F(z, r)/\operatorname{Re}$, где $\operatorname{Re} = d_s u_0 / \nu$ – число Рейнольдса; $d_s = 4 \cos \gamma (r_0^3 - R_0^3) / (3(r_0^2 - R_0^2))$ – эквивалентный диаметр трубы; $\bar{r} = r/r_0$, $\bar{z} = z/L$, $\tilde{R}(\bar{z}) = R(\bar{z})/d_s$ – безразмерные переменные; $\bar{R}_0 = r_0/L$, $\tilde{R}_0 = r_0/d_s$ – безразмерные константы. $N = \omega r/u_0$ – число закрутки, $R(\bar{z}) = 1 + (-1)^n \bar{z} \operatorname{tg} \gamma / \bar{R}_0$, где $n=0$ в случае диффузора и $n=1$ в случае конфузора [9].

Границные условия определяются в виде:

$$\begin{aligned} \bar{z} = 0, \quad \psi = 0, \quad \phi = 0, \quad H = 1, \quad F = 0, \quad \frac{\partial F}{\partial \bar{z}} = 0, \quad \frac{\partial \psi}{\partial \bar{z}} = 0, \quad \frac{\partial \phi}{\partial \bar{z}} = 0, \\ \bar{r} = 0, \quad \psi = 0, \quad \phi = 0, \quad \frac{\partial H}{\partial \bar{r}} = 0, \quad \frac{\partial F}{\partial \bar{r}} = 0; \\ \bar{r} = \tilde{R}(\bar{z}), \quad \psi = 0, \quad \phi = 1, \quad H = 0. \end{aligned}$$

Введем систему алгебраических функций:

$$g_{jk}(\bar{r}, \bar{z}) = \begin{cases} \bar{z}^j \bar{r}^k, & (\bar{r}, \bar{z}) \in \Omega; \\ 0, & (\bar{r}, \bar{z}) \notin \Omega. \end{cases} \quad (4)$$

Неизвестные функции ψ, ϕ, H, F будем искать в виде:

$$\begin{aligned} \psi_N(\bar{r}, \bar{z}) &= \sum_{k=0}^N \sum_{j=0}^N \alpha_{kj} \bar{z}^j \bar{r}^k, & \phi_N(\bar{r}, \bar{z}) &= \sum_{k=0}^N \sum_{j=0}^N \beta_{kj} \bar{z}^j \bar{r}^k, \\ H_N(\bar{r}, \bar{z}) &= \sum_{k=0}^N \sum_{j=0}^N \gamma_{kj} \bar{z}^j \bar{r}^k, & F_N(\bar{r}, \bar{z}) &= \sum_{k=0}^N \sum_{j=0}^N \theta_{kj} \bar{z}^j \bar{r}^k, \end{aligned} \quad (5)$$

где $\alpha_{kj}, \beta_{kj}, \gamma_{kj}, \theta_{kj}$ – неизвестные коэффициенты, которые найдем из условия равенства нулю момента невязки по системе функций (4).

Это условие эквивалентно системе линейных алгебраических уравнений (СЛАУ), которую, в свою очередь, можно представить в операторном виде:

$$P_N L v_N = P_N f, \quad v_N \in X_N \subset W_2^2(\Omega), \quad P_N : L_2(\Omega) \rightarrow X_N, \quad (6)$$

где P_N – линейный проекционный оператор, X_N – подпространство элементов вида (5).

Установлена следующая теорема.

Теорема. Пусть уравнение (2) имеет единственное обобщенное решение. Тогда при достаточно больших натуральных N аппроксимирующее уравнение (6) однозначно разрешимо и приближенные решения v_N , сходятся по норме H_A к обобщенному решению v со скоростью $[v_N - v] = O\{E_N(L^{-1}f)\}$, где $E_N(\varphi)$ – наилучшее среднеквадратическое приближение функций φ элементами вида (5).

Список литературы

1. Ши Д. Численные методы в задачах теплообмена. – М.: Мир, 1988. – 544 с.
2. Никитенко Н.И., Кольчик Ю.Н., Сороковая Н.Н. Метод конечных элементов для моделирования течения и теплообмена несжимаемой жидкости в областях произвольной формы. // Пром. Теплоэнергетика, 2002, № 1. – С. 16-23.
3. Седов Л.И. Механика сплошной среды. – М.: Наука, 1973, Т. 2. – 584 с.
4. Белоносов С.М., Черноус К.А., Краевые задачи для уравнений Навье-Стокса. – М.: Наука, 1985. – 312 с.
5. Ладыженская О.А. Математические вопросы динамики вязкой жидкости. – М.: Наука, 1970. – 288 с.
6. Ладыженская О.А. Исследование уравнений Навье-Стокса в случае стационарного движения несжимаемой жидкости. // УМН, 1958, (13), – С. 219-220.
7. Heywood J.G. On uniqueness in the theory of viscous flow. // Asta math. (Uppsala), 1976, V. 136, № 1, 2. – Р. 61-102.
8. Марчук Г.И., Агошков В.И. Введение в проекционно-сеточные методы. – М.: Наука, 1981. – 416 с.
9. Горская Т.Ю. Гидродинамика ламинарного течения вязкой жидкости в теплообменных устройствах с вращающейся поверхностью типа «конфузор-диффузор». Дис...канд. техн. наук. – Казань, 2004. – 110 с.
10. Габдулхаев Б.Г. Проекционные методы решения сингулярных интегральных уравнений. // Известия вузов. Математика, 2004, № 7. – С. 12-24.

Gorskaya T.Iu. – candidate of technical sciences, associate professor

E-mail: tatyana_gorskaya@mail.ru

Kazan State University of Architecture and Engineering

The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Ozhegova A.V. – candidate of physical-mathematical sciences, associate professor

E-mail: Alla.Ozhegova@ksu.ru

Kazan (Volga) Federal University

The organization address: 420008, Russia, Kazan, Kremlevskaya st., 18

On the convergence of the projection method for an equation of the goals of the movement

Resume

Work is devoted to theoretical justification with the subsequent numerical solution of a problem of movement. This research is conducted within hydrodynamics studying in axisymmetric channels for the purpose of creation of channels for the highly effective heat exchange equipment. The mathematical apparatus allows to find out the hydrodynamic picture arising in flowing channels of various configurations for optimization of a profile of channels, for the purpose of improvement of a hydrodynamic picture. In work the approximate solution of the equation of Navier-Stokes is investigated. As functional space the space of the functions possessing the second generalized derivative from a class of square and summable functions is taken. The analysis of existing approaches to justifications and solutions of the initial equation is submitted. Using a method of monotonous operators, the general theory of approximate methods, existence and uniqueness of the approximate decision received by a projective method is established. The power space in which scalar work and norm were set was entered for this purpose. Convergence of the approximate decision to the exact decision on norm of power space in terms of the best mean square approach is proved.

Keywords: regional tasks, numerical methods, generalized solution, speed of convergence of an approximate method.

References

1. Shi D. Numerical methods in problems of heat exchange. – M.: World, 1988. – 544 p.
2. Nikitenko N.I., Kolchik Yu.N. The fortioth H.H. Method of final elements for modeling of a current and heat exchange of incompressible liquid in areas any form. // Prom. Power system, 2002, № 1. – P. 16-23.
3. Sedov L.I. Mekhanika's sets of the continuous environment. – M.: Science, 1973. T. 2. – 584 p.
4. Belonosov S.M., Chernous K.A. Regional tasks for Navier's Equations-Stokes. – M: Science, 1985. – 312 p.
5. Ladyzhensky Lake. And. Mathematical questions of dynamics of viscous liquid. – M: Science, 1970. – 288 p.
6. Ladyzhensky O.A. Issledovaniye of Navier's equations-Stokes in case of stationary movement incompressible fluid. // UMN, 1958, (13). – P. 219-220.
7. Heywood I.G. On uniqueness in the theory of viscous flow. – Asta math. (Uppsala). 1976, V. 136, № 1, 2. – P. 61-102.
8. Marchuk G.I., Agoshkov V.I. Introduction in proyektionno-net methods. – M.: Science, 1981. – 416 p.
9. Gorskaya T.Ur. Hydrodynamics of laminar flow of viscous liquid in heat-exchange devices with the revolved surface of type «contractor-diffuser». Diss. Kand. tech. sciences. – Kazan, 2004. – 110 p.
10. Gabdulkhaev B.G. Projection methods for solving singular integral equations. // Izvestiya universities. Mathematics, 2004, № 7 – P. 12-24.

УДК 697.922.564

Ланцов А.Е. – старший преподаватель

E-mail: alexlantsov73@yandex.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

Определение критической толщины равномерно-всасывающей панели

Аннотация

Закономерностям работы всасывающих воздуховодов посвящены работы многих авторов. Например, влияние отношения площади щели к площади живого сечения воздухопровода $\bar{F}_{\text{вс}} = f_{\text{ш}} / F_{\text{жс}}$ рассматривается в работе Г.А. Максимова [1]. На основании экспериментальных данных Г.А. Максимов установил, при каких значениях $\bar{F}_{\text{вс}}$ для воздуховодов можно достичнуть равномерного отсоса при постоянной ширине щели. Работы А.П. Давыдова [4] и М.А. Валиуллина [5] исследуют закономерности распределения расходов в линейных и кольцевых воздухоприёмниках через ряд отдельных отверстий или щелей.

Данные таких экспериментов для равномерно-всасывающих панелей в литературе отсутствуют. В статье приводятся некоторые данные по исследованию равномерно-всасывающей панели с отверстиями разного диаметра, рассчитанной по методике А.П. Давыдова, адаптированной для панелей.

Ключевые слова: равномерно-всасывающие панели, живое сечение, критическая толщина панели, равномерное всасывание.

Введение

Целью данных исследований являлось определение критической толщины рассчитанной равномерно-всасывающей панели и определение зависимостей отношения суммарной площади всасывающих отверстий к площади живого сечения воздухопровода $\Sigma F_{\text{отв}} / F_{\text{жс}}$. Под критической будем понимать такую толщину, при которой данная панель перестанет работать как равномерно-всасывающая.

Задачами исследования являлись исследования полей скоростей и расходов в плоскости всасывания испытуемой панели и выявление зависимостей между габаритными характеристиками панели и её возможностью работать в расчётном режиме.

Основная часть

В соответствии с целями и задачами исследования был сконструирован, изготовлен и смонтирован аэродинамический стенд. Схема стенда представлена на рис.1.

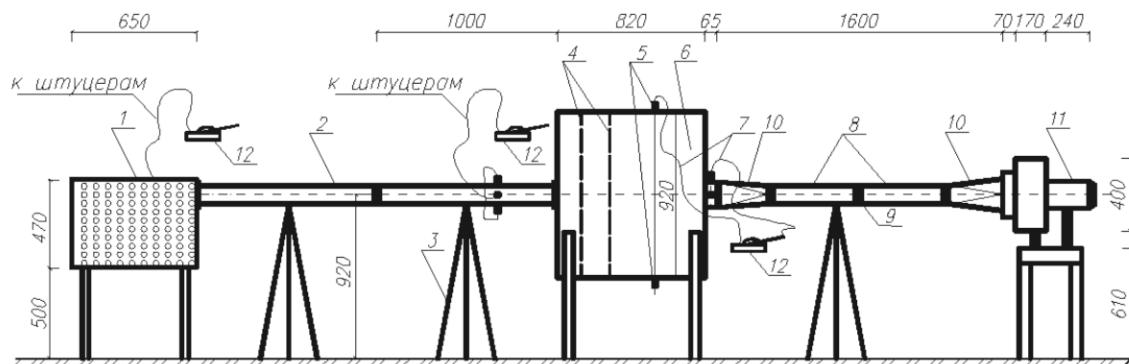


Рис. 1. Схема установки:

1 – испытуемая панель, 2 – участок стабилизации потока, воздуховод квадратного сечения 100x100 мм и длиной 20·d, 3 – опоры, 4 – два ряда сеток в камере статического давления, 5 – штуцера для замера давлений в камере статического давления и в коллекторе, 6 – камера статического давления, 7 – подвод статического давления к микроманометру, 8 – участок воздуховода квадратного сечения 100x100 мм и длиной 10·d сшибером 9, 10 – переходы сечений, 11 – вентилятор с электродвигателем (ВР-86-77-2,5 / ВР-4), 12 – микроманометры

Для измерения давления использовались микроманометры ММН-240 и ЦАГИ. Замеры скоростей в отверстиях панели проводились тарированным термоанемометром ТАМ-1М.

Участки воздуховода квадратного сечения 100x100 мм изготавливались из оцинкованного железа. Для предотвращения утечек воздуха через щели стыков они герметизировались пластилином и малярным скотчем.

Испытуемая панель (рис. 2 и рис. 3) представляет собой корпус в форме параллелепипеда с размерами $a \times b \times c$ ($0,62 \times 0,37 \times 0,1$), фасадная сторона которого выполнена в виде съемного листа с отверстиями разного диаметра. На фасадной стороне панели были нанесены координатные шкалы – по оси X от 1 до 10, по оси Y от A до K (рис. 2). Задняя стенка (1) панели может перемещаться внутрь панели по специальным направляющим (2), тем самым изменяя её толщину (параметр c). Для удобства перемещения задней стенки на ней выполнены две ручки (3). Для отбора давления на задней стенке панели имеются штуцера (4), приклешенные к ней с помощью клея. Стыки между корпусом панели и задней стенкой герметизированы пластилином и малярной лентой (рис. 3).

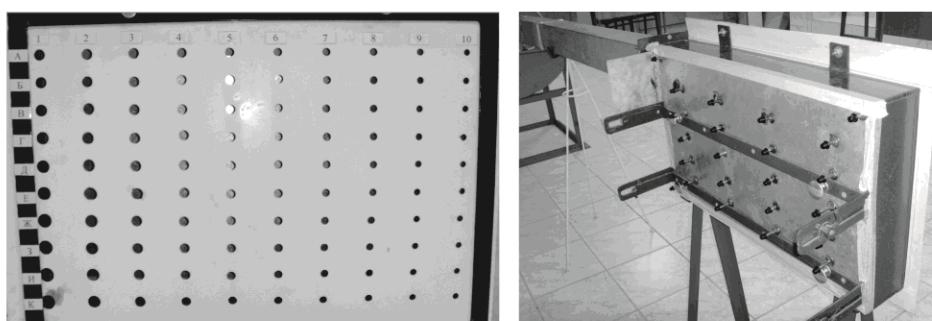


Рис. 2. Фасадная сторона панели.

Съемный лист с отверстиями
с координатными шкалами –
по оси X от 1 до 10 (ряды), по оси Y от А до К

Рис. 3. Задняя сторона панели

Проведение эксперимента:
1) Замеры начинали при максимальной толщине панели, затем уменьшали ее толщину путём перемещения задней стенки внутрь панели на 1 см. Стыки при этом тщательно герметизировались.

- 2) Для каждого положения задней стенки были измерены:
– скорости всасывания воздуха на оси у всех отверстий;
– давления на задней стенки панели.
3) Далее для каждого положения задней стенки были:
– рассчитаны относительные скорости, построены объёмные и плоскостные графики скоростей;
– построены графики перепада давлений;
– рассчитаны относительные расходы, построены объёмные и плоскостные графики расходов.

Приведём графики полей относительных расходов для всех некоторых положений задней стенки панели.

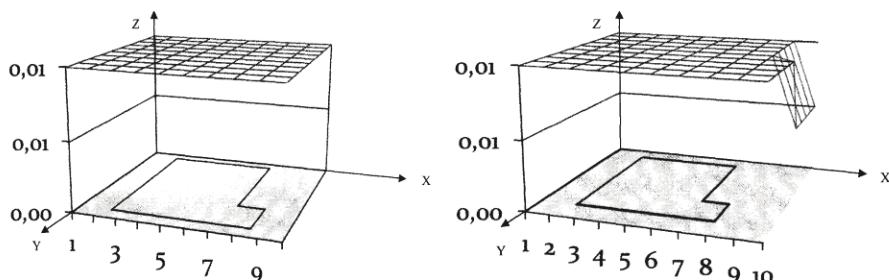


Рис. 4. Объёмный график поля расходов
для максимальной толщины панели

Рис. 5. Объёмный график поля расходов
для толщины панели уменьшенной на 3 см

На графике (рис. 4) показана ориентация панели в плоскости осей X, Y (тонированная зона). По оси Z отложены значения относительных расходов воздуха через отверстия Q_i , образующие плоскость.

Как видно из графика, плоскость всасывания представляет собой абсолютно плоскую поверхность. Главное условие равномерного всасывания по всей плоскости панели соблюдается $\sum Q_i = const$. Абсолютно такая же картина наблюдается и при смещении задней стенки панели на 1 см внутрь. Такая панель работает как равномерно-всасывающая.

При уменьшении толщины панели на 2 и 3 см (рис. 5) наблюдается небольшой «излом» равномерной плоскости всасывания в районе И-К/9-10. Это незначительное изменение никак не влияет на общую картину всасывания. Возможно, такой «излом» в плоскости расходов появляется из-за возникновения турбулентных завихрений в углу панели. Панель по-прежнему можно считать равномерно-всасывающей.

При дальнейшем уменьшении толщины панели происходит ещё больший «излом» поверхности всасывания.

Для примера приведём графики поля расходов для толщины панели, уменьшенной на 5 см и на 8 см. На рис. 6 неравномерность всасывания, возможно, возникает в области турбулентных завихрений внутри в углу панели в области Е-К/1-7. Из графиков видно, что чем тоньше становится панель, тем неравномерней происходит всасывание воздуха.

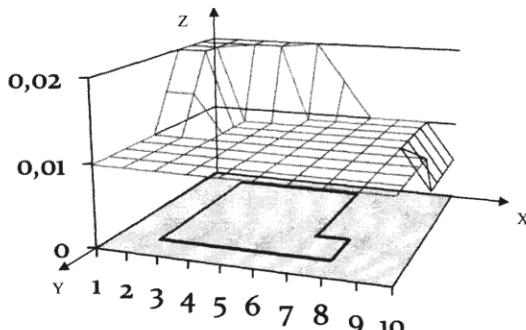


Рис. 6. Объёмный график поля расходов для толщины панели уменьшенной на 5 см

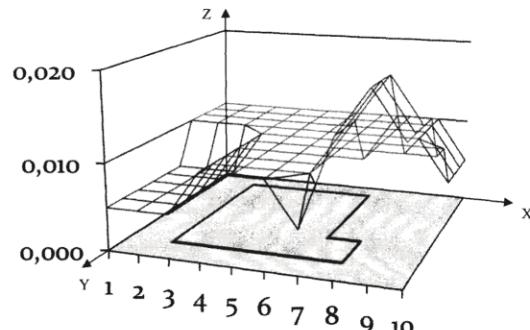


Рис. 7. Объёмный график поля расходов для толщины панели уменьшенной на 8 см

При перемещении задней стенки панели внутрь изменяется живое сечение всасывающего патрубка $F_{жс}$. При этом изменяется расход всасываемого воздуха, проходящего через панель и отношение $\Sigma F_{отв}/F_{жс}$.

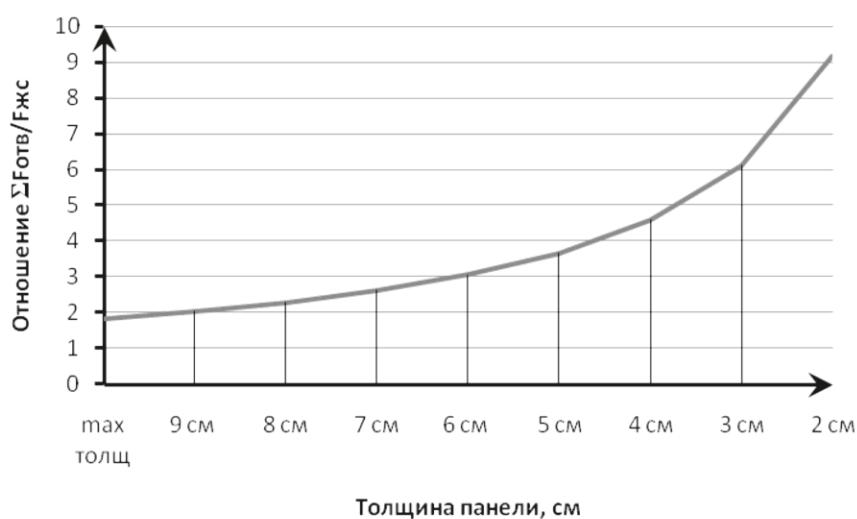


Рис. 8. График зависимости отношения $\Sigma F_{отв}/F_{жс}$ от толщины панели

Таким образом, равномерное всасывание данной испытуемой панели возможно при соотношениях $\Sigma F_{\text{отв}}/F_{\text{жсс}}$, находящихся в пределах $1,8 \div 2,6$. Это позволяет рассчитывать габаритные характеристики панели в диапазонах равномерного всасывания при требуемых значениях живого сечения всасывающего патрубка $F_{\text{жсс}}$. Кроме этого, менять расход равномерного всасывания, не пересчитывая диаметры всасывающих отверстий, просто изменяя её толщину.

Заключение

Таким образом, в результате экспериментов:

1. Была определена критическая толщина исследуемой панели при соотношениях $\Sigma F_{\text{отв}}/F_{\text{жсс}}$.
2. Экспериментально определены, при каких соотношениях $\Sigma F_{\text{отв}}/F_{\text{жсс}}$ панель сохраняет функции равномерного всасывания.

Список литературы

1. Максимов Г.А. Расчёт вентиляционных воздухопроводов. – Л., 1954. – 84 с.
2. Альтшуль А.Д. Гидравлические сопротивления. – М.: Недра, 1982. – 224 с.
3. Золотов С.С. Экспериментальные исследования коэффициентов расхода и сопротивления шпигатных отверстий при боковом истечении // Труды ЛКИ, 1960, вып. 31.
4. Давыдов А.П. Теоретическое и экспериментальное исследования всасывающих воздухопроводов с внутренними экранами. Дис. к.т.н. – Л., 1976. – 181 с.
5. Валиуллин М.А. Кольцевые равномерно-всасывающие воздухоприёмники. Дис. к.т.н. – Л., 1984. – 137 с.
6. Давыдов А.П., Ланцов А.Е. Методика расчёта равномерно всасывающей панели // Материалы IV Международной научной конференции «Качество внутреннего воздуха и окружающей среды». – Волгоград: РИО ВГАСУ, 2006. – С. 164-170.
7. Давыдов А.П., Ланцов А.Е. Равномерно-всасывающая панель с боковым отбором воздуха // Материалы докладов. В школа-семинар молодых учёных и специалистов академика РАН Алемасова В.Е. «Проблемы тепломассообмена и гидродинамики в энергомашиностроении». – Казань: Исследовательский Центр проблем энергетики КазНЦ РАН, 2006. – С. 144-146.
8. Давыдов А.П., Ланцов А.Е. Коэффициент расхода всасывающего отверстия при различных значениях чисел Re // Известия КГАСУ, 2011, № 2 (16). – С. 147-151.

Lantsov A.E. – senior lecturer

E-mail: alexlantsov73@yandex.ru

Kazan State University of Architecture and Engineering

The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Definition of critical thickness of the uniform-suction panel

Resume

The laws of the suction duct studied by many authors. For example, the effect of the ratio of the slit area free area $\bar{F}_{\text{боз}} = f_{\text{ш}} / F_{\text{боз}}$ duct is seen in the work of G.A. Maksimov. Based on experimental data, G.A. Maximov set $\bar{F}_{\text{боз}}$ for which values for air can be achieved even at a constant suction slit width. Works A.P. Davydov and M.A. Valiullin examined patterns of distribution costs in linear and circular air inlet through a number of individual holes or cracks.

Suction panel are effective devices for trapping harmful emissions from large open surfaces. Their effectiveness depends largely on even predetermined distribution of air flow through the surface suction. The data of these experiments for uniformly-suction panels in the literature.

For the experiments was specially designed and constructed uniformly-suction panel with variable thickness. The article provides some information on the study uniformly suction panels

with holes of different diameters, calculated by the method of A.P. Davydov adapted for panels. Experimentally determined the critical thickness of uniformly-suction panel. Is also defined, and in what proportions $\Sigma F_{ome}/F_{acc}$ panel retains the functions of uniform suction.

Experimental data allow us to calculate the overall characteristics of the panel in bands uniform suction with the required values of the living section of the suction F_{acc} . May also change the flow in the subject of the panel, not counting the diameters of the suction holes – simply by changing its thickness. The panel will operate as uniformly-suction.

Keywords: uniform-suction panel, free area, the critical thickness of the panel, uniform suction.

References

1. Maksimov G.A. Calculation of ventilation air ducts. – L., 1954. – 84 p.
2. Alshut A.D. Hydraulic resistance. – M., Nedra, 1962. – 224 p.
3. Zolotov S.S. Experimental studies of the flow coefficient and resistance shpigatny holes in the side after // Trudy LKI, 1960, vyp. 31.
4. Davidov A.P. Theoretical and experimental studies of suction air ducts with internal screens. Dis. Ph.D. – L., 1976. – 181 p.
5. Valiullin M.A. Ring evenly-suction air ducts. Dis. Ph.D. – L., 1984. – 137 p.
6. Davidov A.P., Lantsov A.E. Method of calculating the uniform suction panel // Proceedings of IV International conference «The quality of indoor air and environment». – Volgograd: RIO VGASU, 2006. – P. 164-170.
7. Davidov A.P., Lantsov A.E. Uniform-suction panel with suction side air bleed. Proceedings of the reports // V Workshop for young scientists and specialists Academician Alemasova V.E. «Problems of heat and mass transfer and hydrodynamics in power». – Kazan: Research Center for Energy Problems of RAS, 2006. – P. 144-146.
8. Davidov A.P., Lantsov A.E. Consumption coefficient of suction opening for various values of Re // News of the KSUAE, 2011, № 2 (16). – P. 147-151.

УДК 696. 48

Правник Ю.И. – инженер

E-mail: Gust.Sim@mail.ru

Манешев И.О. – аспирант

E-mail: ivan-maneshev@yandex.ru

Антропов Д.Н. – кандидат технических наук, старший преподаватель

E-mail: antropov@mesys.ru

Садыков Р.А. – доктор технических наук, профессор

E-mail: Sadykov_R_A@mail.ru,

Рахимов Р.Г. – магистр

Фаизов А.И. – бакалавр

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1

Теплообменник шнековый трёхступенчатый*

Аннотация

Приводится краткое описание водо-водяного трёхступенчатого шнекового теплообменника и расчёты теплообмена в нём. Теплообменник представляет собой трёхступенчатую конструкцию, в которой горячая вода (теплоноситель) подаётся параллельно сразу в три ступени, а нагреваемая вода проходит последовательно по винтовой направляющей шнека во всех ступенях. Благодаря этому часть тепла идёт на нагрев воды для горячего водоснабжения, а оставшееся тепло идёт на систему отопления.

Ключевые слова: теплообмен, нагреваемая вода, теплоноситель, температура, скорость потока, канал, ступень.

Введение

Для практических целей разработан требуемой производительности, компактный водо-водяной теплообменник с высокой эффективностью теплообмена, обеспечивающий отопление и горячее водоснабжение, несложный в производстве и эксплуатации.

Описание теплообменника шнекового трёхступенчатого

Теплообменник шнековый трёхступенчатый, водо-водянной (рис. 1). Теплоносителем является горячая вода. Каждая ступень теплообменника включает: турбулизатор в виде шнека 1, размещённый в кожухе 2, расположенным в корпусе 3. Кожух 2 соединён патрубками 4 входа и выхода нагреваемой воды для последовательного протока по всем ступеням. Пространство внутри шнека 1 является внутренним каналом, пространство между кожухом 2 и корпусом 3 является наружным каналом для теплоносителя. Манжетные уплотнения 5 с распорными кольцами обеспечивают герметичное разъединение теплоносителя и нагреваемой воды. Расходная шайба 6 распределяет поток теплоносителя по наружным и внутренним каналам в ступенях. Расходная шайба 7 обеспечивает заданный расход теплоносителя по ступеням. Все ступени объединены коллекторами 8 входа и выхода теплоносителя. Ступени с каждой стороны снабжены заглушками 9. Сняв заглушку 9, удалив расходные шайбы 6 и 7 и соответствующее манжетное уплотнение 5, можно вынуть шнек 1 из ступени для его очистки от накипи, чем упрощается эксплуатация теплообменника. Длина шнека от входного до выходного патрубков 4 составляет один метр.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки РФ (соглашение № 14. В37. 21. 0296 в рамках реализации ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 годы).

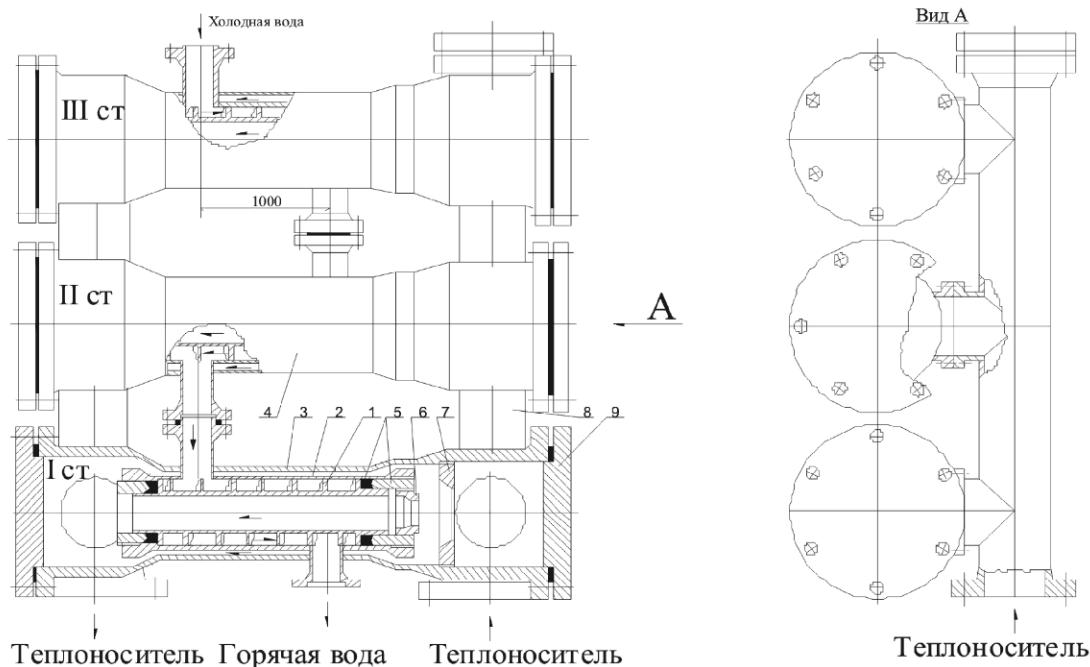


Рис. 1. Теплообменник шнековый трёхступенчатый:

1 – шнек; 2 – кожух; 3 – корпус; 4 – трубы; 5 – манжетное уплотнение; 6 – расходная шайба;
7 – расходная шайба; 8 – коллектор; 9 – заглушка

Теплообменник работает следующим образом.

Теплоноситель, воздействуя на нагреваемую воду через внутренний и внешний каналы, одновременно протекает параллельно по всем ступеням. Путь, время пребывания нагреваемой воды и поверхность теплообмена увеличены благодаря винтовой направляющей шнека 1 и последовательному её протоку по всем ступеням, чем увеличивается кратность протока теплоносителя за один проход нагреваемой жидкости. Эффективность теплообмена увеличивается благодаря винтовому движению потока нагреваемой воды с изменением направления вращения потока нагреваемой воды по винтовому каналу шнека во второй ступени и возврату к начальному направлению вращения в третьей ступени, к тому же, в первой и третьей ступенях обеспечивается теплообмен противотоком.

Расчет теплообменника

1. Определение энергии, необходимой для обеспечения работоспособности системы ГВС [1]:

$$Q = 2,4 \cdot \frac{1,2 \cdot m \cdot a \cdot (60 - t_c) \cdot c}{24 \cdot 3,6} = 2,4 \cdot \frac{1,2 \cdot 800 \cdot 115 \cdot (60 - 5) \cdot 4,187}{24 \cdot 3,6} = 706207,3 \text{ Вт} = 706,20 \text{ кВт},$$

где: m – число жителей (чел); a – норма расхода воды на горячее водоснабжение на одного человека в сутки (л/чел); c – удельная теплоемкость воды (ккал/кг $^{\circ}\text{C}$); t_c – температура холодной воды в зимнее время.

Требуемый расход горячей воды:

$$V_{\text{гвс}} = a \cdot m = 800 \cdot 115 = 92 \text{ м}^3/\text{сут.}$$

Эта вода расходуется за 16 часов (ночные часы – 8 часов – не учитываются), поэтому расход воды за один час составит:

$$V_b = V_{\text{гвс}} / 16 = 92 / 16 = 5,75 \text{ м}^3/\text{час.}$$

Для обеспечения требуемого тепла для ГВС используется два (N) теплообменника данной конструкции (рис. 1). Один теплообменник должен выделить количество теплоты:

$$Q_1 = Q/N = 706,20 / 2 = 353,1 \text{ кВт.}$$

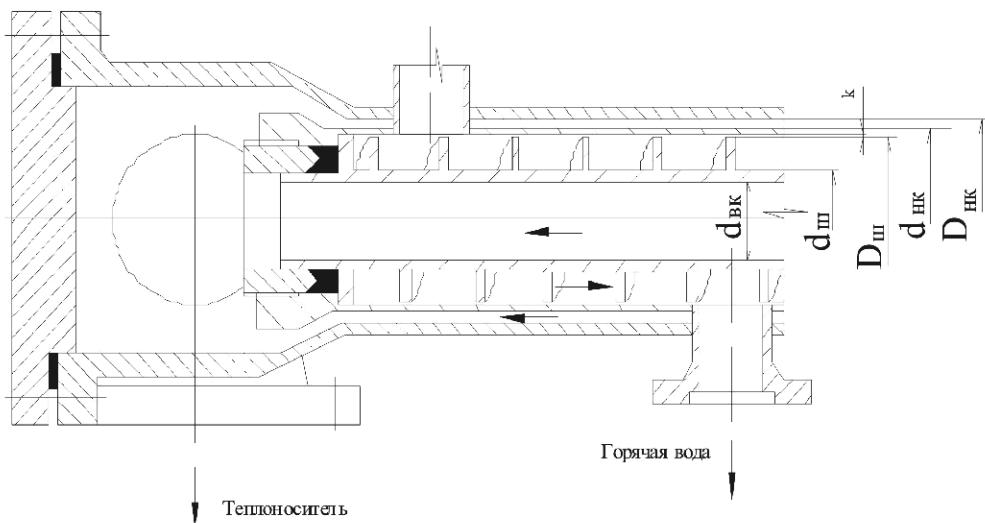


Рис. 2. Расчётные размеры конструкции:

L_n – длина рабочей части шнека в ступени; k – технологический зазор;
 d_{sh} – диаметр шнековой части без рёбер; D_{sh} – диаметр шнековой части с рёбрами;
 d_{nk} – внутренний диаметр наружного канала; D_{nk} – внешний диаметр наружного канала

2. Параметры конструкции теплообменника (рис. 2):

1) Диаметр шнековой части без ребер:

$$d_{sh} = d_{vk} + 2 \cdot \delta = 50 + 2 \cdot 3 = 56 \text{ мм},$$

где d_{vk} – диаметр внутреннего канала (мм); δ – толщина стенки (мм).

Диаметр шнековой части вместе с ребрами:

$$D_{sh} = 2h + 2k + d_{sh} = 2 \cdot 16,5 + 1 + 56 = 90 \text{ мм},$$

где h – высота рёбер, k – технологический зазор (рис 2).

Внутренний диаметр наружного канала:

$$d_{nk} = D_{sh} + 2k + 2 \cdot \delta_1 = 90 + 1 + 2 \cdot 2,5 = 96 \text{ мм},$$

где δ_1 – толщина стенки.

Внешний диаметр наружного канала:

$$D_{nk} = \sqrt{d_{vk}^2 + d_{nk}^2} = \sqrt{50^2 + 96^2} = 108,2 \text{ мм.}$$

2) Эквивалентные диаметры:

Эквивалентный диаметр внутреннего канала: $d_{eqv} = d_{vk} = 0,05 \text{ м.}$

Эквивалентный диаметр наружного канала:

$$D_{eqn} = D_{nk} - d_{nk} = 0,108 - 0,096 = 0,012 \text{ м.}$$

Эквивалентный диаметр шнековой части:

$$D_{eqsh} = D_{sh} - d_{sh} = 0,090 - 0,056 = 0,34 \text{ м.}$$

3) Шнек (его конструкция).

Шаг шнека:

$$H = 2d_{sh} = 2 \cdot 0,056 = 0,112 \text{ м,}$$

Длина шага шнека по диаметру внутреннему l_{sh} и внешнему L_{sh} :

$$l_{sh} = \sqrt{(\pi \cdot d_{sh})^2 + H^2} = \sqrt{(3,14 \cdot 0,056)^2 + 0,112^2} = 0,15 \text{ м,}$$

$$L_{sh} = \sqrt{(\pi \cdot D_{sh})^2 + H^2} = \sqrt{(3,14 \cdot 0,090)^2 + 0,112^2} = 0,30 \text{ м.}$$

Средняя длина шага:

$$l_{\Sigma} = (l_{sh} + L_{sh}) / 2 = (0,15 + 0,30) / 2 = 0,18 \text{ м.}$$

Число витков на длине одной ступени шнека:

$$n = L_n / (H + \delta) = 1 / (0,112 + 0,003) = 9,$$

где L_n – длина рабочей части шнека в ступени (1 м).

Длина пути нагреваемой воды на одной ступени:

- по внутреннему диаметру канала:

$$l_{\Sigma\text{ш}}=n \cdot l_{\text{ш}}=9 \cdot 0,15=1,35 \text{ м},$$

- по внешнему диаметру канала:

$$L_{\Sigma\text{ш}}=n \cdot L_{\text{ш}}=9 \cdot 0,30=2,70 \text{ м},$$

- средняя длина шнека на одной ступени (длина пути нагреваемой воды):

$$L_{\text{сш}}=(l_{\Sigma\text{ш}}+L_{\Sigma\text{ш}})/2=(1,35+2,7)/2=2,02 \text{ м}.$$

4) Площадь проходного сечения внутреннего и наружного каналов:

$$f_k=f_{hk}=f_{vk}=0,785 \cdot d_{vk}^2=0,785 \cdot 0,05^2=0,00196 \text{ м}^2.$$

Площадь проходного сечения шнековой части:

$$f_{\text{ш}}=0,785 \cdot [(D_{\text{ш}}+2k)^2 - d_{\text{ш}}^2]=0,785 \cdot [(0,09+0,001)^2 - 0,056^2]=0,0040 \text{ м}^2.$$

Поверхности теплообмена со стороны теплоносителя:

- внутренний канал:

$$F_{vk}=\pi \cdot d_{vk} \cdot L_n=3,14 \cdot 0,05 \cdot 1=0,157 \text{ м}^2,$$

- наружный канал:

$$F_{hk}=\pi \cdot d_{hk} \cdot L_n=3,14 \cdot 0,096 \cdot 1=0,30 \text{ м}^2.$$

Поверхность теплообмена нагреваемой воды:

- от внутреннего канала:

$$f_{vk}=\pi \cdot d_{\text{ш}} \cdot l_{\Sigma\text{ш}}=3,14 \cdot 0,056 \cdot 1,35=0,24 \text{ м}^2,$$

- от наружного канала:

$$f_{hk}=\pi \cdot (D_{\text{ш}}+2k) \cdot L_{\Sigma\text{ш}}=3,14 \cdot (0,090+0,001) \cdot 2,7=0,77 \text{ м}^2.$$

Поверхность рёбер шнека

$$f_p=h \cdot L_{\text{сш}}=0,0165 \cdot 2,02=0,033 \text{ м}^2.$$

Поверхность шнека, омыаемая нагреваемой водой:

$$F_{\text{ш}}=f_p+f_{hk}+f_{vk}=0,033+0,77+0,24=1,043 \text{ м}^2.$$

3. Тепловой расчёт теплообменника [2]

1) Скорость потоков:

- нагреваемой воды:

$$W_b=V_b/(N \cdot f_{\text{ш}} \cdot 3600)=5,75/(2 \cdot 0,0040 \cdot 3600)=0,20 \text{ м/с},$$

- теплоносителя:

$$W_t=V_t/(N \cdot n \cdot z \cdot f_k \cdot 3600)=19/(2 \cdot 3 \cdot 2 \cdot 0,00196 \cdot 3600)=0,22 \text{ м/с},$$

где N – число теплообменников (соединены параллельно); n – число ступеней в теплообменнике; z – число каналов в ступени V_t – расход теплоносителя (кг/с), заимствован из реального теплонагревателя мобильной установки.

2) Время протока:

- нагреваемой воды в одной ступени:

$$\tau_b=L_{\text{сш}}/W_b=2,02/0,20=10,1 \text{ с (в трёх ступенях } \Delta\tau_e=30,3 \text{ с}),$$

- теплоносителя через одну ступень:

$$\tau_t=L_n/W_t=1/0,22=4,54 \text{ с (в трёх ступенях } \Delta\tau_m=13,62).$$

Количество смен протока теплоносителя в одной ступени за время протока подогреваемой воды:

$$\Delta\tau=\tau_b/\tau_t=10,1/4,54=2,22.$$

3) Определение среднелогарифмического температурного напора:

Условно разобьем температуру нагреваемой воды на три равные части по $20 \text{ }^{\circ}\text{C}$ в каждой ступени.

Вода нагревается: в первой ступени до $t_2''=20 \text{ }^{\circ}\text{C}$ противотоком:

$$\Delta t_1=\frac{(t'_1-t''_2)-(t''_1-t'_2)}{\ln \frac{t'_1-t''_2}{t''_1-t'_2}}=\frac{(90-20)-(85-5)}{\ln \left(\frac{90-20}{85-5} \right)}=74,9 \text{ }^{\circ}\text{C},$$

- во второй ступени – до $t_2''=40 \text{ }^{\circ}\text{C}$ прямотоком:

$$\Delta t_2 = \frac{(t'_1 - t'_2) - (t''_1 - t''_2)}{\ln \frac{t'_1 - t'_2}{t''_1 - t''_2}} = \frac{(90 - 20) - (85 - 40)}{\ln \left(\frac{90 - 20}{85 - 40} \right)} = 56,6 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

- в третья ступени – до $t_2''=60$ $^\circ\text{C}$ противотоком:

$$\Delta t_3 = \frac{(t'_1 - t''_2) - (t''_1 - t'_2)}{\ln \frac{t'_1 - t''_2}{t''_1 - t'_2}} = \frac{(90 - 60) - (85 - 40)}{\ln \left(\frac{90 - 60}{85 - 40} \right)} = 37 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

4) Критерий Рейнольдса теплоносителя:

- внутренний канал:

$$Re_{BK} = W_r \cdot d_{BK} / v = 0,22 \cdot 0,05 / 0,326 \cdot 10^{-6} = 33742,33;$$

- наружный канал:

$$Re_{HK} = W_r \cdot d_{HK} / v = 0,22 \cdot 0,012 / 0,326 \cdot 10^{-6} = 8098,16.$$

Критерий Рейнольдса нагреваемой воды:

- первая ступень (противоток):

$$Re_{B1} = W_b \cdot D_{B1} / v_1 = 0,20 \cdot 0,035 / 1,006 \cdot 10^{-6} = 6958,25;$$

- вторая ступень (прямоток):

$$Re_{B2} = W_b \cdot D_{B2} / v_2 = 0,20 \cdot 0,035 / 0,659 \cdot 10^{-6} = 10622,15;$$

- третья ступень (противоток):

$$Re_{B3} = W_b \cdot D_{B3} / v_3 = 0,20 \cdot 0,035 / 0,478 \cdot 10^{-6} = 14644,35.$$

5) Критерий Нуссельта теплоносителя:

- внутренний канал:

$$Nu_{BK} = 0,021 \cdot Re_{BK}^{0,8} \cdot Pr_f^{0,43} \cdot \left(\frac{Pr_f}{Pr_w} \right)^{0,25} = 0,021 \cdot 33742,33^{0,8} \cdot 1,97^{0,43} \left(\frac{1,97}{2,8} \right)^{0,25} = 105,4;$$

- наружный канал:

$$Nu_{HK} = 0,021 \cdot Re_{HK}^{0,8} \cdot Pr_f^{0,43} \cdot \left(\frac{Pr_f}{Pr_w} \right)^{0,25} = 0,021 \cdot 8098,16^{0,8} \cdot 1,97^{0,43} \left(\frac{1,97}{2,8} \right)^{0,25} = 33,65.$$

Критерий Нуссельта нагреваемой воды:

- первая ступень (противоток):

$$Nu_{B1} = 0,021 \cdot Re_{B1}^{0,8} \cdot Pr_{f1}^{0,43} \cdot \left(\frac{Pr_{f1}}{Pr_{w1}} \right)^{0,25} = 0,021 \cdot 6958,25^{0,8} \cdot 7,03^{0,43} \left(\frac{7,03}{4,51} \right)^{0,25} = 64,0,$$

- вторая ступень (прямоток):

$$Nu_{B2} = 0,021 \cdot Re_{B2}^{0,8} \cdot Pr_{f2}^{0,43} \cdot \left(\frac{Pr_{f2}}{Pr_{w2}} \right)^{0,25} = 0,021 \cdot 10622,15^{0,8} \cdot 4,35^{0,43} \left(\frac{4,36}{3,17} \right)^{0,25} = 71,1,$$

- третья ступень (противоток):

$$Nu_{B3} = 0,021 \cdot Re_{B3}^{0,8} \cdot Pr_{f3}^{0,43} \cdot \left(\frac{Pr_{f3}}{Pr_{w3}} \right)^{0,25} = 0,021 \cdot 14644,35^{0,8} \cdot 3,02^{0,43} \left(\frac{3,02}{2,51} \right)^{0,25} = 76,15.$$

6) Коэффициент теплоотдачи теплоносителя.

- внутренний канал:

$$\alpha_{BK} = Nu_{BK} \cdot \lambda_r / L_n = 105,4 \cdot 0,676 / 1 = 71,25 \text{ кВт/м}^2 \text{ } ^\circ\text{C},$$

- наружный канал:

$$\alpha_{HK} = Nu_{HK} \cdot \lambda_r / L_n = 33,65 \cdot 0,676 / 1 = 22,75 \text{ кВт/м}^2 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Коэффициент теплоотдачи нагреваемой воды:

- первая ступень (противоток):

$$\alpha_{B1} = Nu_{B1} \cdot \lambda_1 / L_{cw} = 64,0 \cdot 0,597 / 2,02 = 18,9 \text{ кВт/м}^2 \text{ } ^\circ\text{C},$$

$$\alpha_{\text{шв1}} = \alpha_{\text{ш1}} \left[1 + 1,77 \times D_{\text{шш}} / \left(\frac{2 \times h + d_{\text{ш}}}{2} \right) \right] = 18,9 \times \left[1 + 1,77 \times 0,038 / \left(\frac{2 \times 0,017 + 0,056}{2} \right) \right] = 47,06 \text{ кВт/м}^2 \text{°C},$$

- вторая ступень (прямоток):

$$\alpha_{\text{шв2}} = \alpha_{\text{ш2}} \left[1 + 1,77 \times D_{\text{шш}} / \left(\frac{2 \times h + d_{\text{ш}}}{2} \right) \right] = 22,07 \times \left[1 + 1,77 \times 0,039 / \left(\frac{2 \times 0,017 + 0,056}{2} \right) \right] = 54,95 \text{ кВт/м}^2 \text{°C},$$

- третья ступень (противоток):

$$\alpha_{\text{шв3}} = \alpha_{\text{ш3}} \times \left[1 + 1,77 \times D_{\text{шш}} / \left(\frac{2 \times h + d_{\text{ш}}}{2} \right) \right] = 24,5 \times \left[1 + 1,77 \times 0,039 / \left(\frac{2 \times 0,017 + 0,056}{2} \right) \right] = 62,08 \text{ кВт/м}^2 \text{°C}.$$

7) Количество теплоты, расходуемое теплоносителем.

В первой ступени:

$$Q_{\text{вк1}} = F_{\text{вк}} \cdot \alpha_{\text{вк}} \cdot \Delta t_1 = 0,157 \cdot 71,25 \cdot 74,9 = 837,85 \text{ кВт с},$$

$$Q_{\text{нк1}} = F_{\text{нк}} \cdot \alpha_{\text{нк}} \cdot \Delta t_1 = 0,34 \cdot 22,75 \cdot 74,9 = 511,2 \text{ кВт с}.$$

Суммарное количество теплоты в первой ступени:

$$Q_{\Sigma 1} = \Delta \tau \cdot (Q_{\text{вк1}} + Q_{\text{нк1}}) = 2,22 \cdot (837,85 + 511,2) = 2994,90 \text{ кВт с}.$$

Во второй ступени:

$$Q_{\text{вк2}} = F_{\text{вк}} \cdot \alpha_{\text{вк}} \cdot \Delta t_2 = 0,157 \cdot 71,25 \cdot 56,6 = 633,14 \text{ кВт с},$$

$$Q_{\text{нк2}} = F_{\text{нк}} \cdot \alpha_{\text{нк}} \cdot \Delta t_2 = 0,30 \cdot 22,75 \cdot 56,6 = 386,30 \text{ кВт с}.$$

Суммарное количество теплоты во второй ступени:

$$Q_{\Sigma 2} = \Delta \tau \cdot (Q_{\text{вк2}} + Q_{\text{нк2}}) = 2,22 \cdot (633,14 + 386,30) = 2263,15 \text{ кВт с}.$$

В третьей ступени:

$$Q_{\text{вк3}} = F_{\text{вк}} \cdot \alpha_{\text{вк}} \cdot \Delta t_3 = 0,157 \cdot 71,25 \cdot 37,0 = 413,89 \text{ кВт с},$$

$$Q_{\text{нк3}} = F_{\text{нк}} \cdot \alpha_{\text{нк}} \cdot \Delta t_3 = 0,3 \cdot 22,75 \cdot 37,0 = 252,53 \text{ кВт с}.$$

Суммарное количество теплоты в третьей ступени:

$$Q_{\Sigma 3} = \Delta \tau \cdot (Q_{\text{вк3}} + Q_{\text{нк3}}) = 2,22 \cdot (413,89 + 252,53) = 1479,44 \text{ кВт с}.$$

Суммарное количество теплоты, расходуемое теплоносителем:

$$\Sigma Q_t = Q_{\Sigma 1} + Q_{\Sigma 2} + Q_{\Sigma 3} = 2994,90 + 2263,15 + 1479,44 = 6737,50 \text{ кВт с}.$$

8) Количество теплоты, необходимое для нагрева воды:

- в первой ступени:

$$Q_1 = \alpha_{\text{шв1}} \cdot F_{\text{шш}} \cdot (t_2'' - t_2') = 47,06 \cdot 1,043 \cdot (20 - 5) = 736,25 \text{ кВт с},$$

- во второй ступени:

$$Q_2 = \alpha_{\text{шв2}} \cdot F_{\text{шш}} \cdot (t_2'' - t_2') = 54,95 \cdot 1,043 \cdot (40 - 20) = 1146,25 \text{ кВт с},$$

- в третьей ступени:

$$Q_3 = \alpha_{\text{шв3}} \cdot F_{\text{шш}} \cdot (t_2'' - t_2') = 62,08 \cdot 1,043 \cdot (60 - 40) = 1295,40 \text{ кВт с}.$$

Суммарное количество теплоты, необходимое для нагрева воды за один проток через все ступени:

$$\Sigma Q_b = Q_1 + Q_2 + Q_3 = 736,25 + 1146,25 + 1295,40 = 3177,90 \text{ кВт с}.$$

Излишек располагаемой теплоты составляет:

$$Q_{\text{ор}} = \Sigma Q_t - \Sigma Q_b = 6737,5 - 3177,9 = 3559,6 \text{ кВт с},$$

и намного превышает требуемое для горячего водоснабжения, поэтому он может быть направлен в систему отопления, что позволяет обходиться одной линейкой энергоносителя, с одной группой сетевых насосов, вместо двух по схеме: одна линейка на отопление, вторая – для горячего водоснабжения.

Температура теплоносителя на выходе из теплообменника может быть определена по удельному теплосодержанию [2]:

$$i = Q_b \cdot N \cdot 3600 / (\sum \tau_r \cdot V_r \cdot \gamma_r) + i_{60} = 3559,6 \cdot 2 \cdot 3600 / (30,3 \cdot 19,983,13) + 251,16 = 296,4 \text{ кДж/кг},$$

что приблизительно соответствует $\sim 76^{\circ}\text{C}$, где i – удельное теплосодержание теплоносителя интересуемой температуры; i_{60} – удельное теплосодержание теплоносителя при 60°C .

9) Теплоизоляция теплообменника

Потери тепла без изоляции одной ступени:

$$Q_{\text{пп}} = \alpha_{\text{oc}} \cdot F_{\text{к}} \cdot (t_1' - t_{\text{oc}}) = 13,94 \cdot 0,858 \cdot (90 - 20) = 837,24 \text{ Вт},$$

где коэффициент теплоотдачи [3]:

$$\alpha_{\text{oc}} = 10,3 + 0,52 \cdot (t_1' - t_{\text{oc}}) = 10,3 + 0,052 \cdot (90 - 20) = 13,94 \text{ Вт}/\text{м}^2 \text{ }^{\circ}\text{C},$$

t_1' и t_{oc} – температуры теплоносителя и окружающей среды; площадь наружной поверхности корпуса одной ступени:

$$F_{\text{k}} = \pi \cdot L_{\text{n}} \cdot (D_{\text{hk}} + 2 \cdot \delta_1) + f_{\text{k}} = \pi \cdot 1 \cdot (0,108 + 2 \cdot 0,0025) + 0,503 = 0,858 \text{ м}^2,$$

здесь 0,503 – площадь поверхности входной и выходной части ступени.

Мы имеем дело с тремя ступенями, плюс два коллектора входа и выхода теплообменника, плюс шесть фланцев с заглушками. Таким образом, полученное количество теплоты (*потери теплоты*) можно увеличить в пять раз:

$$\Sigma Q_{\text{пп}} = 5 \cdot Q_{\text{пп}} = 5 \cdot 837,24 = 4186,2 \text{ Вт}.$$

Потери тепла с использованием пенополиуритана (ППУ) с коэффициентом теплопроводности $\lambda = 0,05 \text{ Вт}/\text{м }^{\circ}\text{C}$ и толщиной изоляционного слоя $\delta = 0,02 \text{ м}$ составят:

$$Q_{\text{пп}} = \frac{(t_1' - t_{\text{oc}})}{\frac{\delta_{\text{n}}}{5 \cdot F_{\text{hk}} \lambda_{\text{n}}} + \frac{1}{5 \cdot F_{\text{hk}} \alpha_{\text{oc}}}} = \frac{(90 - 20)}{\frac{0,02}{5 \cdot 0,858 \cdot 0,05} + \frac{1}{5 \cdot 0,858 \cdot 13,94}} = 636,8 \text{ Вт},$$

т.е. теплоизоляция уменьшает потери на $\Delta \Sigma Q_{\text{пп}} = \Sigma Q_{\text{пп}} - \Sigma Q_{\text{пп}} = 4186,2 - 636,8 = 3549,7 \text{ Вт}$.

Заключение

Расчёты шnekового трёхступенчатого теплообменника показали, что он способен обеспечить требуемое количество теплоты для системы теплоснабжения, включая отопление и горячее водоснабжение.

Для этого надо обеспечить расход теплоносителя – $V = 19 \text{ м}^3/\text{ч}$ температурой – до $t = 110^{\circ}\text{C}$.

При этом количество нагреваемой воды – $V = 5,7 \text{ м}^3/\text{ч}$ можно нагреть до температуры с $t = +5^{\circ}\text{C}$ до $t = +60^{\circ}\text{C}$.

Список литературы

1. Ахмерова Г.М. Экономика и инженерное обеспечение систем теплоснабжения и горячего водоснабжения: Учебное пособие. – Казань: КГАСУ, 2005. – 125 с.
2. Михеев М.А, Михеева И.М. Основы теплопередачи. – М.: Изд-во «ЭНЕРГИЯ», 1977. – 343 с.
3. Ахмерова Г.М., Вьюшин И.Д., Ланцов А.Е. Методическое указание для лабораторных работ по теплотехническим характеристикам участков неизолированного теплопровода. – Казань: КГАСУ, 2003. – 29 с.

Pravnik Y.I. – engineer

E-mail: Gust.Sim@mail.ru

Antropov D.N. – candidate of technical sciences, senior lecturer

E-mail: antropov@mesys.ru

Sadykov R.A. – doctor of technical sciences, professor

E-mail: Sadykov_R_A@mail.ru,

Rakhimov R.G. – magistrate

Faizov A.I. – bachelor

Kazan State University of Architecture and Engineering

The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Screw three stage heat exchanger

Resume

The heat exchanger is a three-tier structure in which hot water (coolant) is fed in parallel at once in three stages, and the heated water is consistently a helical screw guide in all grades. Because of this heat exchanger is able to provide the necessary heat for domestic hot water (DHW) and, simultaneously, the excess energy of the coolant can be used in the heating system, actually, what is intended for. This eliminates the need for a line of energy source, with one group of network pumps instead of two standard schemes: one line – for heating, the second – for hot water. This saves money for the purchase of hardware and operating systems, simplifying it. This design thanks to its compact size can be used in small devices, and be generating any power. Depending on the need, it can easily be turned into a four-step and more. When mounted on a carrier output levels remotely controlled shut-off devices can adjust the temperature of hot water. By the nature of the screw three-stage heat exchanger can be attributed to the rapid heat exchangers.

Keywords: heat transfer, the heated water, coolant temperature, flow rate, channel level.

References

1. Akhmerova G.M. Economics and engineering systems of heating and hot water supply: the manual. – Kazan: KGASU, 2005. – 125 p.
2. Mikheev M.A., Mikheev I.M. Fundamentals of Heat Transfer. – M.: Publishing House of the «ENERGY», 1977. – 343 p.
3. Akhmerova G.M. Vyushin I.D., Lantsov A.E. guidelines for laboratory work in heat engineering characteristics plots of bare heat lines. – Kazan: KGASU, 2003. – 29 p.



УДК 628.334.5.336.43

Адельшин А.А. – кандидат технических наук, доцент

Адельшин А.Б. – доктор технических наук, профессор

E-mail: a566pm@rambler.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

Гришин Б.М. – доктор технических наук, профессор

E-mail: bgrishin@rambler.ru

Кощеев А.М. – доктор химических наук, профессор

Пензенский государственный университет архитектуры и строительства

Адрес организации: 440028, Россия, г. Пенза, ул. Германа Титова, д. 28

Теоретические исследования процесса обработки нефтесодержащих сточных вод в трубчатых сливных камерах гидроциклонов¹

Аннотация

Исследованиями созданы установки очистки нефтепромысловых (нефтесодержащих) сточных вод (НСВ) по технологическим схемам: гидроциклон – цилиндрические камеры на сливах гидроциклона – контактная масса – отстойник – коалесцирующий фильтр – отстойник (БГКО).

В закрученных потоках гидроциклона и камер сливов происходит разрушение бронирующих оболочек, коалесценция и уменьшение полидисперсности капель нефти при действии факторов в определенных последовательности, величиной и продолжительности времени.

В статье на основании теоретического анализа уравнения баланса энергии и геометрии внешней границы закрученного потока на сливе гидроциклона получены формулы для определения потерь напора в потоке НСВ и нахождения размеров камер слива, позволяющие подобрать оптимальные условия для осуществления процесса интенсивной коалесценции нефтяных капель и повысить эффект последующей очистки НСВ отстаиванием.

Ключевые слова: нефтепромысловая сточная вода, гидроциклон, камеры сливные, закрученный поток, отстойник, инверсирующая контактная масса, коалесценция, очистка воды, потеря напора, гидродинамическая обработка, фильтр.

Исследованиями создана технология очистки нефтепромысловых сточных вод (НСВ) для утилизации их в системах заводнения нефтяных пластов. Технология предусматривает предварительное разрушение бронирующих оболочек на каплях нефти, укрупнение и уменьшение полидисперсности капель нефти гидродинамической обработкой исходной НСВ в закрученных потоках [1-4].

Технология реализована в установках очистки НСВ по схеме: «гидроциклон – цилиндрические камеры на верхнем и нижнем сливах гидроциклона – подвижная инверсирующая контактная масса – отстойник – коалесцирующий фильтр – отстойник (установки типа БГКО)». При этом различные схемы «гидроциклон – камеры сливов» в сущности образуют гидродинамический центробежный каплеобразователь (аппарат ГКС), который конструктивно скомпонован в единый блок с отстойниками установки БГКО. В составе установки БГКО гидроциклон служит для получения закрученного потока в камерах сливов и предварительной гидродинамической обработки НСВ, и в целом ГКС для разрушения стабилизированных частиц примесей, бронирующих оболочек нефтяных капель и их коалесценции и уменьшению полидисперсности капель нефти. С целью увеличения времени гидродинамической обработки НСВ в объеме закрученного потока в составе аппарата ГКС предусмотрены цилиндрические камеры определенных диаметра и длины на сливах гидроциклона [1, 2].

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ в рамках ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России».

После гидроциклона в камерах сливов его осуществляется гидродинамическая обработка НСВ последовательно во всех областях турбулентного закрученного потока – в зонах: расширения закрученной струи, стабильного закрученного течения, затухания закрученного течения, переходного и осевого потенциального течения, циркуляционных и тороидальных. В сливных камерах НСВ подвергается наиболее универсальной комплексной обработке по наиболее полному количеству и качеству различных видов сил воздействия на частицы нефти в НСВ, что способствует интенсификации эффективной коалесценции и образованию наиболее монодисперской системы капель нефти [1-4].

В общем случае закрученный поток имеет следующие особенности по сравнению с осевым прямоточным потоком: большой угол расширения и меньшую дальность; обладает повышенной эжекционной способностью; у его основания возникает приосевой обратный ток, способствующий увеличению времени пребывания жидкости в объеме аппарата.

Известно, что интенсивность закрутки оказывает существенное влияние на инертные и реагирующие течения, на поле течения, расширение струи, процессы перемешивания, затухания скорости в струе, на размеры, форму и структуру закручивающегося потока в трубопроводах сливов-обвязки. Закрученное движение может сохраняться на относительно больших расстояниях в трубопроводах слива гидроциклона со значительно превышающими потерями напора по сравнению с потенциальным осевым течением [5, 6].

Применение расположенных в горизонтальной плоскости трубчатых сливных камер, коаксиально соединенных со сливными патрубками гидроциклонов, позволяет более полно использовать энергию закрученных потоков на выходе из центробежного аппарата гидроциклона в составе ГКС и интенсифицировать процесс коалесценции нефтяных капель в НСВ [2, 3].

Интенсивность закрутки потока НСВ на выходе из гидроциклона в сливную камеру характеризуется параметром закрутки θ . Для случая вращения потока с постоянной циркуляцией:

$$v_{ok} \cdot r = \text{const}, \quad (1)$$

где v_{ok} – окружная скорость потока, м/с; r – радиус закрученной струи. В работах [2, 4] определена расчетная начальная интенсивность на входном участке камеры слива:

$$\theta = \frac{\omega \cdot d_h^2}{2d \cdot v_{oc}}, \quad (2)$$

где θ – угловая скорость потока, с^{-1} ; v_{ok} – средняя осевая скорость закрученной струи, м/с; d_h – диаметр сливного патрубка гидроциклона, м; d – диаметр закрученной струи в камере, м, $d_h < d < d_0$ – диаметр камеры слива, м.

При $d = d_h$ параметр закрутки:

$$\theta_h = \frac{\omega \cdot d_h}{2d \cdot v_h} = \frac{v_{ok,h}}{v_{oc,h}} = \operatorname{ctg} \alpha_h, \quad (3)$$

где $v_{ok,h}$ и $v_{oc,h}$ – соответственно окружная и средняя осевая скорости закрученной струи на выходе из сливного патрубка гидроциклона, м/с (рис.); α_h – угол закрутки на сливе гидроциклона, град.

Наибольшая интенсивность турбулентного режима движения потока имеет место на участке длиной l_k от слива гидроциклона (сечение 1-1, рис.) до сечения 2-2, где диаметр закрученной струи становится равным диаметру камеры слива, $d = d_0$. В сечении 2-2 окружная скорость на внешней границе закрученной струи $v_{ok,k} = 0$ вследствие касания с твердой стенкой камеры слива.

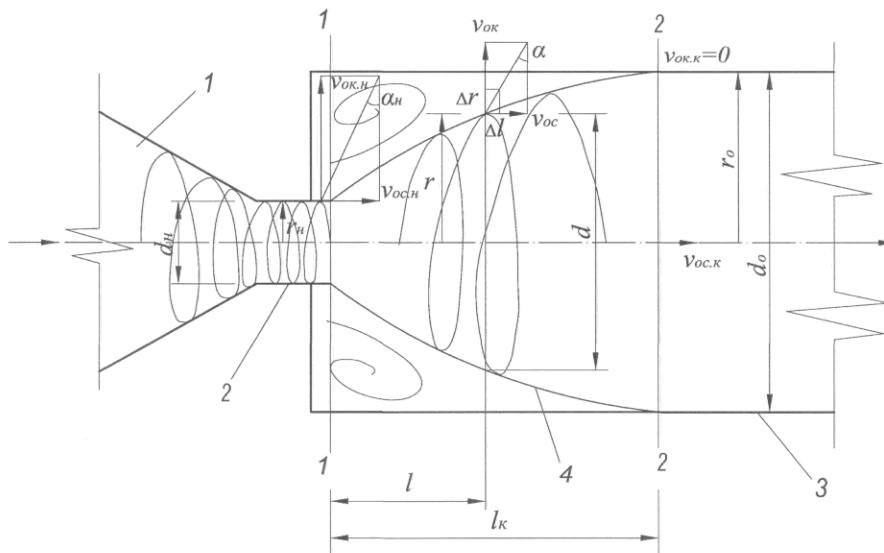


Рис. Расчетная схема входного участка камеры слива

1 – гидроциклон; 2 – сливной патрубок гидроциклона; 3 – трубчатая камера слива;
4 – внешняя граница закрученной струи НСВ

Уравнение баланса удельной энергии потока НСВ для сечений 1-1 и 2-2 при расположении осей гидроциклона и камеры слива в горизонтальной плоскости записывается следующим образом:

$$\frac{p_h}{\rho g} = \frac{v_{oc,h}^2 + v_{ok,h}^2}{2g} = \frac{p_k}{\rho} + \frac{v_{oc,k}^2}{2g} (\lambda \frac{l_k}{d_0} + \xi) \frac{v_k^2}{2g}, \quad (4)$$

где p_h и p_k – соответственно давления в сечениях 1-1 и 2-2, Па; ρ – плотность НСВ, кг/м³; g – ускорение свободного падения, м/с²; $v_{oc,k}$ – средняя осевая скорость в сечении 2-2, м/с; λ – коэффициент гидравлического трения, зависящий от числа Рейнольдса, $\lambda = f(Re)$; ξ – коэффициент местных сопротивлений, учитывающий расширение струи и наличие возвратных потоков.

Местные потери напора $h_m = \frac{v_{oc,k}^2}{2g}$, в уравнении (4) вносят значительно больший вклад в турбулизацию потока НСВ по сравнению с потерями по длине $h_{dl} = \lambda \frac{l_k}{d_0} \cdot \frac{v_{oc,k}^2}{2g}$

вследствие скачков диссипации энергии при возникновении обратных токов жидкости в различных точках расширяющейся закрученной струи. Высокие значения диссипации энергии, в свою очередь, способствуют интенсивному укрупнению капель нефти в НСВ и улучшению последующей очистки стоков отстаиванием.

Принимая $\Delta p = p_h - p_k$ с учетом соотношений $v_{oc,k}^2 = v_{ok,h}^2 \frac{d_h^4}{d_o^4}$ и $v_{oc,h}^2 = \theta_h \cdot v_{oc,h}$ (см.

формулу (3), получим выражение для определения местных потерь энергии на участке сливной камеры длиной l_k :

$$h_i = \frac{\Delta p}{\rho g} + \frac{v_{oc,h}^2}{2g} \left(1 - \frac{d_h^4}{d_o^4} \right) + \frac{(\theta_h \cdot v_{oc,k})}{2g} + \lambda \frac{l_k}{d_o} \cdot \frac{v_{oc,h}^2}{2g} \frac{d_h^4}{d_o^4}, \quad (5)$$

Принимая во внимание, что второй член в правой части уравнения (5) представляет собой потери напора на внезапное расширение струи $h_{b,p}$, в окончательном виде получим:

$$h_m = \frac{\Delta p}{\rho g} + h_{b,p} + \frac{v_{oc,h}^2}{2g} \left(\theta_h^2 + \lambda \frac{l_k}{d_o} \cdot \frac{d_h^4}{d_o^4} \right), \quad (6)$$

Так как увеличение длины камеры слива до значений более, чем (1,3ч4,5) l_k нецелесообразно из-за отсутствия после сечения 2-2 (рис.) закрученного турбулизованного потока с высоким уровнем диссипации энергии, то нахождение величины l_k расчетным путем является весьма важной задачей.

Определение величины l_k связано с нахождением геометрии внешней границы закрученной струи на участке между сечениями 1-1 и 2-2. Тангенс угла наклона внешней границы струи в произвольном расчетном сечении (рис.) равен:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\Delta l}{\Delta r} \approx \frac{dl}{dr}, \quad (7)$$

где r – радиус струи, м, $r = 0,5$.

Отношение $\frac{dl}{dr}$, в свою очередь, определяется соотношением осевой и окружной скоростей в данном сечении $\frac{v_{oc}}{v_{ok}}$.

В общем случае величина окружной скорости в любом расчетном сечении закрученной струи может быть найдена из выражения:

$$v_{ok} = v_{ok,h} \left(\frac{r_o - r}{r_o - r_h} \right)^n, \quad (8)$$

где r_h и r_o – соответственно радиусы сливного патрубка гидроциклона и камеры слива, м, $r_h = 0,5 d_h$, $r_o = 0,5 d_o$; n – показатель степени, $0 < n < 1$.

Осевая скорость в произвольном расчетном сечении:

$$v_{oc} = v_{oc,h} \frac{r_h^2}{r^2}. \quad (9)$$

С учетом соотношений (8) и (9) тангенс угла наклона внешней границы закрученной струи будет равен:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{v_{ok}}{v_{oc}} = \frac{v_{ok,h}}{v_{oc,h}} \cdot \frac{r_o^2}{r^2} \left(\frac{r_o - r}{r_o - r_h} \right)^{-n} = \frac{1}{\theta_h} \cdot \frac{r_o^2}{r^2} \left(\frac{r_o - r}{r_o - r_h} \right)^{-n}. \quad (10)$$

Разделив переменные в формуле (7) и интегрируя в пределах от 0 до r_h и от r_h до r_o с учетом (10), получим:

$$l_k = \int_{r_h}^{r_o} \operatorname{tg} \alpha \cdot dr = \frac{(r_o - r_h)^n \cdot r_h^2}{\theta_h} \int_{r_h}^{r_o} \frac{(r_o - r)^{-n}}{r^2} \cdot dr. \quad (11)$$

Выражение $\int_{r_h}^{r_o} \frac{(r_o - r)^{-n} \cdot r_h^2}{r^2} \cdot dr$ является несобственным интегралом, поэтому его интегрирование возможно при фиксированных значениях n .

В результате интегрирования уравнения (11) при $n=0$ получим следующее выражение для нахождения расчетной длины участка камеры слива с наиболее интенсивной турбулизацией потока НСВ:

$$l_k = \frac{r_h^2}{\theta_h} \int_{r_h}^{r_o} \frac{(r_o - r)^0}{r} \cdot dr = \frac{r_h^2}{\theta_h} \left(\frac{-1}{r_o} + \frac{1}{r_h} \right). \quad (12)$$

При $\pi=1/3$ выражение для определения l_k запишется в виде:

$$l_k = \frac{(r_o - r_h)^{1/3} \cdot r_h^2}{\theta_h} \int_{r_h}^{r_o} \frac{1}{r^2 \sqrt[3]{r_o - r}} dr = \frac{(r_o - r_h)^{1/3} \cdot r_h^2}{\theta_h} \cdot \frac{-1}{18} \cdot \frac{\left(-6 \ln \left(-r_o^{1/3} \right) + 2 \ln(r_o) - \sqrt{3} \cdot \pi \right)}{r_o^{4/3}} + \\ \frac{1}{6} \cdot \frac{6(r_o - r_h)^{2/3} \cdot r_o^{4/3} - 2 \ln \left[(r_o - r_h)^{1/3} \left| -r_o^{1/3} \right. \right] \cdot r_o \cdot r_h + \ln \left[(r_o - r_h)^{2/3} + (r_o - r_h)^{1/3} \cdot r_o^{1/3} - r_o^{1/3} \right] \cdot r_o \cdot r_h}{r_o^{1/3} r_h} - \\ \frac{1}{6} \cdot \frac{-2\sqrt{3} \cdot \arctg \left[\frac{1}{3} \cdot \sqrt{3} \cdot \frac{2 \cdot (r_o - r_h)^{1/3} + r_o^{1/3}}{r_o^{1/3}} \cdot r_o \cdot r_h \right]}{r_o^{1/3} r_h}.$$

При известных величинах l_k и r_o находится значение объема сливной камеры, используемое для расчетов по определению диссипации энергии, а также оценивается величина местных потерь напора по формуле (6) при экспериментально определяемых Δp , $v_{oc,n}$ и θ_h .

Выводы

На основании теоретического анализа уравнения баланса энергии и геометрии внешней границы закрученной струи на сливе гидроциклона получены формулы для определения потерь напора в потоке НСВ и нахождения размеров камеры слива, позволяющие подобрать оптимальные условия для осуществления процесса интенсивной коалесценции нефтяных капель и повысить эффект последующей очистки стоков отстаиванием.

Список литературы

1. Адельшин А.Б. Интенсификация процессов гидродинамической очистки нефтесодержащих сточных вод. Дисс. в виде научного доклада на соискание ученой степени докт. техн. наук. – СПб., 1998. – 73 с.
2. Адельшин А.А. Моделирование процессов и разработка установок очистки нефтесодержащих сточных вод на основе использования закрученных потоков. Дис. канд. наук. – Пенза, 2009. – 181 с.
3. Адельшин А.А., Адельшин А.Б., Урмитова Н.С. Гидродинамическая очистка нефтепромысловых сточных вод на основе применения закрученных потоков. Монография. – Казань: КГАСУ, 2011. – 246 с.
4. Адельшин А.Б., Адельшин А.А., Гришин Б.М., Камбург В.Г., Бикунова М.В. Исследование процессов очистки сточных вод нефтепромыслов с использованием закрученных потоков. // Известия КазГАСУ, 2010, № 1 (13). – С. 234-240.
5. Гунта А., Лилли Ф., Сайре Н. Закрученные потоки. – М.: Мир, 1987. – 588 с.
6. Жизняков В.В. Исследование гидродинамики закрученного потока в трубопроводах технологических аппаратов систем очистки воды: Дис. канд. техн. наук – Горький, 1980. – 195 с.

Adelshin A.A. – candidate of technical sciences, associate professor

Adelshin A.B. – doctor of technical sciences, professor

E-mail: a566pm@rambler.ru

Kazan State University of Architecture and Engineering

The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Grishin B.M. – doctor of technical sciences, professor

E-mail: bgrishin@rambler.ru

Koshcheev A.I. – doctor of chemical sciences, professor

Penza State University of Architecture and Construction

The organization address: 440028, Russia, Penza, Titov st., 28

Theoretical researches of the processing of oily wastewater in tubular drain cameras of hydrocyclones

Resume

Researches created technology of purification of the oil-field sewage (OFS), for their utilization in systems of flooding of oil layers. The technology provides preliminary destruction of reserving covers on oil drops, integration and reduction of polydispersion of drops of oil by hydrodynamic processing of initial OFS in the twirled streams.

As a part of the BGKO installation the hydrocyclone serves for receiving the twirled stream in cameras drains and preliminary hydrodynamic processing of OFS, and as a whole "a hydrocyclone – camera drains (HCD) – for destruction of the stabilized particles of the impurity, reserving covers of oil drops both to their coalescence and reduction of polydispersion of drops of oil.

After a hydrocyclone in camera drains it hydrodynamic processing of OFS consistently in all areas of the turbulent twirled stream is carried out.

On the basis of the theoretical analysis of the equation of balance of energy and geometry of external border of the twirled stream on hydroclone drain, formulas for definition of losses of a pressure in a stream of OFS and finding of the sizes of the camera, allowing to pick up optimum conditions for implementation of process of an intensive coalescence of oil drops and to increase effect of the subsequent cleaning of drains upholding are received.

Keywords: oil-field sewage, hydrocyclone, chamber drains, swirling streams, setting tank, the inverting contact weight, coalescence, water purification, loss of pressure, hydrodynamic processing, the filter.

References

1. Adelshin A.B. The intensification of processes of oilfield wastewater hydrodynamic purification / Doctor of technical sciences dissertation. – SPb., 1998. – 73 p.
2. Adelshin A.A. Modeling of processes and working out of installations of oilfield wastewater purification on the basis of swirling streams usage: Cand. tech. sci. dissertation. – Penza, 2009. – 181 p.
3. Adelshin A.A., Adelshin A.B. Urmitova N.S. Hydrodynamic purification of oilfield wastewater on the basis of swirling flows usage. Monography. – Kazan: KSUAE, 2011. – 245 p.
4. Adelshin A.B., Adelshin A.A., Grishin B.M., Kamburg V.G., Bikunova M.V. Investigations of oilfields waste water purification based on vortex flows. // News of the KSUAE, 2010, № 1 (13). – P. 234-240.
5. Gunta A. Swirling flows. – M.: World, 1987. – 588 p.
6. Jiznyakov V.V. research of hydrodynamic swirling flow in a pipelines of technological devices water cleaning systems. Cand. of tech. sc. diss.. – Gorky, 1980. – 195 p.

УДК 628.334.5.336.43

Адельшин А.А. – кандидат технических наук, доцент

Адельшин А.Б. – доктор технических наук, профессор

E-mail: a566pm@rambler.ru

Урмитова Н.С. – кандидат технических наук, доцент

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

**Основные положения конструирования, проектирования и расчета
блочных установок очистки нефтепромысловых сточных вод
с использованием закрученных потоков¹**

**Часть 2. Основные исходные данные, требования и рекомендуемые параметры
для разработки блока очистки**

Аннотация

Исследованиями созданы установки очистки нефтепромысловых сточных вод (НСВ) по технологическим схемам: гидроциклон – цилиндрические камеры на сливах гидроцикла – подвижная инверсирующая контактная масса – отстойник – гидродинамический коалесцирующий фильтр – отстойник (БГКО).

В закрученных потоках гидроциклона и камер слинов проходит разрушение бронирующих оболочек, коалесценция и уменьшение полидисперсности капель нефти при действии факторов в определенных последовательности, величиной и времени.

В статье представлены основные исходные данные, требования и рекомендуемые параметры для разработки блока очистки в составе полноблочной установки типа БГКО для очистки НСВ с использованием закрученных потоков с целью заводнения нефтяных пластов.

Ключевые слова: нефтепромысловая сточная вода, гидроциклон, камеры сливы, закрученный поток, отстойник, инверсирующая контактная масса, коалесценция, очистка воды, гидродинамическая обработка, фильтр.

Крупным водопотребителем и объектом образования нефтепромысловых сточных вод (НСВ) является нефтяная промышленность, в которой около 90 % нефти добывается на месторождениях, разрабатываемых с использованием методов заводнения продуктивных нефтяных пластов с целью поддержания пластового давления.

Объем НСВ по стране достигает 1,2 млрд. м³ в год, из которых более 90 % используется в системах заводнения. Утилизация НСВ в системах заводнения позволяет увеличить нефтеотдачу пластов в 1,5-2 раза, сократить потребление пресных вод, решить проблемы ликвидации НСВ и защиты окружающей среды от загрязнений на промыслах [1-4].

Очистка НСВ для заводнения пластов заключается в удалении из них механических примесей и нефти до требуемых норм.

Обустройство нефтяных месторождений предусматривает: широкое применение установок для очистки НСВ в блочном исполнении с высокими эффектом очистки и единичной мощностью при ограниченном объеме; герметичность, транспортабельность; высокий уровень индустриализации, сокращение времени строительства (в т.ч. в изготовлении и монтаже). Важными направлениями в решении данных требований являются: создание новых методов, аппаратов, полноблочных установок, интенсификация и совершенствование технологических процессов предварительного гидродинамического разрушения и очистки НСВ.

Сущность и эффективность процесса разрушения НСВ заключается в достаточно полном и быстром снижении агрегативной и кинетической устойчивости НСВ путем, главным образом, разрушения бронирующей оболочки на каплях нефти и их

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ в рамках ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» (ГК № 16.740.11.0672 от 7 июня 2011 г.)

коалесценции. Эти процессы осуществляются наиболее полно и интенсивно при определенной степени турбулизации потока НСВ в полости различных аппаратов – гидродинамических каплеобразователей.

Исследованиями создана технология очистки НСВ, которая предусматривает предварительное разрушение бронирующих оболочек на каплях нефти, укрупнение и уменьшение полидисперсности капель нефти за счет гидродинамической обработки исходной НСВ с использованием энергии закрученных потоков в гидроциклоне и на сливах гидроциклиона по схеме: «гидроциклон – цилиндрические камеры верхнего и нижнего сливов гидроциклиона – подвижная инверсирующая контактная масса – отстойник – коалесцирующий фильтр – отстойник» (БГКО) [2-4].

Технологические, конструктивные решения «устройства для очистки нефтесодержащих сточных сточных вод» (БГКО) защищены патентами РФ: № 2189360. Бюл. № 26 от 20.09.2002 г.; № 2227791. Бюл. № 12 от 27.04.2004 г.; № 2248327. Бюл. № 8 от 20.03.2005 г.; № 2253623. Бюл. № 16 от 10.06.2005 г.; № 2255903. Бюл. № 26 от 20.09.2002 г.; 2257352. Бюл. № 21 от 27.07.2005 г.; № 2303002. Бюл. № 20 от 20.07.2007 г.; № 2313493. Бюл. № 26 от 27.12.2007 г.; № 2408540. Бюл. № 1 от 10.01.2011 г. [3-4]. Полное описание технологического и конструктивного решения одного из базовых устройств типа БГКО дано в первой части данной статьи [5].

Для расчета, конструирования и проектирования аппаратов, установок типа БГКО необходима исходная информация: расход и режим поступления НСВ; данные о колебаниях концентрации загрязнений (нефтепродуктов, механических примесей) содержащихся в НСВ; данные о механофизических и кинетических свойствах НСВ и содержащихся в ней загрязнений, в том числе гранулометрический состав загрязнений (распределение частиц нефти и механических примесей по крупности); требования к качеству очищенной воды.

Технические условия должны содержать следующую информацию: требования к режиму работы установки; характеристику участка территории под монтаж установки; требования к исполнению средств автоматики, силовых устройств, водопроводных, канализационных, газовых, тепловых и др. систем, подземных и надземных коммуникаций и другие особенности работы установки.

Исходные данные для проектирования могут быть представлены в графической или табличной формах. При этом зависимости расхода НСВ, концентрации загрязнений в НСВ могут выражаться различными видами функции: возрастающими, убывающими непрерывными, линейными, нелинейными, циклическими, нециклическими и т.д. Данные о распределении частиц по крупности могут быть представлены в графической форме в виде интегральных кривых распределения или в табличной форме и указывается процентное содержание каждой фракции частиц в микронах.

Анализ собранных, систематизированных фактических данных показал, что для очистки НСВ наиболее перспективны и получили широкое применение на нефтепромыслах напорные горизонтальные отстойники на основе стандартных цилиндрических стальных емкостей объемом 50, 80, 100, 200 м³, выпускаемые отечественной промышленностью в соответствии с ОСТ 26-02-1496-76, которые могут быть рекомендованы для использования в качестве корпуса аппаратов типа БГКО при их конструировании [1, 4].

Теоретическими и экспериментальными исследованиями установлены и широко представлены геометрические, гидродинамические и технологические параметры гидроциклонов и гидроциклонов с цилиндрическими камерами на верхнем и нижнем сливах гидроциклиона; подтверждена работа гидроциклонов и гидроциклонов с камерами на сливах, как аппарата и для разрушения и коалесценции частиц нефти, и для разделения НСВ на нефть и воду, и в целом для интенсификации процессов очистки НСВ [2, 3, 4, 6].

При работе гидроциклиона (диаметром D) с противодавлением на сливах (P_o) для очистки НСВ параметры гидроциклиона могут быть определены по соотношениям: диаметр входного патрубка $d_b = 0,2D$, диаметр верхнего сливного патрубка $d_{b,сл} = 0,3D$, диаметр нижнего сливного патрубка $d_{n,сл} = 0,8d_{b,сл}$, высота цилиндрической части $H_n =$

d_{bx} , глубина погружения верхнего сливного патрубка $h_n = 0,5d_{bx} + d_{b,cl}$, угол конусности $\alpha = 3-5^\circ$, оптимальное давление на входе в гидроциклон $P = (4,0-5,0)10^5 \text{ Па}$ [2, 4, 6].

К промышленному применению в составе гидроциклических установок (в т.ч. типа БГКО) для очистки НСВ исследованиями рекомендован напорный двухпродуктовый цилиндр конический гидроциклон диаметром $D = 75 \text{ мм}$. Геометрические и технологические параметры, количество гидроциклонов определяются по вышеприведенным соотношениям и по методике, изложенной в работе [2, 6], исходя из заданной производительности и создания режима движения НСВ в полости гидроциклиона, характеризующегося числами Рейнольдса не менее 30000-40000 и обеспечение максимальной дальности закрученных потоков на слинах [2, 3].

На основании исследований в составе БГКО принят гидроциклон со следующими конструктивными параметрами: $D = 75 \text{ мм}$, диаметр входного патрубка $d_{bx} = 15 \text{ мм}$, диаметр верхнего слива $d_{b,cl} = 20 \text{ мм}$, нижнего слива $d_{n,cl} = 26 \text{ мм}$, угол конусности $\alpha = 5^\circ$, глубина погружения верхнего слива $h_n = 48 \text{ мм}$, высота цилиндрической части гидроциклиона $H_c = 15 \text{ мм}$.

На верхнем и нижнем слинах гидроциклиона предусмотрены цилиндрические камеры диаметрами 100 мм и длиной 2 м. Исследованиями установлено, что при рекомендованном диаметре камер (100 мм) закрученные струи на слинах гидроциклиона по всей длине камер сохраняют геометрические характеристики, присущие распространению закрученных струй. Рекомендованная длина камеры (2 м) обеспечивает свободное распространение и дальность закрученных потоков, а также минимизирует влияние разрушающих частиц нефти сил давления (прижатия) капель нефти на плоскую торцевую стенку. Экспериментами найдены оптимальные соотношения длин (L) и диаметров (D) сливных камер ($L/D = 20 - 30$), а также значения параметры закрутки потоков для верхней ($\theta_b = 20 - 23$) и нижней ($\theta_n = 16 - 18,5$) сливных камер, позволяющие наиболее эффективно осуществлять коалесценцию нефтяных капель [3, 4].

Рекомендовано поддержание давления на входе в гидроциклон в пределах 4-5 кгс/см², а противодавление на выходах (концах) камер верхнего и нижнего сливов $\approx 2 \text{ кгс/см}^2$. При этом расход воды через камеру нижнего слива составляет $q_{n,c} = 1,0 - 1,1 \text{ л/с}$, а через камеру верхнего слива $q_{b,c} = 0,9 \text{ л/с}$. В обеих камерах движение жидкости следует поддержать в автомодельной области ($Re > 10000$) [3]. Цилиндрические камеры могут быть изготовлены из стальных бесшовных труб по ГОСТ 8732-78. В сущности, система «гидроциклон – камеры сливов» (ГКС) являются гидродинамическим центробежным каплеобразователем для предварительной гидродинамической обработки исходной НСВ в составе аппарата БГКО [3].

Для равномерного распределения исходной НСВ по гидроциклонам и равномерного сбора воды из камер нижнего и верхнего сливов гидроциклонов необходимо предусмотреть напорные трубчатые кольца на входе гидроциклонов и на выходе камер сливов, из стальных бесшовных труб по ГОСТ 10704-91 диаметром не менее 108×4 или определить расчетом из расчета созданием движения жидкости в них в автомодельной области ($Re > 10000$) [3].

Установлено, что в отстойниках гидроциклических установок (в числе тип БГКО) для получения нормативного качества воды – очищенной НСВ – может быть рекомендовано кратковременное отстаивание в пределах 20-60 минут в зависимости от типа НСВ [1-4].

Экспериментами также установлено, что остаточное нормативное содержание нефти в отстоеной стойкой угленосной НСВ может быть достигнуто после обработки ее в ГКС и двухчасового отстаивания [3].

В работе отстойника в составе БГКО имеются существенные особенности, заключающиеся в том, что разделение эмульсии в полости отстойника происходит в зоне турбулентного перемешивания и характеризуется всплыvанием достаточно укрупнившихся, в результате коалесценции капель нефти, переходом их в малоподвижный сплошной слой нефти. Коалесценция в процессе разрушения (разделения, очистки) НСВ в установке типа БГКО совершенно необходима для получения высокого и стабильного

эффекта очистки. Время пребывания жидкости в зоне разделения (очистки) при турбулентном перемешивании может быть принято в пределах – 5-10 мин [2, 3].

В современных отстойных аппаратах, сконструированных на базе указанных выше емкостей, равномерное распределение потока исходной НСВ по живому сечению аппарата достигается различными конструктивными решениями устройств ввода и вывода. Анализ показал, что наиболее эффективны и получили широкое распространение трубчатые распределители, расположенные по живому сечению аппарата. Методика расчета таких распределительных устройств достаточно полно изложена в литературе [7-10].

Отстойник БГКО [5] снабжен горизонтально расположенными в верхней зоне турбулентного перемешивания перфорированными трубчатыми распределителями нижнего и верхнего сливов с отверстиями с верхней стороны, которые расположены в шахматном порядке под углом 45° к вертикальной оси трубчатого распределителя. При этом распределитель нижнего слива расположен над распределителем верхнего слива.

Суммарную площадь отверстий на распределителях следует определить при диаметре отверстий 10 мм и коэффициенте перфорации равным 1,5 [7-11], при этом скорость истечения НСВ из отверстий должна быть $\approx 0,7$ м/с, что обеспечивает необходимую дальность струй в зоне турбулентного перемешивания [3].

Суммарную площадь отверстий на коллекторах для сбора и отвода очищенной воды следует определять при диаметре отверстий 20 мм и коэффициенте перфорации равным 0,7. При этом скорости в отверстиях должны составлять 1,2 м/с, в коллекторе не более 1,5 м/с; отверстия расположены в шахматном порядке с нижней стороны коллектора, под углом 45° к вертикальной оси коллектора [7-11].

При конструировании установок типа БГКО весьма важно правильное расположение трубчатых распределителей, чтобы обеспечивались: равномерное распределение исходной, частично разрушенной НСВ по живому сечению зоны турбулентного перемешивания и расслоения, ввод этой НСВ в зону высокой концентрации частиц нефти, при этом также обеспечивались гидродинамическое разрушение промежуточного слоя и предотвращение формирования этого слоя.

Необходимо иметь в виду, что поведение нефтяных частиц с разрушенной «броней» в значительной степени обуславливается их концентрацией и отношением размера частиц к внутреннему масштабу турбулентности. При высокой концентрации частиц нефти интенсифицируются их взаимодействие: сближение, столкновение и слияние. Указанные обстоятельства, а также относительное движение частиц жидкости, обуславливают дополнительную диссипацию энергии. Вязкость жидкости также усредняет турбулентность во всем объеме зоны перемешивания и расслоения. В предельном случае структура турбулентности во всех точках объема этих зон количественно одинакова и статистические характеристики турбулентности в зонах не зависит от направления движения жидкости в объеме зон и турбулентность в зонах становится изотропной [2, 3].

Наличие весьма подвижной зоны турбулентного перемешивания способствует поддержанию чистой межфазной поверхности и интенсивному переходу всплывающих капель нефти в содержимое объема накопления уловленной нефти в верхней зоне отстойника, т.е. в объем малоподвижного нефтяного слоя. Таким образом, зоны турбулентного перемешивания и накопления уловленной нефти образуют сложную гидродинамическую систему, выполняющую полезную технологическую функцию в процессе очистки НСВ. В настоящее время отсутствуют какие-либо модели, позволяющие адекватно описать как гидродинамическую обстановку, так и технологические процессы, происходящие в указанных зонах.

В установках типа БГКО следует предусмотреть возможность включения в конструкцию отстойника коалесцирующую гидродинамическую саморегенерирующую крупнозернистую гидрофобную загрузку фильтра (насадки).

Установлена возможность успешного применения гидродинамических насадок из крупнозернистых загрузок и с повышенными скоростями фильтрации для разрушения НСВ. При этом режим фильтрационного потока характеризуется числом Рейнольдса в среднем около 300; время воздействия сил на частицы нефти в фильтрационном потоке

составляет 3-10 мин; важнейшим фактором разрушения НСВ в фильтрационном потоке являются гидродинамические силы, превышающие по величине другие действующие силы на 1,5-2,0 и более порядка [2, 12].

Гидродинамическая обработка НСВ в таких коалесцирующих насадках позволяет: увеличить глубину очистки, уменьшить продолжительность последующего отстаивания в 1,5-2 и более раза; получить очищенную воду нормативного качества на выходе установки БГКО со стабильной концентрацией нефти 40-50 мг/л при повышенном содержании ее в исходной НСВ до 3000 мг/л и более [2, 4, 12].

Для промышленного применения в качестве загрузок насадок разработаны и рекомендованы: полиэтилен фракции (d) – 3-5 мм, высотой загрузки (h) – 0,8-1,0 м, скорость фильтрации (v) – 18-36 м/ч, гидравлический уклон (i) – 0,25-0,30; керамический заполнитель, покрытый полиэтиленом d = 15-20 мм, h = 1,0 м, v = 65-100 м/ч, i = 0,07-0,15; гранулы d = 10-15 мм, h = 1,0 м, v = 60-100 м/ч, i = 0,05-0,18; гранулы из вторичного полиэтилена d = 5,5-10 мм, h = 0,8-1,0 м, v = 60-100 м/ч, i = 0,5-0,80; гидрооблизированный нефтью дробленный керамзит d = 3-5 мм, h = 0,8-1,0 м, v = 18-37 м/ч, i = 0,25-0,3, и гранулы d = 5-10 мм, h = 0,8 м, v = 60-70 м/ч, i = 0,3-0,5; гранулы d = 25-20 мм, h = 1,0 м, v = 65-100 м/ч, i = 0,07-0,13. Разработаны и реализованы технологии промышленного получения указанных материалов [2, 4, 12].

Фильтрующая загрузка насадки сверху и снизу фиксируется сетками из нержавеющей стали простого плетения. Сетка крепится на металлической раме из уголка или швеллера болтами и накладками. При конструировании квадратные ячейки рабочей сетки следует принимать размером, меньшим наименьшего размера фракции коалесцирующей загрузки. При необходимости увеличения механической прочности рабочей сетки, раму следует разбивать на пролеты или укладывать под рабочую поддерживающую сетку с более крупными ячейками.

Существует несколько методов гидравлического расчета сеток, достаточно полно изложенных в литературе [7, 8, 13, 14]. При расчете и конструировании коалесцирующих насадок установок типа БГКО следует учитывать гидродинамический режим работы сеток, которые, являясь местным сопротивлением, не должны нарушать гидродинамические характеристики потоков в отстойнике при подходе к сетке и в коалесцирующей загрузке. Проведенные нами расчеты для мелкоячеистых сеток 2×2×0,5 мм, 4×4×0,5 мм по ГОСТ 8613-73 и крупноячеистых: 14×14×5 мм, 18×18×5 мм по ГОСТ 3307-70 показали, что сетчатые элементы конструкции коалесцирующих насадок не вызывают опустимых изменений гидродинамических параметров потока в отстойнике при подходе к сетке и в загрузке насадки.

В составе БГКО буферная секция отстойника способствует дополнительной очистке и отделена от рабочей секции отстойника двумя перегородками. При этом верхнюю перегородку следует располагать на ≈ 0,5-1 м ниже границы зоны турбулентного перемешивания, а нижнюю перегородку на ≈ 0,5-1 м выше нижней границы этой зоны, что достаточно для гашения придонных потоков, фиксации пределов зоны турбулентного перемешивания и накопления осадка на дне отстойника. Расстояние между перегородками при отсутствии коалесцирующей загрузки следует определить из расчета создания турбулентного режима движения потока с числом Рейнольдса порядка 5000-8000 (до 10000) с целью обеспечения относительно жесткого контакта и укрупнения капель за счет энергии турбулентных пульсаций. Перегородки выполняются из листовой стали толщиной 12 мм. Среднее время пребывания воды в буферной секции отстойника принимается не менее 30 мин для девонских НСВ и не менее 60 мин для НСВ угленосного происхождения [2-4, 12].

Для удаления нефтешлама (осадка) со дна отстойника установки БГКО могут быть использованы гидравлические системы, успешно применяемые для удаления осадка из водопроводных горизонтальных отстойников. Методика расчетов устройств сбора и удаления осадков достаточно полно приведена в литературе [7, 8, 15, 16].

Для нормальной работы установки БГКО необходимо своевременное и достаточно полное удаление из нее нефтешлама со дна отстойника. С этой целью в БГКО может быть эффективно применена комбинированная система удаления нефтешлама, включающая в

себя напорную систему смыва нефтешлама и дырчатую систему его удаления. Такая система позволяет исключить полностью ручной труд, удалить осадок при любой температуре наружного воздуха без опорожнения и без полного отключения установки БГКО с работы, а также с полным отключением ее из работы.

При этом следует в нижней части посередине отстойника расположить сборную дырчатую систему удаления осадков, а выше ее с двух сторон расположить систему смыва накопившегося нефтешлама (осадка). Система смыва представляет собой напорный трубопровод с соплами, направленными в сторону сборной системы. Сопла врезаются перпендикулярно к напорному трубопроводу так, чтобы струя, выходящая из сопел, смыкала нефтешлам к дырчатой системе удаления. Чтобы в процессе удаления не происходило взмучивание нефтешлама с распространением его в очищаемый поток НСВ, необходимо соблюдать баланс подачи воды из сопел объема удаляемого нефтешлама по дырчатой системе.

При достижении высоты слоя выше предельного уровня, нефтешлам вымывается потоком воды, вследствие чего ухудшается качество очищенной НСВ. По достижении предельного уровня нефтешлам накапливается только в процессе уплотнения, т.е. за счет увеличения его концентрации. Процесс гравитационного уплотнения нефтешлама в сооружениях и аппаратах нефтепромыслов наиболее интенсивен в течение первых шести часов, затем интенсивность уплотнения снижается и влажность нефтешлама изменяется незначительно [17]. Свежевыпавший нефтешлам легко подвижен и практически сползает под любым углом. Удаление уплотненного, особенно слежавшегося нефтешлама с применением предлагаемого выше устройства затруднительно. Поэтому периодичность и продолжительность удаления нефтешлама устанавливается при пусконаладочных работах и уточняется в процессе эксплуатации БГКО.

Устройство сбора и отвода осадка должно позволить достаточно полное удаление свежевыпавшего нефтешлама со дна отстойника БГКО шириной по оси (в радиусе) $\approx 1,5-2$ м. Удаление осадка без прекращения действия БГКО возможно по дренажным дырчатым трубам, уложенным на расстоянии около 0,25 м от дна отстойника, по его продольной оси. Скорость движения в конце трубы следует принимать не менее 0,7 м/с, диаметр отверстий – не менее 20 мм, шаг отверстий не более 500 мм; отверстия располагаются с нижней стороны трубы [7, 8, 14-17].

Количество нефтешлама по объему, удаляемого гидравлическими системами, составляет 0,7-1,1 % от расхода НСВ при его влажности 9,5-33 %. Количество нефтешлама по сухому веществу, удаляемого с помощью гидравлических систем, увеличивается по сравнению с другими существующими способами в 2-3,5 раза [17]. Плотность нефтешлама в зависимости от содержания нефтепродуктов, механических примесей и влажности для условий нефтепромыслов колеблется в пределах 1100-1580 кг/м³; плотность механических примесей – 1560-2050 кг/м³. Содержание нефтепродуктов и механических примесей в дисперсной фазе (без учета воды и солей) – соответственно 15-81 % и 9-35 %. Реологические параметры нефтешлама зависят от влажности, содержания механических примесей и нефтепродуктов. Однако последние четкой коррекции не обнаруживают. В таблице реологические параметры представлены в зависимости от влажности нефтешлама при температуре 20 °C [17] и могут быть рекомендованы для применения при инженерных расчетах гидравлических систем удаления нефтешлама из БГКО.

Таблица

Реологические параметры нефтешлама

Влажность, %	Предел текучести, Н/м ²	Условный динамический предел текучести, Н/м ²	Наименьшая пластическая вязкость, Н·с/м ²
55	13,1-17,4	51,1-82,5	2,7-3,8
65	7,8-11,3	31,4-52,2	1,3-1,9
75	3,6-6,2	16,1-24,3	0,5-0,7
85	1,3-2,9	5,5-9,6	0,04-0,15
90	-	1,7-4,9	0,007-0,016
92,2	-	0,4-1,3	0,003-0,005

Всплывшие нефтепродукты накапливаются в верхней зоне (под сводом) отстойника и нефтеуборниках отстойника БГКО. Высоту слоя накопления уловленной нефти следует принимать $\approx 0,20\text{--}0,30$ м от верхней точки свода отстойника БГКО. При этом межфазную (нефть-вода) границу следует поддержать на таком уровне, чтобы происходило постоянное гидродинамическое разрушение промежуточного слоя выходящими из распределителей струями НСВ. Это способствует поддержанию «чистой» подвижной межфазной границы, а следовательно, интенсификации перехода всплывающих капель нефти в слой накопленной нефти.

Периодичность и продолжительность удаления уловленной нефти, толщина слоя ее (уровень межфазной границы) устанавливаются при пуско-наладочных работах и уточняются в процессе эксплуатации БГКО. Обводненность уловленной нефти составляет до 10 % [2].

Для сбора и удаления очищенной воды буферную секцию БГКО следует снабдить сборным трубчатым коллектором и отбойником, обеспечивающими равномерный сбор очищенной воды по живому сечению буферной секции, гашению придонных потоков, фиксацию в буферной секции объемов дополнительного отстаивания и накопления осадка.

В нижней части буферной секции отстойника БГКО следует предусмотреть комбинированную гидравлическую трубчатую систему смыва и трубчатую систему сбора и удаления осадка, аналогичные по конструкции выше описанным для рабочей секции, обеспечивающие наиболее полное и быстрое удаление осадка.

При конструировании БГКО одним из основных требований также является равномерное распределение исходной НСВ по гидроциклонам и равномерный сбор воды из камер нижнего и верхнего сливов гидроцикла. При этом в зависимости от количества гидроциклонов удовлетворительные равномерность распределения и сбора НСВ могут быть достигнуты напорными камерами или напорными трубчатыми кольцами на входе гидроциклонов и на выходе камер их сливов.

Устройства для подачи, распределения, сбора НСВ, удаления очищенной воды, уловленной нефти и нефтешлама изготавливаются из стальных труб, диаметры которых определяются в зависимости от производительности установки БГКО. Для расчета трубопроводов, отводящих целевые продукты эмульсии, можно пользоваться методикой, достаточно полно изложенной в литературе [18].

Список литературы

1. Тронов В.П., Тронов А.В. Очистка вод различных типов для использования в системе ППД. – Казань: Фэн, 2001. – 560 с.
2. Адельшин А.Б. Интенсификация процессов гидродинамической очистки нефтесодержащих сточных вод. Дис...в виде научного доклада на соискание ученой степени докт. техн. наук. – СПб., 1998. – 73 с.
3. Адельшин А.А. Моделирование процессов и разработка установок очистки нефтесодержащих сточных вод на основе использования закрученных потоков. Дис... канд. наук. – Пенза, 2009. – 181 с.
4. Адельшин А.А., Адельшин А.Б., Урмитова Н.С. Гидродинамическая очистка нефтепромысловых сточных вод на основе применения закрученных потоков. Монография. – Казань: КГАСУ, 2011. – 246 с.
5. Адельшин А.А., Адельшин А.Б., Урмитова Н.С., Береговая В.А. Основные положения конструирования, проектирования и расчета блочных установок очистки нефтепромысловых сточных вод с использованием закрученных потоков. Часть 1. Основные исходные данные об аппарате очистки, о качественных и количественных параметрах нефтепромысловых сточных вод и требования к качеству очистки их. – Казань // Известия КГАСУ, 2013, № 1 (23). – С. 159-167.
6. Бусарев А.В. Интенсификация очистки нефтесодержащих сточных вод с применением гидроциклонов с противодавлением на сливах // дис. канд. техн. наук. – СПб., 1997. – 229 с.

7. Канализация населенных и промышленных предприятий. / Справочник проектировщика. – М.: Стройиздат, 1981. – 640 с.
8. Водоснабжение населенных и промышленных предприятий /Справочник проектировщика. – М.: Стройиздат, 1977. – 288 с.
9. Егоров В.И. Гидравлика напорных трубчатых систем в водопроводных очистных сооружениях. – М.: Стройиздат, 1984. – 95 с.
10. Курганов А.М., Федоров Н.Ф. Гидравлические расчеты систем водоснабжения и водоотведения. Справочник. – Л.: Стройиздат, 1986. – 440 с.
11. СП 31.13330.2010, СНиП 2.04.02-84*. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. – М., 1985. – 134 с.
12. Адельшин А.Б., Урмитова Н.С. Использование гидродинамических насадок с крупнозернистой загрузкой для интенсификации очистки нефтесодержащих сточных вод. Монография. – Казань: КазГАСА, 1997. – 249 с.
13. Альтшуль А.Д. Гидравлические сопротивления. – М.: Изд-во Недра, 1982. – 224 с.
14. Кузьмин Ю.М. Сетчатые установки в водоочистных сооружениях. – Л.: Стройиздат, 1960. – 131 с.
15. Лысов В.А., Кургаев Е.Ф. Новая гидравлическая напорная система для удаления осадка из горизонтальных водопроводных отстойников. Проектирование водоснабжения и канализации. Реферативный сборник. Вып, 6 (87). – М, 1973. – С. 14-31.
16. Барышников Т.И., Сперанский В.С. Расчет дырчатого сборника осадка. Водопроводные сети и сооружения. Межвуз. сб. трудов. – Л.: ЛИСИ, 1979. – С. 120-127.
17. Кадыров Р.М., Адельшин А.Б. Исследование количественных и качественных характеристик нефтешламов установок подготовки нефти и воды и их обезвоживания. – М.: ЦИНТИХимнефтемаш. Экспресс-информация. Серия ХМ-3. Нефтепромысловое машиностроение. 1984. – 12 с.
18. Лутошкин Г.С. Сбор и подготовка нефти, газа и воды. – М.: Недра, 1979. – 319 с.

Adelshin A.A. – candidate of technical sciences, associate professor

Adelshin A.B. – doctor of technical sciences, professor

E-mail: a566pm@rambler.ru

Urmitova N.S. – candidate of technical sciences, associate professor

Kazan State University of Architecture and Engineering

The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Basic provisions of designing, design and calculation of block installations of purification of oil-field sewage with use of the twirled streams.

Part 2. Basic data, requirements and recommended parameters for development of the block of cleaning

Resume

On the basis of researches as a part of BGKO the hydrocyclone with the following design data is accepted: D = 75 mm, diameter of an entrance branch pipe $d_{en.}$ = 15 mm, diameter top drain $d_{t.dr.}$ = 20 mm, bottom drain $d_{b.dr.}$ = 26 mm, conicity corner $\alpha = 5^\circ$, depth of immersion top drain h_d = 48 mm, height of cylindrical part of a hydrocyclone H_c = 15 mm.

Experiments found optimum ratios of lengths (L) and diameters (D) of drain cameras ($L/D = 20-30$), and as values of parameter of a rotating of streams for top ($\theta_t = 20-23$) and bottom ($\theta_b = 16-18,5$) drain cameras.

Pressure maintenance on an entrance to a hydrocyclone within 4-5 kgs/cm², and counter-pressure at the exits (ends) of cameras top and bottom drain ≈ 2 kgs/cm² is recommended. In both cameras movement of liquid should be supported in automodel area ($Re > 10000$).

Normal work of the BGKO installation requires timely and rather full removal of oil slime from it from a settler bottom.

Height of a layer of accumulation of the caught oil in the top zone of a settler it is necessary to accept $\approx 0,2\text{--}0,3$ m from the top point of the arch of a settler of BGKO.

Keywords: oil-field sewage, hydrocyclone, chamber drains, swirling streams, setting tank, the inverting contact weight, coalescence, water purification, hydrodynamic processing, the filter.

References

1. Tronov V.P., Tronov A.V. The different waters purification for using in PPD systems. – Kazan: FAN, 2001. – 560 p.
2. Adelshin A.B. The intensification of processes of oilfield wastewater hydrodynamic purification / Doctor of technical sciences dissertation. – SPb., 1998. – 73 p.
3. Adelshin A.A. Modeling of processes and working out of installations of oilfield wastewater purification on the basis of swirling streams usage: Cand. tech. sci. dissertation. – Penza, 2009. – 181 p.
4. Adelshin A.A., Adelshin A.B., Urmitova N.S. Hydrodynamic purification of oilfield wastewater on the basis of swirling flows usage. Monography. – Kazan: KSUAE, 2011. – 245 p.
5. Adelshin A.A., Adelshin A.B., Urmitova N.S., Beregovaya V.A. Basic provisions of designing, design and calculation of block installations of purification of oil-field sewage with use of the twirled streams. Part 1. Basic data on the cleaning device, on qualitative and quantitative parameters of oil-field sewage and requirements to quality of their cleaning. – Kazan: KSUAE, 2013, № 1 (23). – P. 159-167.
6. Busarev A.V. Intensification of purification of petrocontaining sewage with application of hydroclones with counter-pressure on chamber drains: Cand. tech. sci. dissertation. – Kazan, 1997. – 229 p.
7. The sewerage occupied and industrial enterprises / Directory of the designer. – M.: Stroyizdat, 1981. – 640 p.
8. Water supply occupied and industrial enterprises / Directory of the designer. – M.: Stroyizdat, 1977. – 288 p.
9. Egorov V. I. Hydraulics of pressure head tubular systems in water treatment facilities. – M.: Stroyizdat, 1984. – 95 p.
10. Kurganov A.M., Fedorov N.F. Hydraulic calculations of systems of water supply and water disposal. Directory. – L.: Stroyizdat, 1986. – 440 p.
11. SP 31.13330.2010, SNiP 2.04.02-84*. Water supply. External networks and constructions. – M., 1985. – 134 p.
12. Adelshin A.B., Urmitova N.S. Use of a coarse-grained hydrodynamic nozzle boot for the intensification of oily waste-water cleaning. Monography. – Kazan, KSUAE, 1997. – 249 p.
13. Altshul' A.D. Hydraulic resistance. – M.: Publishing house Nedra, 1982. – 224 p.
14. Kuzmin Y.M. Mesh installations in water treatment constructions. – L.: Stroyizdat, 1960. – 131 p.
15. Lysov V.A., Kurgayev E.F. New hydraulic pressure head system for removal of a deposit from horizontal water settlers. Water supply and sewerage design. Abstract collection, Release 6 (87). – M., 1973. – P. 14-31.
16. Barishnikov T.I., Speransky V.S. Calculation of the perforated collection of a deposit. Water supply systems and constructions. Interuniversity collection of works. – L.: LISI, 1979. – P. 120-127.
17. Kadyrov R.M., Adelshin A.B. Research of quantitative and qualitative characteristics of oil slimes of installations of preparation of oil and water and their dehydration. – Moscow: TSINTikhneftegemash. Express information. HM-3 series. Oil-field mechanical engineering. 1984. – 12 p.
18. Lutoshkin G.S. Collecting and processing of oil, gas and water. – M.: Nedra, 1979. – 319 p.



УДК 691.327.33: 666.972.162

Бедарев А.А. – аспирант

E-mail: bedarev@ogent.net

Воронежский государственный архитектурно-строительный университет

Адрес организации: 394006, Россия, г. Воронеж, ул. 20-летия Октября, д. 84

Влияние пластифицирующих добавок на температурные и вязко-пластичные свойства силикатной смеси для производства газосиликата

Аннотация

Целью работы являлось исследование возможностей применения пластифицирующих добавок в задаче снижения В/Т-отношения силикатной смеси при производстве изделий из автоклавного ячеистого бетона (газосиликата).

Исследования проводились путем изучения влияния добавок-пластификаторов на гидратацию извести в составе системы «CaO – H₂O – пластифицирующая добавка», а также на комплекс параметров реальной силикатной смеси: диаметр расплыва по вискозиметру Суттарда и температуру смеси в момент ее заливки в форму.

Выявлены особенности применения пластифицирующих добавок в модельных и реальных системах. Определены их эффективные дозировки, изучены возможности совместного введения с другими химическими добавками. На основе экспериментальных данных сделаны выводы о возможности снижения В/Т-отношения и проведения компенсационных мероприятий на основе применения пластифицирующих добавок.

Ключевые слова: силикатная смесь, ячеистый бетон, реологические характеристики, пластификатор, компенсация отклонений, В/Т-отношение, температура силикатной смеси.

В задаче повышения качества ячеистого бетона одним из основных направлений дальнейшего совершенствования структуры является максимальное снижение плотности стеновых конструкций при заданных показателях их качества.

В настоящее время заводы-изготовители выпускают газосиликатные изделия марки по плотности D400...D600. Изготовление изделий с плотностью менее 300 кг/м³ сопряжено с рядом трудностей, связанных с особенностями формирования ячеистой структуры [1-5]. Поэтому снижение плотности ячеистых материалов должно сопровождаться комплексом мероприятий по упрочнению структуры их межпоровых перегородок.

Анализ литературных источников [3, 6] показал, что упрочнение структуры межпорового вещества возможно за счет снижения В/Т-отношения. В технологии изготовления ячеистого бетона автоклавного твердения для формирования массива-сырца воды берется больше, чем требуется для гидратации извести и формирования первичных новообразований. Несвязанная вода затем испаряется, создавая в структуре межпоровых перегородок капиллярную пористость и снижая ее прочностные свойства. Таким образом, в рассматриваемой задаче целесообразно снижение В/Т-отношения до минимально возможного уровня.

Однако процессы, протекающие при формировании ячеистой пористости, взаимосвязаны, и изменение даже одного из параметров способствует их смещению в неоптимальную с точки зрения качества готовой продукции область. Автором экспериментально установлено, что снижение В/Т-отношения ниже 0,5 приводит к значительным отклонениям реологического и температурного параметров смеси от их оптимальных значений.

Вода в силикатной смеси, помимо обеспечения гидратации извести и формирования первичной структуры новообразований, играет стабилизирующую и транспортную функции. Стабилизирующая заключается в снижении температуры силикатной смеси за счет большой теплоемкости воды, а транспортная – в непрерывном отводе продуктов реакции и подводе реагентов в реакционную зону. Именно эти процессы обеспечивают создание благоприятных условий для формирования ячеистой пористости с последующим закреплением ее состояния при схватывании.

Очевидно, что снижение В/Т-отношения должно сопровождаться комплексом мероприятий, направленных на компенсацию указанных отклонений. Разогрев смеси за счет снижения ее теплоемкости представляется возможным компенсировать воздействием на скорость гидратации извести путем введения добавок-замедлителей. Для компенсации роста вязко-пластичных свойств смеси целесообразно применение пластифицирующих добавок [7].

Применение пластифицирующих добавок в производстве газосиликатных изделий сопряжено с рядом особенностей. Многие исследователи [7, 8] указывают, что, помимо разжижающего, эти добавки способны оказывать замедляющий эффект на гидратацию вяжущих. В связи с чем возникла необходимость в проведении исследований по изучению комплексного влияния пластифицирующих добавок.

Исследования проводились в 2 этапа. На первом этапе изучалось влияние пластифицирующих добавок на гидратацию извести в модельной системе «CaO – H₂O – пластифицирующая добавка». Поскольку гидратация извести является экзотермической реакцией, увеличение времени достижения максимальной температуры связано с увеличением срока гидратации и однозначно им определяется. В связи с этим замедляющий эффект добавки оценивался по изменению характера тепловыделения системы.

На втором этапе рассматривались реальные системы на основе силикатных смесей, модифицированных пластифицирующими добавками. Влияние добавки оценивалось по изменению диаметра расплыва смеси по вискозиметру Суттарда и температуры смеси в момент ее заливки в форму. В качестве разжижающих добавок использовались отечественный суперпластификатор С-3 и гиперпластификаторы Glenium ACE 30 и ГПМ-Ж, отличающиеся составом, ценой и эффективностью.

Суперпластификатор С-3, разработанный еще в 60-х годах XX века, до настоящего времени широко используется в технологии бетонов ввиду оптимального соотношения эффективности и невысокой стоимости (от 35 рублей за 1 кг). Сухой порошок С-3 представляет собой смесь полиметиленафтилинсульфонатов натрия (олигомеров с длиной цепочкой от 1 до 25) в количестве 80-85 % и сульфата натрия в количестве 7-10 %, с влагосодержанием до 10 %.

Гиперпластификаторы являются пластифицирующими добавками следующего поколения и по эффективности значительно превосходят суперпластификаторы. Фирмы-производители не раскрывают полный состав своей продукции из коммерческих соображений. Из имеющихся данных можно заключить, что основу использованной в исследованиях добавки Glenium ACE 30 составляет смесь поликарбоксилатных эфиров. Производитель (компания BASF – The Chemical Company) отмечает, что молекулярная структура добавки обеспечивает большую поверхность для гидратации цементных частиц, способствуя при этом быстрой адсорбции молекул с цементными частицами с эффектом диспергирования (электростатической стабилизации). На российском рынке цена на добавку варьируется от 130 рублей за 1 литр.

Хорошо зарекомендовавшая себя на отечественном рынке добавка-гиперпластификатор ГПМ является добавкой комплексного действия. В исследованиях использовалась добавка ГПМ-Ж производства компании Ликург (г. Екатеринбург), представляющая собой водный 30 %-ный раствор гиперпластификатора ГПМ. Стоимость добавки – от 55 рублей за 1 литр.

1. Исследования влияния пластифицирующих добавок на гидратацию извести в составе системы «CaO – H₂O – пластифицирующая добавка»

Опыты проводили по модифицированной методике определения времени и температуры гашения извести в соответствии с ГОСТ 22688-77 «Известь строительная. Методы испытаний». Массу навески извести в граммах определяли по формуле:

$$G=1000/A, \quad (1)$$

где А – активность извести, %.

В исследованиях использовалась известь с активностью 85,8 %, в связи с чем масса навески во всех опытах составляла 11,655 г. Предварительно известь размалывали в шаровой мельнице до удельной поверхности 560 м²/кг.

Дозировка воды в соответствии с ГОСТ 22688-77 составляла 25 мл. Ее температура поддерживалась постоянной при помощи лабораторного термостата и составляла для всех экспериментов 20 °C.

Дозирование химических добавок осуществлялось в пересчете на проценты от массы извести и производилось на аналитических весах с погрешностью измерения ±0,002 г. Навеска добавки затворялась в 25 мл воды, затем раствор в герметичной таре выдерживался в термостате до испытаний.

Эффективность добавки по отношению к чистой системе оценивалась по коэффициенту замедления K_3 , принимаемому равным отношению времени гидратации извести с химической добавкой к времени гидратации чистой системы.

На рис. 1 представлены кривые тепловыделения извести при ее гидратации в смеси с раствором пластифицирующих добавок при их различных дозировках и зависимость от них коэффициента замедления.

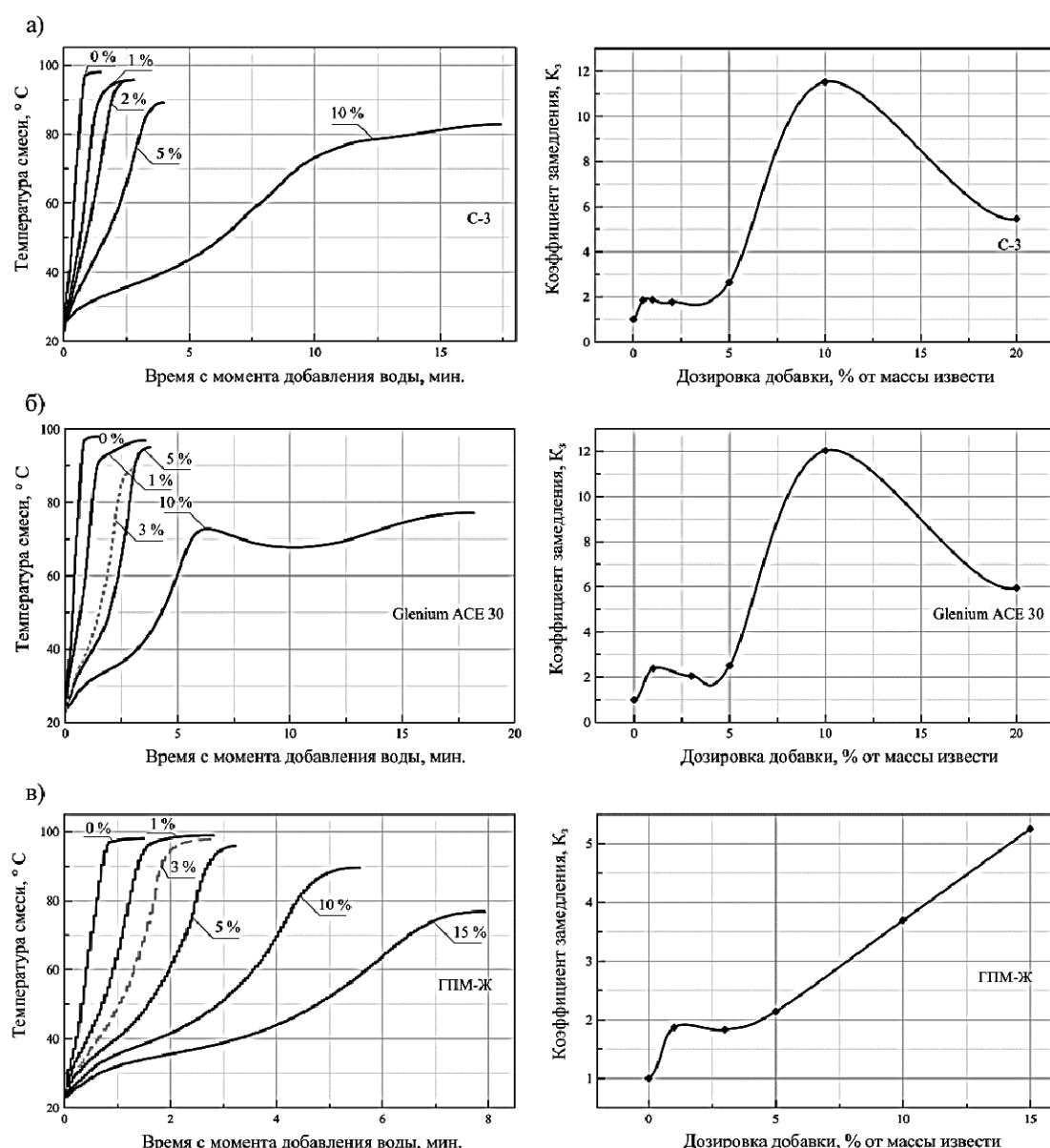


Рис. 1. Кинетика тепловыделения и коэффициент замедления извести с добавкой пластификатора:
а) С-3; б) Glenium ACE 30; в) ГПМ-Ж

В отличие от традиционного метода по ГОСТ 22688-77, за время гидратации извести принималось время достижения смесью максимального значения температуры.

График кинетической кривой снимался при помощи погружной термопары и разработанной системы сбора данных на основе терморегулятора TPM 138 фирмы Овен, ЭВМ и управляющей программы Thermo Watch Duo [9].

Было установлено, что пластифицирующие добавки оказывают заметное замедляющее действие на скорость гидратации извести лишь при значительных их дозировках. Так, при введении 5 % от массы извести суперпластификатора С-3 наблюдается замедление гидратации в 2 и более раз, а при введении 10 % – уже в 11,5 раз (рис. 1). Для гиперпластификаторов Glenium ACE 30 и ГПМ-Ж замедление гидратации составляет 2,5 и 2,1 раз соответственно при 5 %-ной дозировке, и 12 и 3,7 раз соответственно – при 10 %-ной дозировке (рис. 1). Таким образом, максимально возможной дозировкой пластифицирующих добавок в качестве замедлителей гидратации следует считать дозировку в 10 % от массы извести для С-3 и Glenium ACE 30, что нецелесообразно как с точки зрения технологии, так и с точки зрения экономики. Поскольку для гиперпластификатора ГПМ-Ж эффективность замедления гидратации продолжает возрастать при увеличении дозировки, границу применения этого пластификатора следует назначать исходя из его разжигающей способности и величины снижения температуры гидратации извести, а также исходя из экономической целесообразности его применения.

Рассмотренное поведение системы «CaO – H₂O – пластифицирующая добавка» может отличаться от поведения реальных систем (газосиликатной смеси). С целью изучения этого вопроса были поставлены дополнительные исследования, представленные в следующем подразделе.

2. Оценка влияния пластифицирующих добавок на температурные и вязко-пластичные свойства силикатной смеси

С целью установления возможности применения пластифицирующих добавок как компенсационных мер при снижении В/Т-отношения проведены экспериментальные исследования влияния на температурные и вязко-пластичные свойства силикатной смеси.

Дозировки сырьевых компонентов представлены в таблице.

Таблица

Дозировки сырьевых компонентов на 300 г сухой смеси

Известь, г	Песок, г	Цемент, г
70,7	184,3	45,0

В/Т-отношение варьировали от 0,8 до 0,3. Температуру воды затворения во всех опытах поддерживали равной +20 °С. Перемешивание осуществлялось в теплоизолированном смесителе. В качестве реологической характеристики рассматривалась текучесть смеси, которую определяли по расплыву Суттарда. Температура смеси в момент заливки определялась системой сбора данных при помощи погружной термопары. Добавка вводилась вместе с водой затворения; раствор до перемешивания находился в термостате.

Эффективность пластифицирующей добавки оценивали по коэффициенту разжижения:

$$K_p = \frac{D_p^{\delta.d.} - D_p^{\delta.d.}}{D_p^{\delta.d.}}, \quad (2)$$

где $D_p^{\delta.d.}$ – диаметр расплыва смеси без добавки при фиксированном значении В/Т-отношения; $D_p^{\delta.d.}$ – диаметр расплыва смеси с добавкой при том же фиксированном значении В/Т-отношения.

Результаты эксперимента представлены на рис. 2.

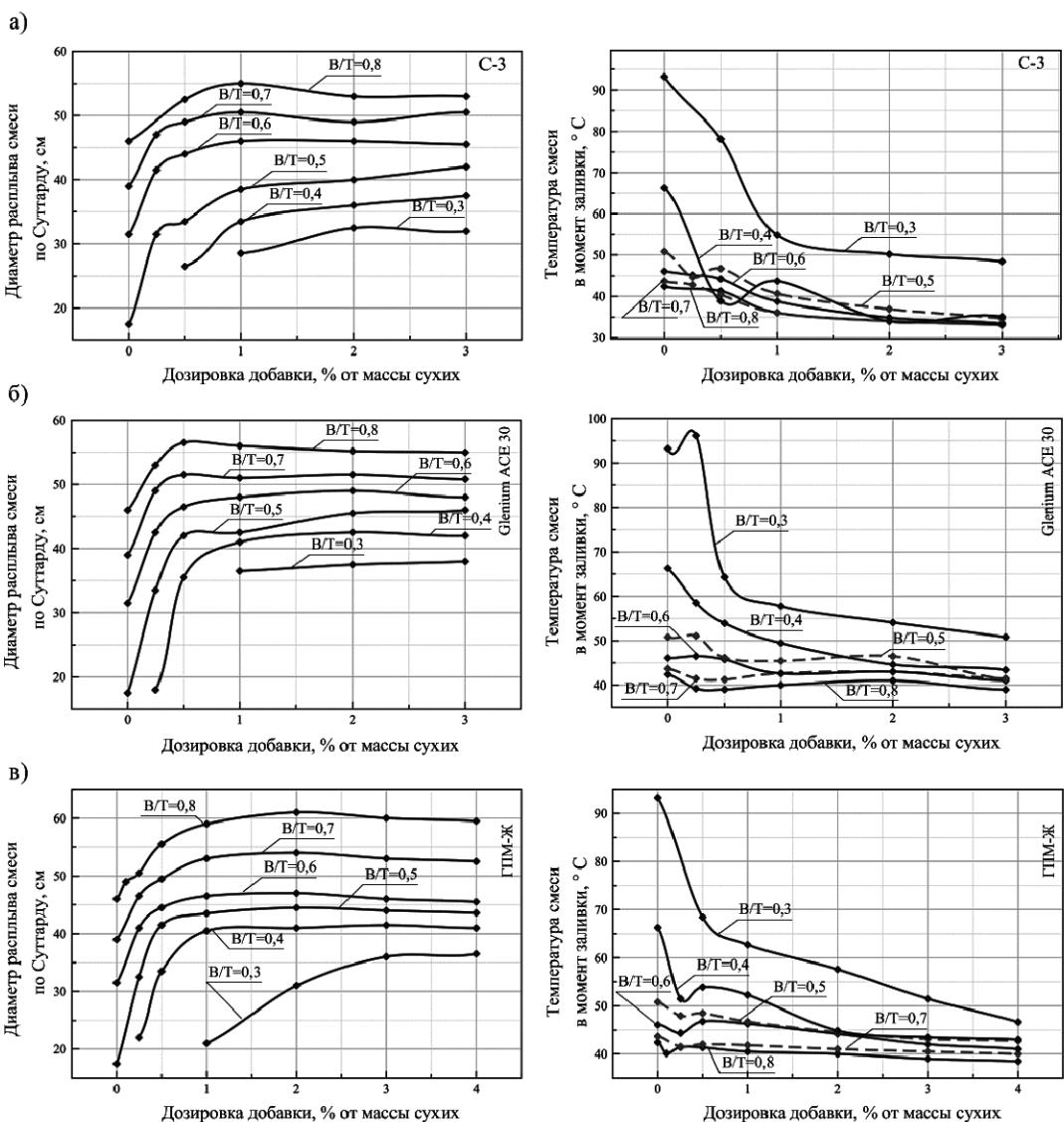


Рис. 2. Влияние на диаметр расплыва смеси по Суттарду и температуру смеси в момент заливки пластифицирующей добавки: а) С-3; б) Glenium ACE 30; в) ГПМ-Ж

Характер изменения коэффициента разжижения K_p для всех указанных добавок одинаков (рис. 3). Однако при низких значениях B/T-отношения введение добавок Glenium ACE 30 и ГПМ-Ж эффективнее по сравнению с суперпластификатором С-3.

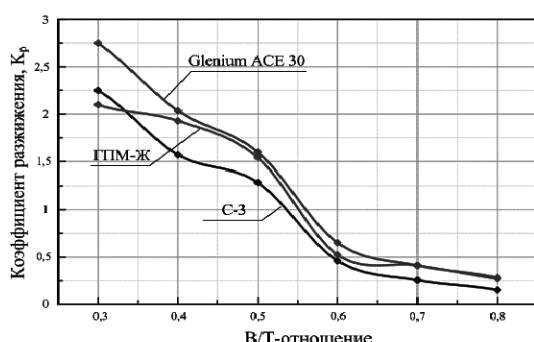


Рис. 3. Зависимость коэффициента разжижения от B/T-отношения

Исследования показали, что наиболее эффективными дозировками добавок с точки зрения разжижения смеси являются дозировки 1...3 % от массы сухих компонентов. При этом снижение В/Т-отношения до значения 0,3 способствует значительному возрастанию температуры смеси в момент заливки. Эффекта замедления гидратации при этом уже недостаточно, чтобы скомпенсировать температурные отклонения силикатной смеси. Таким образом, эффективной границей снижения В/Т-отношения с компенсацией реологических и температурных отклонений за счет введения только добавок-пластификаторов без дополнительных замедлителей гидратации следует считать В/Т=0,4. Применение смесей с В/Т-отношением ниже указанного значения возможно только при введении дополнительных замедлителей гидратации.

Сравнение поведения систем с пониженным В/Т-отношением, модифицированных пластификатором, с добавкой гипса и без него показало неэффективность совместного применения этих добавок. Дополнительное введение гипса практически не сказывается на разжижающей способности пластификаторов, однако отрицательно сказывается на температурных показателях системы, особенно при дозировках пластификаторов 2-3 %.

Температура смеси с добавкой гипса в количестве 1-2 % от массы сухих компонентов возрастает, что указывает на ускорение гидратации извести. Очевидно, в таких системах часть пластификатора адсорбируется поверхностью гипса, при этом доля реакционноспособного гипса и способной к адсорбции пластифицирующей добавки снижается.

Проверка возможности совместного введения С-3 в количестве 1 % от массы сухих компонентов как эффективного замедлителя гидратации и гиперпластификаторов как эффективных разжижителей в количестве до 0,5 % от массы сухих компонентов показала их несовместимость. Снижение температуры смеси в момент заливки сопровождается снижением разжижающей способности добавок.

Выводы. Таким образом, возможности компенсации температурных и реологических отклонений при снижении В/Т-отношения должны определяться только свойствами добавки-пластификатора. Применение дополнительных способов управления температурой силикатной смеси в указанных условиях нецелесообразно. Поскольку эффективность указанных добавок по отношению к силикатной смеси практически одинакова (рис. 3), экономически целесообразно применение более дешевого суперпластификатора С-3.

Список литературы

1. Федин А.А. Научно-технические основы производства и применения силикатного ячеистого бетона. – М.: Издательство ГАСИС, 2002. – 264 с.
2. Горяйнов К.Э., Горяйнова С.К. Технология теплоизоляционных материалов и изделий. – М.: Стройиздат, 1982. – 376 с.
3. Горлов Ю.П., Меркин А.П., Устенко А.А. Технология теплоизоляционных материалов. – М.: Стройиздат, 1980. – 399 с.
4. Кривицкий М.Я., Левин Н.И., Макаричев В.В. Ячеистые бетоны (технология, свойства и конструкции). – М.: Издательство литературы по строительству, 1972. – 137 с.
5. Чернов А.Н. Ячеистый бетон переменной плотности. – М.: Издательство литературы по строительству, 1972. – 128 с.
6. Баранов И.М. Прочность неавтоклавного пенобетона и возможные пути её повышения. // Строительные материалы, 2008, январь. – С. 26-30.
7. Батраков В.Г. Модифицированные бетоны. Теория и практика. – М.: Технопроект, 1998. – 768 с.
8. Ратинов В.Б., Иванов Ф.М. Химия в строительстве. – М.: Стройиздат, 1977. – 220 с.
9. Бедарев А.А. «Thermo Watch Duo» // Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ № 2012613271 от 06.04.2012 г.

Bedarev A.A. – post-graduate student

E-mail: bedarev@ogent.net

Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering

The organization address: 394006, Russia, Voronezh, 20-years of October st., 84

The effect of plasticizers on the thermal and viscous-plastic properties of silicate mixture for gas silicate

Resume

To improve the quality of cellular concrete is necessary to reduce the density of wall structures and still maintain a given level of quality. By reducing the density the number of defects of the microstructure increases. To increase the strength of the microstructure can be applied reducing water-solid relationship.

However, the reduction of water-solid ratio silicate mixture leads to a mismatch of all processes. Rheology deviation from the optimal values is possible by plasticizers. There have been studies of plasticizers C-3, Glenium ACE 30 and GPM-G.

The studies were conducted by studying the effect of plasticizers on the hydration of the lime in the system «CaO – H₂O – plasticizer» as well as the complex parameters of a real silicate mixture: diameter spreading out of silicate mixture on the basis of Suttard viscosity and temperature of the mixture at the time of filling in the form.

The features of plasticizers in the model and real systems were discovered. Their effective dosages were defined. The co-administration with other chemical additives was explored. The conclusions about the possibility of reducing the «water-solid» ratio and about implementation of compensation measures on the basis of plasticizers were made based on experimental data.

Keywords: silicate mixture, cellular concrete, rheology features, plasticizer, compensation of the deviation, «water-solid» ratio, temperature of the silicate mixture.

References

1. Fedin A.A Scientific and technical basis for the production and use of silicate cellular concrete. – M.: Publishing GASIS, 2002. – 264 p.
2. Goryainov K.A., Goryainova S.K. Technology insulation materials and products. – M.: Stroiizdat, 1982. – 376 p.
3. Gorlov Yu.P., Merkin A.P., Ustenko A.A. Technology insulation materials. – M.: Stroiizdat, 1980. – 399 p.
4. Krivitsky M.Ya., Levin N.I., Makarichev V.V. Cellular concrete (technology, features and design). – M.: Publishing House of construction, 1972. – 137 p.
5. Chernov A.N. Aerated concrete variable density. – M.: Publishing House of construction, 1972. – 128 p.
6. Baranov I.M. The strength of non-autoclave foam and possible ways to improve it. // Building Materials, 2008, january. – P. 26-30.
7. Batrakov V.G. Modified concrete. Theory and practice. – M.: Technoprojekt, 1998. – 768 p.
8. Ratinov V.B., Ivanov F.M. Chemicals in construction. – M.: Stroiizdat, 1977. – 220 p.
9. Bedarev A.A. «Thermo Watch Duo» // The certificate of official registration of computer programs № 2012613271 from 06.04.2012.

УДК 691.421

Богданов А.Н. – инженер

E-mail: gold04@mail.ru

Абдрахманова Л.А. – доктор технических наук

E-mail: laa@kgasu.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

Гордеев А.С. – инженер

E-mail: drgor@mail.ru

Центральный научно-исследовательский институт геологии нерудных полезных ископаемых

Адрес организации: 420097, Россия, г. Казань, ул. Зинина, д. 4

Оценка эффективности карбонатсодержащей добавки в глинистое сырье для создания лицевой керамики

Аннотация

Сделан обзор возможности применения различных добавок в целях осветления керамики и получения лицевого кирпича светлых тонов объемного окрашивания. Обоснован выбор осветляющего компонента в красножгущуюся керамическую массу кальцийсодержащего отхода с содержанием CaO более 30 %. На основе анализа элементного и химического составов продуктов спекания рассмотрены условия получения черепка светлых тонов из красножгущегося глинистого сырья.

Ключевые слова: лицевой кирпич, карбонатсодержащий модификатор, структурообразование.

Производство лицевого кирпича светлых тонов пластическим способом наиболее эффективно из природно-окрашенных светложгущихся глин [1]. Глины, представленные каолинитом, гидрослюдой и смешаннослойными образованиями, с содержанием красящих оксидов 0,9 % Fe₂O₃ и в пределах 1 % TiO₂ признаны пригодными [2] для выпуска керамического кирпича светлых тонов. Но в связи с нехваткой светложгущегося глинистого сырья актуальной остается задача получения лицевого керамического кирпича светлых тонов с безупречным внешним видом и высокими техническими характеристиками ГОСТ 530-2007 «Кирпич и камни керамические» на основе модифицированных глинистых смесей. Начиная с 2003 года, идет активный поиск альтернативного сырья для получения лицевого кирпича объемного окрашивания. Для отбеливания керамической массы предлагается использовать вулканический туф [3] и его отходы с низким содержанием железа [4], отходы сахарного производства [5], являющиеся источниками высокодисперсного карбонатсодержащего сырья, шламы водоочистки ГРЭС и ГЭС [6], отходы химической водоочистки ТЭС [7], отходы очистки шахтных вод с содержанием CaO до 50 % [8], молотый гранулированный шлак с содержанием CaO 35-40 % [9], шламы химводоочистки с содержанием CaO до 95 % [10] и др. Традиционными подходами к осветлению кирпичных изделий являются введение в глиняные массы мела и каолина [11, 12], а также добавление полиминеральных светложгущихся глин [13].

Применение карбонатсодержащего сырья, кроме эффекта отбеливания изделий из керамической массы, может положительно повлиять на уменьшение усадки изделий из легкоплавких глин [14], применяемых для производства кирпичной продукции, на основе монтмориллонито-иллитовых групп глинистых минералов, отличительной особенностью которых является повышенная воздушная усадка, вследствие их способности присоединять большое количество воды и сравнительно легко отдавать ее при сушке.

В настоящее время [15] отмечено увеличение интереса со стороны строителей, дизайнеров и архитекторов к лицевому кирпичу повышенной прочности – фасадному клинкеру. Вследствие этого актуальной является задача получения светлого лицевого кирпича повышенных марок прочности из модифицированного достаточно распространенного красножгущегося легкоплавкого сырья. Однако карбонатсодержащие добавки приводят к существенному снижению прочностных показателей, особенно при

пластическом формировании, и, соответственно, к увеличению водопоглощения обожженного черепка, в сравнении с показателями для исходного глинистого сырья.

Светложущееся высококарбонатное глинистое сырье долгое время вообще не применялось для производства кирпичной продукции [16]. Хотя на основе бейделитовой глины Образцовского месторождения Самарской области [17] с 30 % золошлаковой добавки Тольяттинской ГЭС и с 10 % карбонатного шлама, содержащего 40 % CaO, после обжига был получен черепок более плотный, чем из немодифицированной глины, характеризующийся повышенной прочностью и низким водопоглощением, с образованием таких минералов, как муллит и анортит.

В работе [18], где в качестве осветляющего компонента использовался мергель, для упрочнения предлагается вводить тонкодисперсный компонент – волластонитовый концентрат с размером частиц менее 0,063 с содержанием волластонита не менее 8 мас. %.

В данной работе обосновывается выбор модификатора для керамических глиняных масс в виде продукта утилизации нефтемасел, минеральная часть которого представлена кварцем (16 %), кальцитом (12 %), портландитом Ca(OH)₂ (порядка 22–25 %), глинистыми минералами (до 20 %). В исследованиях реализуется идея, состоящая в том, что оптимальное соотношение оксида кальция CaO по отношению к содержанию красящего оксида Fe₂O₃ и к компонентам глины Al₂O₃ и SiO₂ должно создать условия для образования анортита – предпочтительного минерала с наиболее низким отношением CaO:SiO₂ из всех известных кальциевых соединений с кристаллической решеткой.

Образцы получены на основе глины Ключищенского месторождения, химический и минеральный составы которой представлены в табл. 1.

Таблица 1

Химический и минеральный составы глины

Химический состав сухого вещества, %									
Минеральный состав, содержание, % масс									
Монтмориллонит	Гидрослюда	Каолинит	Хлорит	Кварц	Полевой шпат	Доломит	Другие минералы	SO ₃	Сумма
36	2	2	1	55±7	3±1	1	-	4,86	100,16

Таблица 2

Свойства керамического черепка

Содержание модифицирующей добавки, %	Усадка, %			Плотность, кг/м ³	Водопоглощение, %	Прочность при сжатии, МПа
	воздушная	огневая	общая			
0	7,4	1,9	9,3	2150	13,2	17,5
10	6,2	1,9	8,1	2000	12,8	15,0
20	5,5	1,1	6,6	1950	18,3	8,0
30	4,7	0,9	5,6	1800	25,0	7,5

Глина относится к среднепластичным (число пластичности 15,31). Органоминеральная добавка вводилась в состав глиняной массы в количестве до 30 % в виде тонкомолотого порошка со степенью дисперсности 28900 см²/гр. Данные испытаний после обжига при температуре 1100 °С представлены в табл. 2.

Из представленных данных следует, что введение карбонатсодержащей добавки снижает усадку почти в 2 раза, однако не позволяет получать высокомарочный материал. Очевидно, что снижение плотности связано с образованием пористого черепка, обусловленного как наличием высокого содержания карбоната кальция, так и имеющейся в составе добавки 5-7 % органической составляющей, играющей роль выгорающей добавки (в пересчете на количество глиняной массы органического компонента содержится от 0,5 до 2,0 %).

Характер образующихся структур при обжиге был изучен на растровом электронном микроскопе РЭМ-100У, снабженном рентгеновским энергодисперсионным анализатором – ЭДАР, позволяющем проводить количественный элементный анализ.

Результаты расчета содержания элементов по данным энергодисперсионного анализа (энергодисперсионные спектры представлены на рис. 1 и 2) приведены в табл. 3.

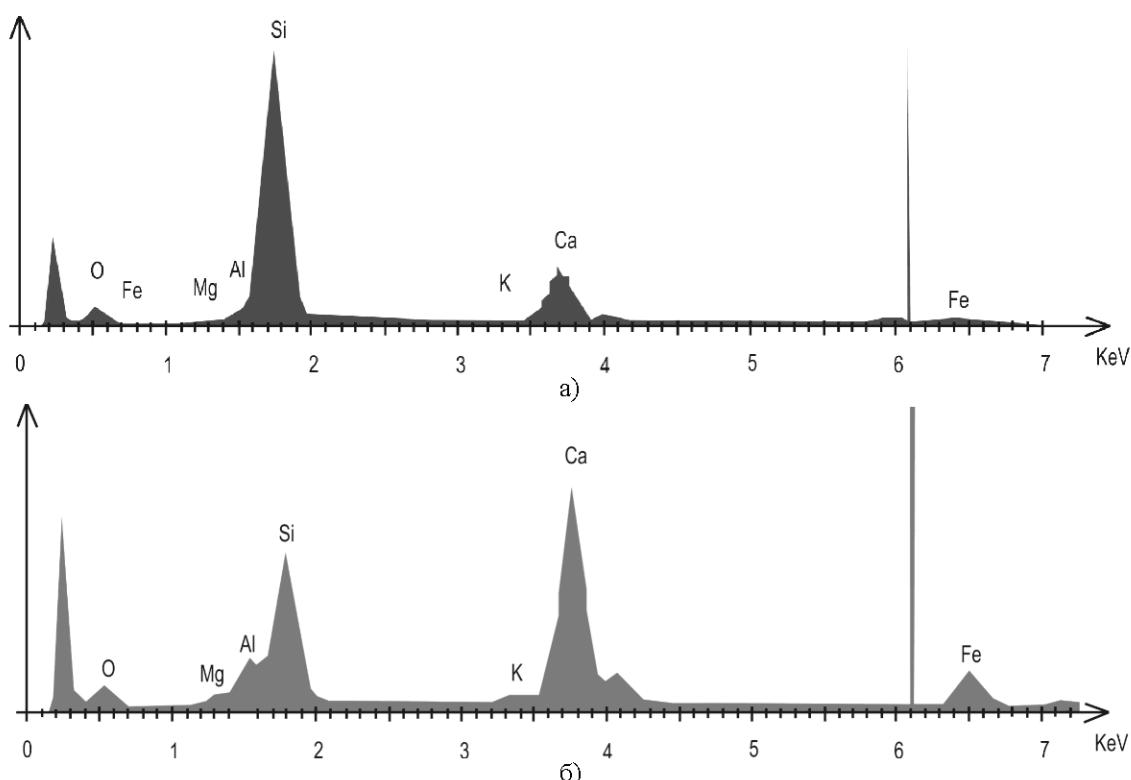


Рис. 1. Энергодисперсионные спектры для черепка из Ключищенской глины + 25 % добавки:
а) поверхность образца; б) скол в центре образца

Таблица 3

Результаты энергодисперсионного анализа керамического черепка

Содержание элементов, %	Черепок на основе Ключищенской глины		Черепок на основе Ключищенской глины + 25 % добавки	
	поверхность	скол по центру	поверхность	скол по центру
Ca	0,69	0,42	12,94	12,85
Fe	4,66	2,47	0,97	2,42
Si	26,27	33,77	18,21	14,01

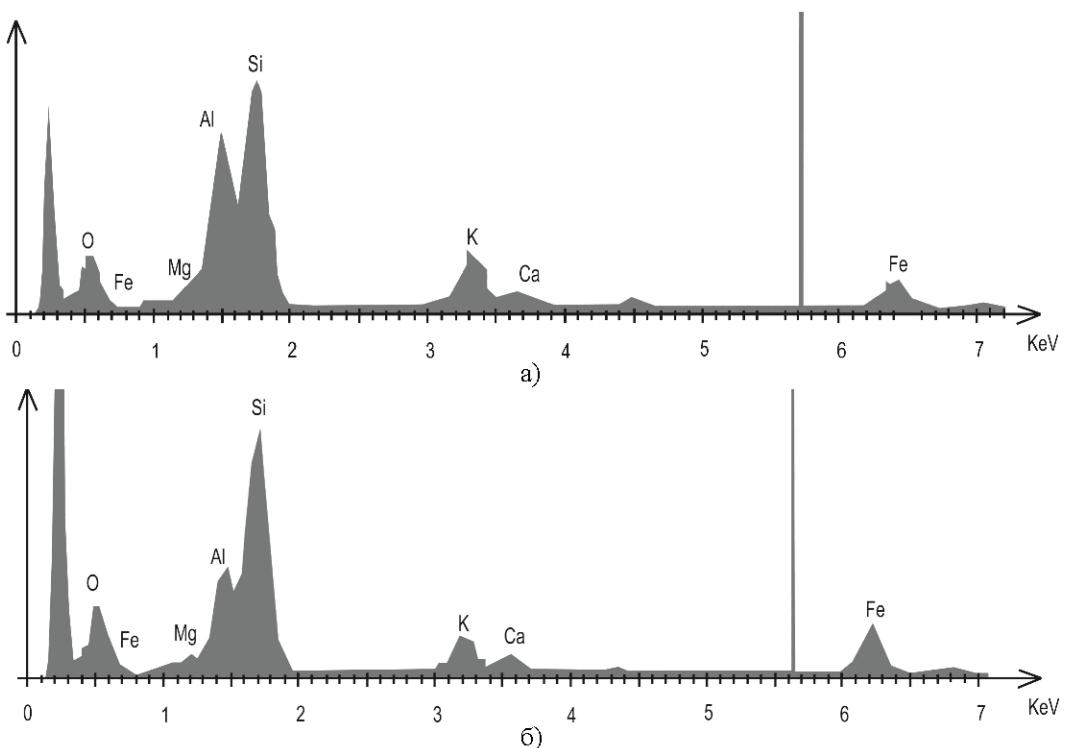


Рис. 2. Энергодисперсионные спектры для черепка из Ключищенской глины:
а) поверхность образца, б) скол в центре образца

Видно, что при обжиге немодифицированной глины, когда формируется черепок красного цвета, содержание элемента Fe на поверхности оказывается преобладающим. В образцах, полученных с добавлением карбонатсодержащей добавки, содержание Fe на поверхности минимально, что и обуславливает «соломенную» окраску черепка. Содержание элемента Ca в модифицированных образцах более, чем в 20 раз превышает содержание его в немодифицированных образцах.

В пересчете элементного состава на содержание оксидов CaO , SiO_2 и FeO следует, что соотношение $\text{CaO}:\text{SiO}_2$ во много раз меньше в черепке из немодифицированной глины, чем из карбонатсодержащей смеси, что и объясняет наблюдаемое снижение механической прочности при модификации (табл. 2). При этом отмечено, что поверхностные структуры более прочные, чем внутренние, как в модифицированных, так и чистых образцах. Этот факт объясняется частичной поризацией внутренних областей (заметное снижение плотности образцов) вследствие выгорания органической составляющей.

В связи с вышеизложенным, необходимо подобрать эффективные минерализаторы и интенсификаторы для обеспечения спекания керамической массы, содержащей карбонатные модификаторы от 15 % и более с получением марки лицевой кирпичной продукции не ниже М150. В целях объемного осветления масс без существенного снижения прочностных показателей и, соответственно, водопоглощения обожженного черепка, в сравнении с показателями исходного глинистого сырья необходимо обеспечить твердофазное спекание и спекание через жидкую фазу вводимых в глину карбонатсодержащих добавок.

Список литературы

1. Андриянов Н.Т., Балкевич В.Л., Беляков А.В., Власов А.С., Гузман И.Я., Лукин Е.С., Мосин Ю.М., Скидан Б.С. Химическая технология керамики: Учебное пособие для вузов / под ред. И.Я. Гузмана. – М.: ООО РИФ «СТРОЙМАТЕРИАЛЫ», 2012. – 496 с.
2. Резник В.И. Возможности получения кирпича облицовочного и клинкерного светлых тонов на базе глин ПГ «Кислотоупор» // Строительные материалы, 2011, № 4. – С. 54-55.

3. Осветление красножгущихся глин в производстве керамических материалов / Нестеров А.И. // Стекло и керамика, 2009, № 7. – С. 20-21.
4. Манукян Р.В., Давыдова Н.С. Использование отходов в производстве керамики // Стекло и керамика, 1996, № 8. – С. 27-28.
5. Кашиев И.С., Шейнман Е.Ш. Производство глиняного кирпича. – М.: Высшая школа, 1970. – 288 с.
6. Лихота О.В. Диссертация на соискание ученой степени кандидата наук по теме: «Технология и свойства объемно-окрашенной строительной декоративной керамики на основе железосодержащих глин и техногенных материалов». – Новочеркасск, 2003. – 124 с.
7. Яценко Н.Д., Вильбицкая Н.А., Голованова С.П., Зубехин А.П., Ратькова В.П. Интенсификация спекания кальцийсодержащих керамических масс // Стекло и керамика, 2000, № 9 – С. 32-34.
8. Яценко Н.Д., Зубехин А.П., Голованова С.П., Ратькова В.П., Вильбицкая Н.А. Эффективная технология фаянсовых изделий при использовании кальцийсодержащих отходов // Стекло и керамика, 1999, № 9. – С. 8-10.
9. Шлегель И.Ф., Шаевич Г.Я., Андрианов А.В., Руковицын А.В., Кукушкин В.А., Молодкина Л.Н. Опыт реконструкции завода для выпуска объемно-окрашенного кирпича // Строительные материалы, 2012, № 5. – С. 44-45.
10. Яценко Н.Д., Ратькова В.П. Закономерности окрашивания керамики на основе легкоплавких глин // Стекло и керамика, 2006, № 1. – С. 20-21.
11. Гуров Н.Г. Подготовка керамической массы на основе закарбоначенного лессовидного суглинка // Строительные материалы, 2010, № 7. – С. 42-45.
12. Пицц И.В., Масленникова Г.Н., Гвоздева Н.А., Климош Ю.А., Барановская Е.И. Методы окрашивания керамического кирпича // Стекло и керамика. – 2007, № 8, С. 15-18.
13. Филатова Е.В. Диссертация на соискание ученой степени кандидата наук по теме: «Лицевой декоративный керамический кирпич на основе легкоплавких красножгущихся глин» – Новочеркасск, 2004. – 149 с.
14. Яценко Н.Д., Зубехин А.П., Ратькова В.П. Малоусадочные керамические плитки // Стекло и керамика, 1998, № 8 – С. 30-32.
15. Габидуллин М.Г., Миндубаева А.А., Лыгина Т.З., Исламов Г.Г., Вассерман Д.В. Лабораторно-технологическая апробация возможности получения нового фасадного клинкерного кирпича «татклинер» на основе местного сырья Республики Татарстан // Известия КазГАСУ, 2010, № 1 (13). – С. 274-280.
16. Салахов А.М., Туктарова Г.Р., Морозов В.П. Особенности структурообразования модифицированных керамических масс при сушке и обжиге // Строительные материалы, 2005, № 11. – С. 47-48.
17. Бородин А.Н., Денисов Д.Ю., Абдрахимова Е.С., Ковков И.В., Абдрахимов В.З., Шевандо В.В., Виткалов А.Г. Влияние карбонатного шлама на фазовые превращения при обжиге керамического кирпича // Известия вузов. Строительство, 2007, № 1. – С. 64-69.
18. Патент 2266878 РФ, МПК 7 C04B33/02 Способ изготовления строительной керамики светло-желтого цвета и ее состав / Вакалова Т.В., Погребенков В.М., Ревва И.Б. – Приоритет, 2004.

Bogdanov A.N. – engineer

E-mail: gold04@mail.ru

Abdrahmanova L.A. – doctor of technical sciences, professor

E-mail: laa@kgasu.ru

Kazan State University of Architecture and Engineering

The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Gordeev A.S. – engineer

E-mail: drgor@mail.ru

TsNIIgeolnerud – Central Research Institute for Geology of Industrial Minerals

The organization address: 420097, Russia, Kazan, Zinina st., 4

Evaluating the effectiveness of carbonate additives in raw clay to create face ceramic

Resume

The purpose of this article is to validate the choice of additives for burning red ceramic materials in order to obtain after firing crock light tones. A review of brightening additives in red burning clay raw materials, being sought intensively since 2003. As a clarifying component mainly used highly carbonaceous waste of various industries. It is shown that in itself is highly carbonaceous waste is not highly active compound and to enhance the effect of whitening and the completion of the processes of mineral must also be entered into the charge intensifiers sintering and mineralizes. It is noted that the positive effect of the introduction of the clay charge carbonate waste is to reduce the shrinkage up to receive non-shrink ceramic materials. The results of preliminary studies of the strength properties and water absorption of ceramic crock with clay Klyuchischinskogo field. Energy-made analysis of surface and deep layers of the crock baked without additives, and after the introduction of carbonate-containing waste.

Keywords: face brick, carbonate modifier, structure.

References

1. Andriyanov N.T., Balkevich V.L., Belyakov A.V., Vlasov A.S., Guzman I.J., Lukin E.S., Mosin U.M., Skidan B.S. 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.
2. Reznik V.I. Possibility of obtaining clinker brick facing and bright colors on the basis of clay PG «Kislotoupor» // Building materials, 2011, № 4. – P. 54-55.
3. Nesterov A.I. Clarification red fire clay in the production of ceramic materials // Glass and ceramics, 2009, № 7. – P. 20-21.
4. Manukyan R.V., Davidova N.S. Use of waste in the production of ceramics // Glass and ceramics, 1996, № 8. – P. 27-28.
5. Kashkaev I.S., Sheinman E.S. Production of clay bricks // Publishers – «High school ». M., 1970. – 288 p.
6. Lihota O.V. / Thesis for the degree of candidate of sciences on the subject: «Technology and features a body-colored building decorative ceramics based on clay and ferriferous technogenic materials». – Novocherkassk, 2003. – 124 p.
7. Yatsenko N.D., Vilbitskaya N.A., Golovanova S.P., Zubehin A.P., Ratkova V.P. / Intensification of sintering ceramic materials containing calcium // Glass and ceramics, 2000, № 9. – P. 32-34.
8. Yatsenko N.D., Zubehin A.P., Golovanova S.P., Ratkova V.P., Вильбиская Н.А. Effective technology faience products using calcium-containing waste // Glass and ceramics, 1999, № 9, P. 8-10.
9. Schlegel I.F., Shaevich G.Y., Andrianov A.V., Ratkova V.P., Kukushkin V.A., Molodkina L.N. Experience of reconstruction of the plant for the production of volume-colored brick // Building materials, 2012, № 5. – P. 44-45.
10. Yatsenko N.D., Ratkova V.P. Patterns coloring ceramics based fusible clays // Glass and ceramics, 2006, № 1. – P. 20-21.
11. Gurov N.G. Preparation of the ceramic material based on the extensive carbonate loess loam // Building Materials, 2010, № 7. – P. 42-45
12. Pishch I.V., Maslennikova G.V., Gvozdev N.A., Klimosh J.A., Baranovskaya E.I. Staining techniques ceramic bricks // Glass and ceramics, 2007, № 8. – P. 15-18.
13. Filatova E.V. / Dissertation for the degree of candidate of sciences on «Face decorative ceramic brick by red fire fusible clays». – Novocherkassk, 2004. – 149 p.
14. Yatsenko N.D., Zubehin A.P., Ratkova V.P. / Ceramic tiles with low shrinkage // Glass and ceramic, 1998, № 8. – P. 30-32.
15. Gabidullin M.G., Mindubaeva A.A., Lygina T.Z., Islamov G.G., Wasserman D.V. Approbation of possibility of manufacture clinker brick on the basis of local clays of Tatarstan Republic // News of the KSUAE, 2010, № 1 (13). – P. 274-280.
16. Salakhov A.M., Tuktarova G.R., Morozov V.P. Features of structure modified ceramic materials during drying and firing // Building Materials, 2005, № 11. – P. 47-48.
17. Borodin A.N., Denisov D.J., Abdrikhimova E.S., Kovkov I.V., Abdrikhimov V.Z., Shevando V.V., Vitkalov A.G. The influence of carbonate sludge on phase transformations during the firing of ceramic bricks // News of higher educational institutions, № 1, 2007. – P. 64-69.
18. Patent 2266878 RF, IPC 7 C04B33/02 method of manufacturing building ceramic light yellow in color and composition / Vakalova T.V., Pogrebenkov V.M., Revva I.B. Priority, 2004.

УДК 691.32

Богданов Р.Р. – аспирант, ассистент

E-mail: bogdanov.r.r@yandex.ru

Ибрагимов Р.А. – кандидат технических наук, старший преподаватель

E-mail: rusmag007@yandex.ru

Изотов В.С. – доктор технических наук, профессор

E-mail: izotov_V_S@mail.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1

Исследование влияния супер- и гиперпластификаторов на основные свойства цементного теста

Аннотация

В работе рассмотрены вопросы влияния отечественных и зарубежных супер- и гиперпластификаторов на нормальную густоту и сроки схватывания цементного теста. Также изучено влияние исследуемых добавок на тепловыделение и контракцию цементного теста. При этом изучено влияние метакаолина совместно с пластифицирующими добавками на основные свойства цементного теста и раствора. Проведенные исследования свидетельствуют о высокой эффективности добавок на основе эфиров поликарбоксилата.

Ключевые слова: суперпластификаторы, гиперпластификаторы, модификация, метакаолин, цементное тесто.

Самоуплотняющийся бетон (СУБ) находит все более широкое применение. Перспективным является его использование для производства сборного железобетона, устройства монолитных высокопрочных бесшовных полов, реставрации и усиления конструкций [1].

Рецептура самоуплотняющегося бетона отличается от обычного бетона оптимизированным гранулометрическим составом заполнителей и наличием активных минеральных наполнителей [2]. Также важной составной частью самоуплотняющихся бетонов является наличие супер- или гиперпластификаторов [3]. Повышенная текучесть СУБ обеспечивается за счет применения пластифицирующих добавок нового поколения, а также при их совместном действии с микронаполнителями [4].

В качестве модификаторов нами использованы добавки:

- гиперпластификатор Melflux 5581F – порошковый продукт, полученный методом распылительной сушки на основе модифицированного полизэфиркарбоксилата, рекомендуемая дозировка 0,03-0,5 % от массы цемента, производитель BASF Construction Polymers (Trostberg, Германия);

- гиперпластификатор Remicrete SP 10 и Remicrete SP 30 – представляет собой жидкость светло-желтого и светло-коричневого цвета, на основе модифицированного полизэфиркарбоксилата, рекомендуемая дозировка 0,2-1,6 % и 0,3-2,9 % от массы цемента, соответственно, производитель ООО Шомбург-ЕР Лтд (Германия);

- гиперпластификаторы Хидеталл β и Хидеталл γ – представляют собой жидкость светло-коричневого цвета, на основе эфиров полизэфиркарбоксилата, рекомендуемая дозировка 0,6-1,6 % от массы цемента, производитель НПП «Стандарт-Э.С.Т.» (РФ);

- гиперпластификатор СДК – представляет собой жидкость светло-коричневого цвета, на основе эфиров полизэфиркарбоксилата, рекомендуемая дозировка 0,6-1,6 % от массы цемента, производитель ООО «Гидроремстрой» (РФ);

- суперпластификатор Полипласт-1МБ – порошковый продукт, состоящий из нафталин-сульфоната и кремнеземистого компонента, рекомендуемая дозировка 1-3 % от массы цемента, производитель ОАО «Полипласт» (РФ);

- суперпластификатор Полипласт ПФМ-НЛК – жидкость темно-коричневого цвета на основе нафталинсульфоната, рекомендуемая дозировка 0,4-0,8 % от массы цемента в пересчете на сухое вещество, производитель ОАО «Полипласт» (РФ).

Для изучения влияния пластификаторов на водоредуцирующую эффективность и сроки схватывания цементного теста использовался портландцемент ПЦ400-Д20-Б ОАО «Вольскцемент». Реологические свойства цементного теста с пластифицирующими добавками изучали при помощи прибора Вика. Было изучено влияние добавок на цементное тесто без введения микронаполнителей и с добавлением метакаолина в количестве 5 % от массы цемента. Результаты приведены в таблице.

Таблица

**Влияние пластифицирующих добавок нормальную густоту
и сроки схватывания цементного теста**

№ п/п	Наименование	Цементное тесто				Цементное тесто + метакаолин 5 %		
		Н.Г. %	Снижение вод-ти %	Сроки схватывания		Н.Г. %	Сроки схватывания	
				Н.С. Мин	К.С. Мин		Н.С. Мин	К.С. Мин
1	Цементное тесто без добавок	29	–	150	280	32,4	180	320
2	Гиперпластификатор Melflux 5581F 0,75 %	17,5	39,7	350	700	23,2	330	450
3	Гиперпластификатор Remicrete SP 30 1,5 %	20	31,0	510	680	24,5	380	550
4	Гиперпластификатор Remicrete SP 10 1,5 %	20,5	29,3	650	750	23,1	470	540
5	Гиперпластификатор Remicrete SP 10 1 %	21,2	26,9	520	550	25,6	260	290
6	Гиперпластификатор Melflux 5581F 0,5 %	21,25	26,7	340	500	24,7	280	320
7	Суперпластификатор Полипласт ПФМ-НЛК 1,2 %	22,4	22,8	800	900	26,1	740	840
8	Гиперпластификатор Remicrete SP 30 1 %	22,5	22,4	300	600	25,4	250	470
9	Суперпластификатор Полипласт 1МБ 3 %	23	20,7	410	560	25,3	360	520
10	Суперпластификатор Полипласт ПФМ-НЛК 0,8 %	23,3	19,7	530	600	27,9	480	550
11	Хидеталл γ 1 %	25	13,8	250	320	–	–	–
12	Хидеталл β 1 %	25,3	12,8	240	300	–	–	–
13	СДК 1 %	25	13,8	180	320	–	–	–
14	Товарный СДК 1 %	26	10,3	190	330	–	–	–

Из полученных данных видно, что при введении исследуемых добавок водоцементное отношение (ВЦ) снижается на 10,3-39,7 % в цементном тесте и на 13,8-28,3 % в цементном тесте с добавлением метакаолина.

При этом наибольшее снижение ВЦ достигается при введении гиперпластификатора Melflux 5581F в количестве 0,75 % от массы цемента (на 39,7 %), в то время как при введении 1 % добавки «Товарный СДК» водопотребность снижается только на 10,3 %. При введении метакаолина в состав цемента повышается нормальная густота цементного теста, а максимальный водоредуцирующий эффект наблюдается при введении добавки Melflux 5581F (на 28,4 %). При этом характерно для всех исследуемых добавок значительное увеличение сроков схватывания цементного теста, особенно с добавками на основе эфиров поликарбоксилата.

Увеличение концентрации пластифицирующих добавок в 1,5 раза от рекомендованной дозировки приводит к дальнейшему снижению ВЦ, но значительно увеличивает сроки схватывания.

Проведены экспериментальные исследования кинетики тепловыделения при гидратации цемента и контракции цементного теста в присутствии пластифицирующих

добавок и метакаолина. Исследования тепловыделения при гидратации цемента проводились методом термосной калориметрии с использованием измерительного комплекса «ТЕРМОХРОН DS1921». На рис. 1 и 2 приведены температурные кривые гидратации портландцемента Вольского завода с исследуемыми добавками.

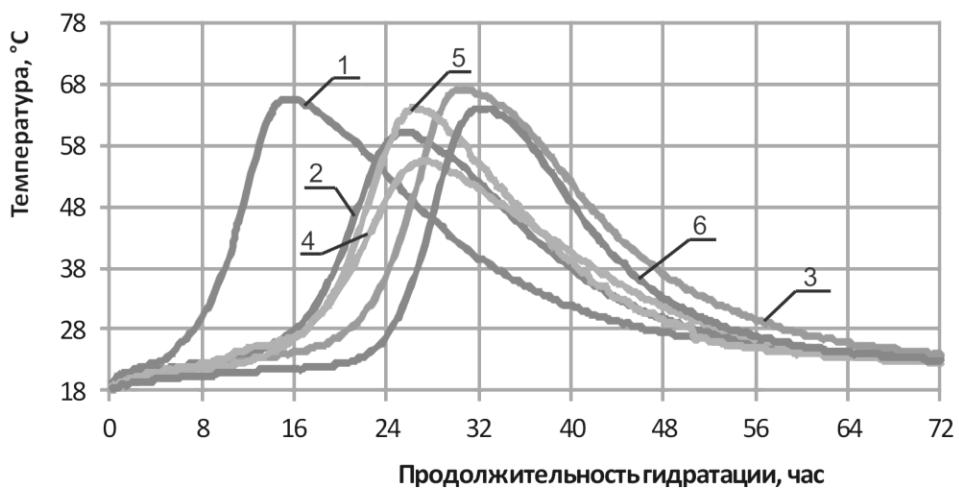


Рис. 1. Тепловыделение при гидратации портландцемента Вольского завода с добавлением пластифицирующих добавок: 1 – без добавок; 2 – Melflux 5581F (0,5 %); 3 – Remicrete SP 10 (1 %); 4 – Remicrete SP 30 (1 %); 5 – Полипласт 1МБ (3 %); 6 – Полипласт ПФМ-НЛК (0,8 %)

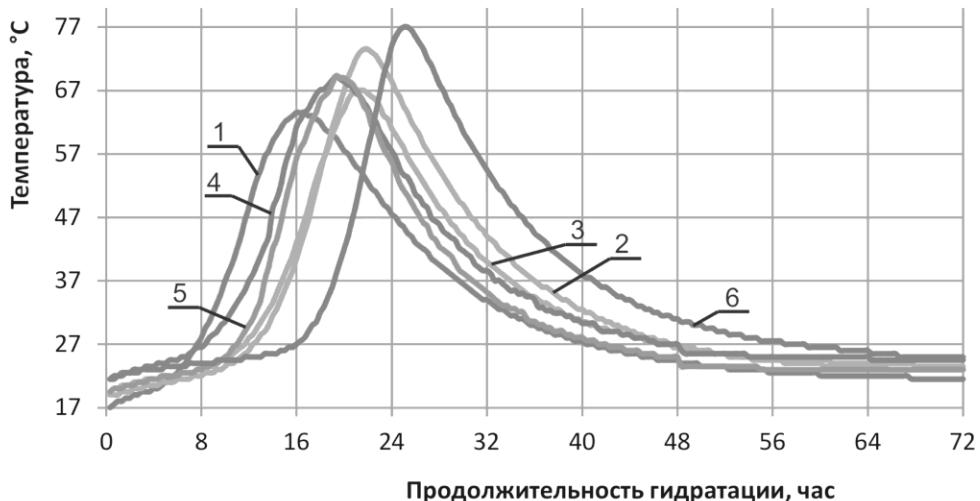


Рис. 2. Тепловыделение при гидратации портландцемента Вольского завода с добавлением пластифицирующих добавок и метакаолина (5 % от веса цемента): условные обозначения (рис. 1)

Из данных рис. 1 и 2 видно, что все добавки замедляют гидратацию портландцемента. Достижение максимума температуры с добавками наступает на 10-18 часов позднее состава без добавок. Наибольшее замедление гидратации портландцемента наблюдается в составах гиперпластификаторов на основе эфиров поликарбоксилатов: Remicrete SP10 и Remicrete SP30. Однако в некоторых добавках величина температурного максимума выше на 5-13 градусов °C, что свидетельствует об увеличении степени гидратации вяжущего. При совместном действии метакаолина с некоторыми добавками максимум температурного пика снижается, а продолжительность гидратации сокращается.

На рис. 3 и 4 приведены данные по измерению контракции цементного теста на контракционетрическом тестере активности цемента «Цемент-прогноз».

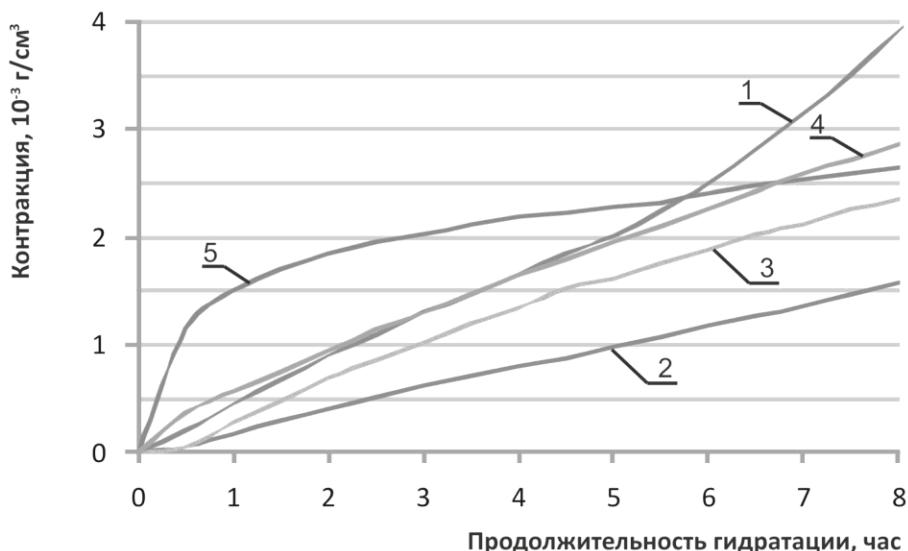


Рис. 3. Контракция цементного теста на портландцементе Вольского завода с добавлением пластифицирующих добавок: 1 – без добавок; 2 – Melflux 5581F (0,5 %); 3 – Remicrete SP 30 (1 %); 4 – Полипласт 1МБ (3 %); 5 – Полипласт ПФМ-НЛК (0,8 %)

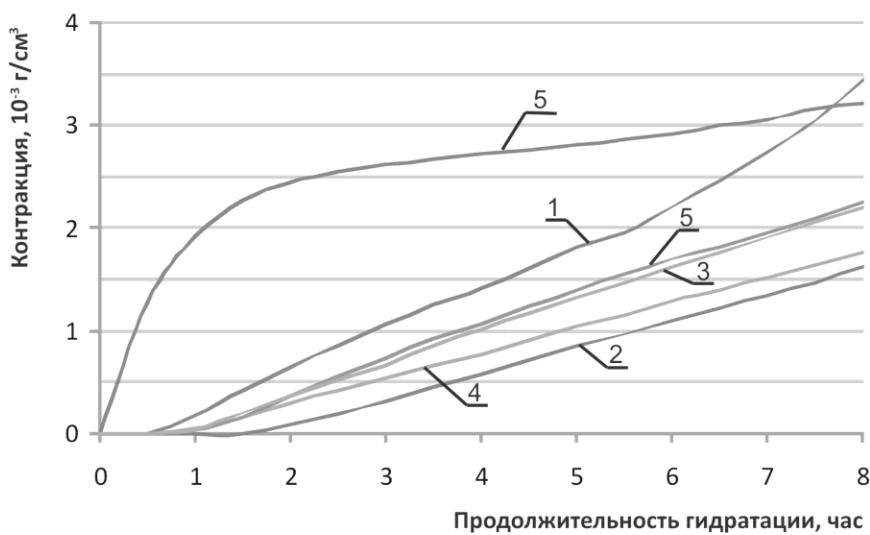


Рис. 4. Контракция цементного теста на портландцементе Вольского завода с добавлением пластифицирующих добавок и метакаолина (5 % от веса цемента): 1 – без добавок; 2 – Melflux 5581F (0,5 %); 3 – Remicrete SP 10 (1 %); 4 – Remicrete SP 30 (1 %); 5 – Полипласт 1МБ (3 %); 6 – Полипласт ПФМ-НЛК (0,8 %)

Все добавки, за исключением «Полипласт ПФМ-НЛК», уменьшают величину контракции, что свидетельствует о замедлении процесса гидратации данного вида цемента при естественном твердении. Величина контракции цементного теста с добавкой «Полипласт ПФМ-НЛК» выше, чем в составе без добавки, а в дальнейшем ниже, чем в составе без добавок.

Список литературы

- Базанов С.М., Торопова М.В. Самоуплотняющийся бетон – эффективный инструмент в решении задач строительства. Электронный ресурс. Весь бетон 2008. URL: <http://www.allbeton.ru/article/36/13.html> (дата обращения: 24.03.2013).
- Болотских О.Н. Самоуплотняющийся бетон и его диагностика. Электронный ресурс. Электронный журнал предотвращение аварий зданий и сооружений 2009. URL: <http://www.pamag.ru/pressa/auto-beton> (дата обращения: 24.03.2013).

3. Изотов В.С., Соколова Ю.А. Химические добавки для модификации бетона: монография. – М.: Казанский государственный архитектурно-строительный университет: Издательство «Палеотип», 2006. – 244 с.
4. «The European Guidelines for Self Compacting Concrete, Specification, Production and Use», May, 2005.

Bogdanov R.R. – post-graduate student, assistant

E-mail: bogdanov.r.r@yandex.ru

Ibragimov R.A. – candidate of technical sciences, senior lecturer

E-mail: rusmag007@yandex.ru

Izotov V.S. – doctor of the technical sciences, professor

E-mail: izotov_V_S@mail.ru

Kazan State University of Architecture and Engineering

The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Studies of the influence of super- and hyper plasticizers on the basic properties of cement paste

Resume

Self-compacting concrete is becoming more and more popular in Russia. Self-compacting concrete (SCC) – a new type of concrete that does not require vibration during installation. He is able to flow under its own weight, completely filling the casing. Efficiency of the development and application of self-compacting concrete solutions to construction problems related to the optimization of particle size distribution of aggregates and the introduction of active mineral additives. Also an important part of self-compacting concrete is super and hyper plasticizers. Due to the large variety of chemical additives on the market, requires research to determine the most appropriate modifiers for a given composition of SCC. The paper presents the experimental study of super- and hyper plasticizers domestic and foreign production. The influence of plasticizers on water-reducing performance and setting time of cement paste.

The graphs with the temperature curves of hydration of Portland cement plant Wolski with the test additives, which show that all the supplements slow the hydration of Portland cement. We also present data on the measurement of contraction of cement paste with the addition of plasticizers on tester of contraction activity of cement «Cement-prognosis». Studies have shown a high performance additives based on esters of polycarboxylates.

Keywords: superplasticizers, giperplasticizers, modification, metakaolin cement paste.

References

1. Bazanov S.M., Toropova M.V. Self-compacting concrete – an effective tool in the task of construction. Electronic resource. Through Concrete 2008. URL: <http://www.allbeton.mi/article/36/13.html> (reference date: 24.03.2013).
2. Bolotskikh O.N. Self-compacting concrete and diagnostics. Electronic resource. Electronic Journal of preventing accidents buildings 2009. URL: <http://www.pamag.ru/pressa/autobeton> (reference date: 24.03.2013).
3. Izotov V.S., Sokolova Y.A. Chemical additives for concrete modification: monograph. – M.: Kazan State University of Architecture and Engineering: Publishing House «Paleotypes», 2006. – 244 p.
4. «The European Guidelines for Self Compacting Concrete, Specification, Production and Use», May 2005.

УДК 691.175.743:691.175.2

Бурнашев А.И. – кандидат технических наук, инженер

E-mail: airatbyr@rambler.ru

Ашрапов А.Х. – аспирант

E-mail: domproekt@ro.ru

Абдрахманова Л.А. – доктор технических наук, профессор

E-mail: laa@kgasu.ru

Низамов Р.К. – доктор технических наук, профессор

E-mail: Nizamov@kgasu.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

Применение в рецептуре древесно-полимерного композита наномодифицированного поливинилхлорида^{*}

Аннотация

Рассмотрена возможность увеличения степени наполнения в древесно-полимерных поливинилхлоридных композициях за счет модификации поверхности зерен ПВХ и частиц древесной муки кремнезолем. Установлены оптимальные концентрации наномодификатора соответственно $0,7 \pm 0,1\%$ для ПВХ и $1,75 \pm 0,1\%$ для древесной муки. При одновременной модификации кремнезолем ПВХ и древесной муки достигается максимальная степень наполнения ПВХ-композиции древесной мукой: 200 масс. ч. на 100 масс. ч. ПВХ.

Ключевые слова: древесно-полимерный композит, поливинилхлорид, кремнезоль, наномодификация.

Древесно-полимерный композит (ДПК) – сравнительно молодой высокоэффективный строительный продукт, представляющий собой наполненный древесной мукой (ДМ) полимерный материал, сочетающий положительные свойства как термопластичного полимера, так и органического наполнителя. Преимуществами использования ПВХ в составе ДПК являются: высокие физико-механические свойства (особенно по сравнению с полиэтиленом и полипропиленом) и негорючесть. Немаловажное значение имеет «экологическая» чистота ПВХ, его инертность и физиологическая безвредность на организм человека, доказательством чего могут служить результаты проведенных многочисленных научных исследований [1, 2].

Ранее нами была разработана высоконаполненная композиция на основе ПВХ и наномодифицированной древесной муки ДМ марки 180 (с соотношением ПВХ/ДМ^{+К3}=100/100) [3]. Для увеличения межфазной адгезии между трудносовместимыми ПВХ и ДМ в разработке был использован механизм усиления донорно-акцепторного взаимодействия, осуществляющегося путем электронно-протонного обмена между активными группами ПВХ и модифицированной высокощелочным кремнезолем древесной муки согласно кислотно-основной теории Льюиса. В результате проведенной модификации одна фаза реагировала как донор электронов (основание), а другая – как акцептор электронов (кислота).

В рамках продолжения работы в области создания высоконаполненных ДПК представлялось перспективным изучить возможность наномодификации поверхности зерен ПВХ кремнезолем и оценить свойства составов, полученных как на наномодифицированном ПВХ, (ПВХ^{+К3}+ДМ), так и составов на основе модифицированных ПВХ и древесной муки (ПВХ^{+К3}+ДМ^{+К3}). В качестве исходных компонентов были использованы:

- суспензионный ПВХ марки С-7058 – 100 масс. ч.;
- древесная мука марки 180;

*Работа выполнена в рамках гранта президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых- кандидатов наук (МК-4596.2013.8).

- термостабилизатор Interstab – 5,5 масс. ч.;
- модификатор ударной прочности FM-22 – 7 масс. ч;
- кремнезоль (КЗ) производства ОАО «КазХимНИИ», представляющий собой лиофильную коллоидную систему с наноразмерными частицами SiO_2 (от 5 до 9,5 нм) сферической формы.

Процесс модификации древесного наполнителя или полимера заключался в их предварительном механическом смешении с кремнезолем в лопастном смесителе и последующей сушке ($T_{\text{сушки дм}} = 103 \pm 2^\circ\text{C}$, $T_{\text{сушки ПВХ}} = 60 \pm 2^\circ\text{C}$) до постоянной массы. Модифицированные компоненты использовались в составе ПВХ-композиций и получения пленочных и прессованных образцов для испытаний технологических и эксплуатационных показателей.

Для определения максимального положительного эффекта первоначально были определены оптимальные концентрации кремнезоля в композитах «ПВХ^{+КЗ} + ДМ», «ПВХ^{+КЗ} + ДМ^{КЗ}». Концентрационные зависимости механических и технологических свойств модифицированных ПВХ-образцов представлены на рис. 1. Следует отметить, что увеличение концентрации кремнезоля в ПВХ не отражается на водопоглощении получаемых материалов.

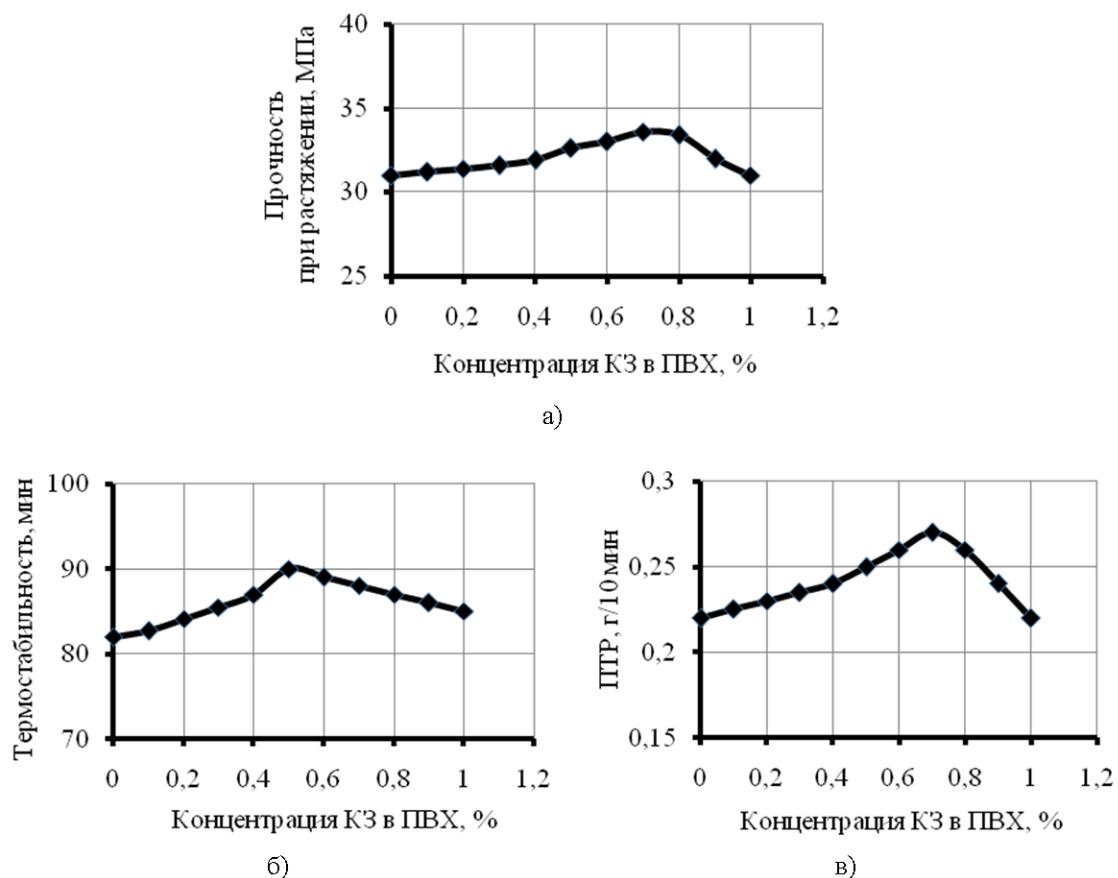


Рис. 1. Зависимость прочности при растяжении (а), термостабильности (б) и ПТР (в) жестких ПВХ-образцов (ДПК) от концентрации кремнезоля

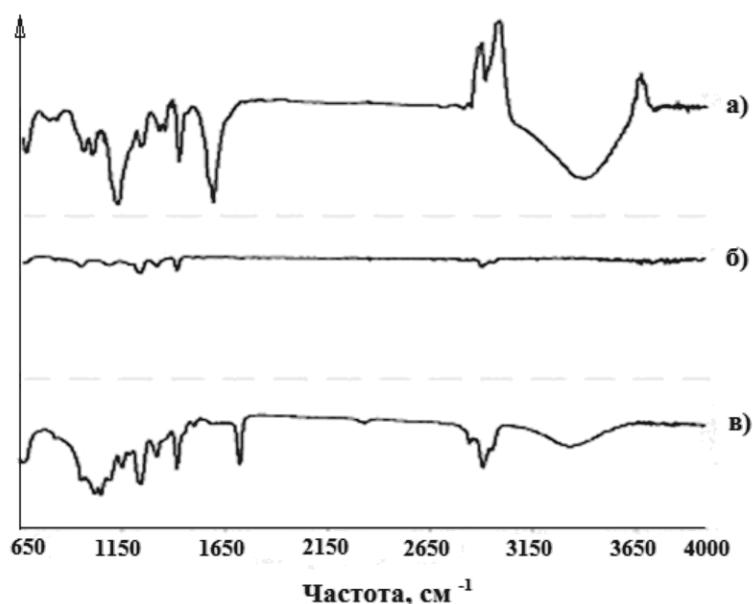
Кривые имеют экстремальный характер и, по совокупности положительных значений эксплуатационных и технологических свойств, оптимальной концентрацией кремнезоля в ПВХ является значение 0,7 %. Наблюдаемые изменения связаны, как и в случае модификации древесной муки, снижением концентрации кислотных центров (ККЦ) на поверхности полимера, что способствует усилению кислотно-основного взаимодействия (табл. 1).

Таблица 1

Концентрация кислотных центров поверхности ПВХ

ПВХ	ККЦ, ммоль/г
Исходный	0,6
Модифицированный 0,7% КЗ	0,34

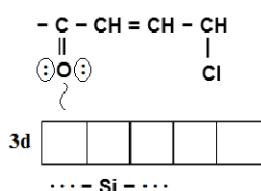
Снижение кислотных свойств центров ПВХ при модификации его кремнезолем также подтверждено данными ИК-спектроскопии. На ИК-спектре ПВХ, модифицированного КЗ, наблюдается уменьшение интенсивности полос, характеризующих валентные колебания связей C–Cl ($650\text{--}800\text{ см}^{-1}$) и C=O ($1380, 1710\text{ см}^{-1}$) групп ПВХ. Можно сделать вывод, что эффективность применения КЗ в ПВХ заключается в структурирующем влиянии свободных d-орбиталей кремния и неподеленных электронных пар хлора и кислорода полимера вследствие донорно-акцепторного взаимодействия.

Рис. 2. ИК-спектры: а) КЗ, б) исходный ПВХ, в) ПВХ^{+КЗ}

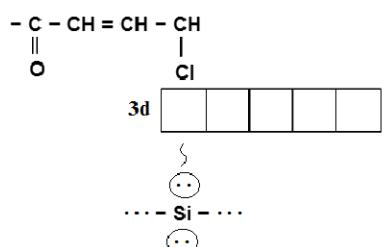
Дальнейшее увеличение концентрации КЗ в ПВХ (от 0,08 до 0,1 %) ведет к уменьшению прочности и росту вязкости, что связано, по-видимому, с превышением объема включений SiO_2 по сравнению со свободным объемом в надмолекулярных образованиях ПВХ, увеличивая тем самым их неоднородность и дефектность.

Увеличение термостабильности (рис. 1в) может быть обусловлено донорно-акцепторным взаимодействием между атомами кремния и атомами хлора в хлораллильной группировке (ХАГ) и кислорода в кетохлораллильной группировке (КАГ).

Внешняя валентная оболочка кремния имеет свободный 3d-подуровень, который может выступать в качестве акцептора при образовании донорно-акцепторной связи кремния с атомами кислорода в КАГ, у которых на внешних энергетических уровнях имеются неподеленные электронные пары. В результате донорно-акцепторного взаимодействия атом кислорода может стать менее лабильным.



В случае образования донорно-акцепторной связи между атомами кремния и хлора должен проходить процесс, противоположный предыдущему. В данном случае акцептором будет являться атом хлора, также имеющий свободный 3d-подуровень, а донором атом кремния, содержащий две неподеленные электронные пары. Это связано с тем, что хлор является более электроотрицательным, вследствие чего будет оттягивать всю электронную плотность на себя.



Таким образом, на основании проведенных исследований можно сделать вывод, что оптимальной концентрацией КЗ в композите «ПВХ^{+К3}+ДМ» является значение 0,7 %.

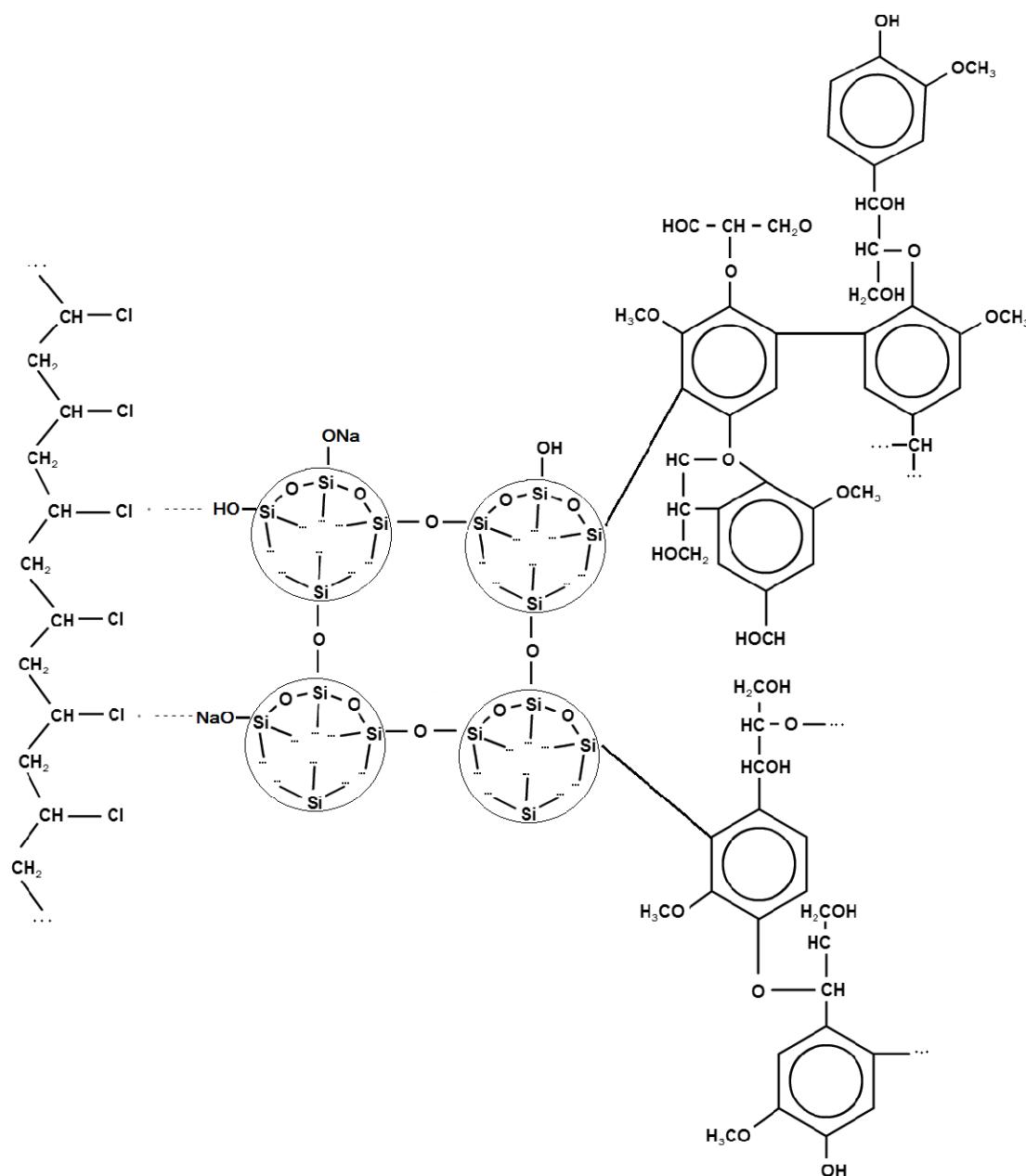
Далее была изучена эффективность одновременной модификации кремнезолем ПВХ и ДМ. Для этого были использованы оптимальные концентрации наномодификатора, определенные ранее, равные соответственно 0,7±0,1 % для ПВХ и 1,75±0,1 % для древесной муки. Результаты испытаний представлены в табл. 2.

Таблица 2

Зависимости прочности при растяжении, водопоглощения, ПТР и термостабильности ДПК от содержания кремнезоля в ПВХ и ДМ

Концентрация КЗ, %		в ПВХ		
		0,6	0,7	0,8
Прочность при растяжении, МПа				
в ДМ	1,65	32,9	37,8	35,8
	1,75	36,8	39,5	37,7
	1,85	33,7	36,7	35,9
Водопоглощение, %				
в ДМ	1,65	3,9	4,12	4,1
	1,75	4,23	4,25	3,92
	1,85	4,2	4,15	3,7
ПТР, г/10 мин				
в ДМ	1,65	0,22	0,28	0,14
	1,75	0,26	0,34	0,18
	1,85	0,21	0,24	0,14
Термостабильность, мин				
в ДМ	1,65	88	93	92
	1,75	93	96	95
	1,85	97	100	99

Рост прочностных показателей связан, очевидно, не только с изменением кислотно-основных характеристик ПВХ и ДМ, но и с возможным образованием химических связей между активными группами $\equiv\text{Si-OH}$ и $\equiv\text{Si-ONa}$, имеющимися на поверхности как ПВХ, так и древесной муки (рис. 3).

Рис. 3. Предполагаемый механизм образования связей в композите «ПВХ^{+К3} + ДМ^{+К3}»

На рис. 4 приведены сравнительные концентрационные зависимости ПВХ-композиций, полученных по четырем вариантам смесей:

- 1 – исходные немодифицированные компоненты;
- 2 – исходный ПВХ и наномодифицированная древесная мука (1,75 %);
- 3 – наномодифицированный ПВХ (0,7 %) и исходная древесная мука;
- 4 – наномодифицированные ПВХ (0,7 %) и древесная мука (1,75 %).

Наиболее высоких результатов удается получить при одновременной модификации кремнезолем ПВХ и древесной муки, при этом максимальная степень наполнения ПВХ-композиции древесной мукой увеличивается до 200 масс.ч. на 100 масс.ч. ПВХ.

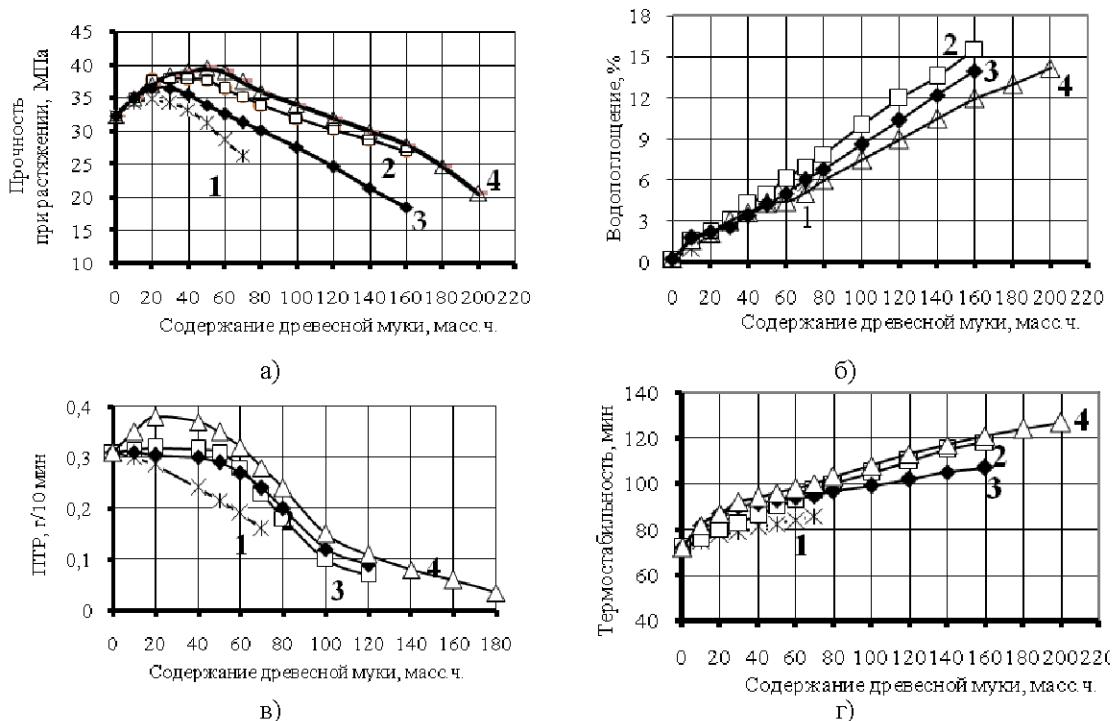


Рис. 4. Концентрационные зависимости прочности при растяжении (а), водопоглощения (б), ПТР (в) и термостабильности (г) ПВХ-образцов

Предлагаемая рецептура по всем основным эксплуатационным и технологическим характеристикам превосходит или соответствует составу, разработанному ранее [3] (табл. 3). Основным преимуществом является увеличение ПТР, что является наиболее существенным результатом.

Таблица 3

Основные показатели разработанных древеснонаполненных ПВХ-композиций с соотношением ПВХ/ДМ = 100/100

Показатель	Состав		
	ПВХ+ДМ ^{+1,75%К3}	ПВХ ^{+0,7%К3} +ДМ	ПВХ ^{+0,7%К3} +ДМ ^{+1,75%К3}
Прочность при растяжении, МПа	32	27,6	34
Водопоглощение, %	8	8,6	7,5
ПТР, г/10 мин	0,1	0,06	0,15
Термостабильность, мин	105	99	108
Истираемость, мкм	74	77	68
Микротвердость по Виккерсу, кгс/мм ²	15,7	14,3	16,5
Плотность отпрессованных образцов, кг/м ³	1,4	1,37	1,35

Список литературы

1. Коваль В. Строительные ПВХ профили – экологически безопасный материал. // Полимерные материалы, 1999, № 6. – С. 9.
2. Kovriga V.V. Polyvinylchloride – clear ecological prospect. // Plastic mass, 2007, № 7. – P. 52-55.
3. Бурнашев А.И. Высоконаполненные поливинилхлоридные строительные материалы на основе наномодифицированной древесной муки: дис. канд. техн. наук: защищена 21.11.2011. – Казань, 2011. – 157 с.

Burnashev A.I. – candidate of technical sciences, engineer

E-mail: airatbyr@rambler.ru

Ashrapov A.Kh. – post-graduate student

E-mail: domproekt@ro.ru

Abdrahmanova L.A. – doctor of technical sciences, professor

E-mail: laa@kgasu.ru

Nizamov R.K. – doctor of technical sciences, professor

E-mail: Nizamov@kgasu.ru

Kazan State University of Architecture and Engineering

The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Using of the nanomodified polyvinylchloride in wood- polymer composite's receipt

Resume

The wood-polymer composite (WPC) is the relatively new high effective building product which is representing a polymeric material filled by wood flour, combining positive properties as thermoplastic polymer as an organic filler. Possibility of increasing degree of filling the polyvinylchloride compositions by wood flours a result of synchronous modification of a surface of PVC grains and particles of wood flour by the siliceous is shown. The increasing degree of filling by wood flour of polymer composite is reached due to the weakening of the acid centers both on a polymer and wood flour surfaces at the result of processing of their modification by the nanoscale coupling agent that promotes strengthening of acid-base interactions. Optimal concentrations of the nanomodifier respectively $0,7\pm0,1\%$ for PVC and $1,75\pm0,1\%$ for a wood flour are established. At simultaneous modification of siliceous PVC and a wood flour the maximal degree of filling of PVC composition is reached due to wood flour: 200 mass fractions on 100 mass fractions PVC. The received composition on all mechanical and technological characteristics surpasses in basic composition which is developed earlier. The main advantage of this composition is the increasing of the melt flow rate as the most important result.

Keywords: wood-polymer composite, polyvinylchloride, siliceous, nanomodification.

References

1. Koval V. Structural PVC profiles – ecologically safe material. // Polymer materials, 1999, № 6. – P. 9.
2. Kovriga V.V. Polyvinylchloride – clear ecological prospect. // Plastic mass, 2007, № 7. – P. 52-55.
3. Burnashev A.I. The high-filled polyvinylchloride structural materials on the basis of the nanomodified wood flour: dis. of cand. tech. science: defended in 21.11.2011. – Kazan, 2011. – 157 p.

УДК 620.1:691.32

Ерофеев В.Т. – доктор технических наук, профессор

E-mail: fac-build@adm.mrsu.ru

Лазарев А.В. – аспирант

E-mail: a.v.lazarev@yandex.ru

Богатов А.Д. – кандидат технических наук, доцент

E-mail: bogatovad@list.ru

Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарева

Адрес организации: 430005, Россия, г. Саранск, ул. Большевистская, д. 68

Смирнов В.Ф. – доктор биологических наук, профессор

Смирнова О.Н. – кандидат биологических наук, доцент

Захарова Е.А. – научный сотрудник

E-mail: protectfun@mail.ru

Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского

Адрес организации: 603950, Россия, г. Нижний Новгород, пр. Гагарина, д. 23

Видовой состав микрофлоры, выделенной с полимерных композитов на основе эпоксидных смол в условиях влажного морского климата

Аннотация

Действие климатических факторов вызывает изменение состава и структуры материалов и, как следствие, меняет видовой состав микроорганизмов, участвующих в деструктивных процессах. В работе приведены результаты исследований по установлению видового состава микроорганизмов, заселяющихся на эпоксидных композициях при эксплуатации в условиях Черноморского побережья. Выявлены виды потенциальных биодеструкторов, заселяющихся на поверхностях исследуемых материалов при эксплуатации на поверхности почвы и на воздухе на различном удалении от побережья.

Ключевые слова: биологическая стойкость, полимерная композиция, климатическое воздействие, эпоксидная смола, микроскопические организмы.

В настоящее время все более широкое применение в строительстве находят полимерные материалы на основе эпоксидных смол. Они являются эффективными при применении в зданиях с агрессивными средами [1].

Полимерные материалы в зданиях и сооружениях в процессе эксплуатации наряду с физическими и химическими воздействиями подвергаются микробиологическим биоповреждениям, главным образом микроскопическими грибами, которые используют их в качестве источника питания [2]. Важным элементом в поиске причин возникновения биодеструкции является выявление устойчивости к воздействию микроскопических грибов полимерных композиций, получаемых с применением различных компонентов.

Грибостойкость полимерных материалов и их компонентов в лабораторных условиях проверяют по ГОСТам 9.049-91 и 9.050-89. Однако лабораторные исследования не позволяют учсть воздействие климатических факторов на полимерные строительные материалы, т.е. определить степень взаимосвязи интенсивности процессов биоповреждений с климатическим старением. Известно, что действие климатических факторов вызывает изменение состава и структуры полимерных материалов и, как следствие, меняет видовой состав микроорганизмов, участвующих в деструктивных процессах [3]. Целью настоящей работы являлось изучение изменений видового богатства микрофлоры, выделенной с эпоксидных полимеров в зависимости от их состава и условий эксплуатации (влажный морской климат). Рассматривались композиции на основе эпоксидной смолы марки ЭД-20, отверждаемые аминофенольным отвердителем марки АФ-2. В отдельные смеси входили пластификаторы: карбамидная смола типа ПКП-2 и диоктилфталат, а также тонкоизмельченный керамический порошок.

Составы (в мас. ч.) включали в себя:

№ 1 Эпоксидная смола – 100, отвердитель – 25;

№ 2 Эпоксидная смола – 100, отвердитель – 25, карбамидная смола – 6;

№ 3 Эпоксидная смола – 100, отвердитель – 25, диоктилфталат – 6;

№ 4 Эпоксидная смола – 100, отвердитель – 25, керамический наполнитель – 200.

Образцы 5 кратной повторности в течение 12 месяцев выдерживались в следующих средах: в условиях атмосферы на расстоянии 25 м от моря; в условиях атмосферы на расстоянии 400 м от моря; на поверхность почвы на расстоянии 400 м от моря.

По истечении 6 месяцев в лабораторных условиях проводилась идентификация до вида микромицетов, контактирующих вышеуказанные образцы. Идентификация микромицетов проводилась на основании их морфолого-культуральных особенностей, используя определители: К.Б. Рейпер, С.А. Том (Raper, Thom, 1949); К.Б. Рейпер, Д.И. Феннел (Raper, Fennell, 1965); Н.М. Пидопличко (1971); М.А. Литвинов (1967); А.А. Милько (1974); Т.С. Кириленко (1977); К. Донш, В. Гамс (Donch, Gams, 1980); А.Ю. Лугаускас, А.Н. Микульскене, Д.Ю. Шляужене (1987); В.И. Билай, Э.З. Коваль (1988) [4].

Результаты исследований видового состава микромицетов, контактирующих различные рецептуры полимерных композитов, находящихся длительное время в различных климатических условиях, представлены в табл. 1-3.

**Таблица 1
Видовой состав грибов, выделенных с эпоксидных композитов,
находящихся в условиях атмосферы (25 м от моря)**

№ состава	Состав		Виды микромицетов, выделенные с полимерных композитов
	наименование компонента	кол-во, мас.ч.	
1	Эпоксидная смола ЭД-20 Отвердитель АФ-2	100 25	Alternaria brassicae, Aspergillus sydowi, Aspergillus ustus, Penicillium cyclopium, Penicillium nigricans, Cladosporium sphaerospermum, Cladosporium elatum, Cladosporium cladosporioides, Cladosporium macrocarpum, Verticillium tenerum, Fusarium avenaceum
2	Эпоксидная смола ЭД-20 Отвердитель АФ-2 Карбамидная смола ПКП-52	100 25 6	Alternaria brassicae, Alternaria dianthi, Alternaria solani, Penicillium godlewskii, Penicillium notatum, Cladosporium herbarum, Cladosporium macrocarpum, Cladosporium cladosporioides, Cladosporium sphaerospermum,
3	Эпоксидная смола ЭД-20 Отвердитель АФ-2 Диоктилфталат ДОФ	100 25 6	Alternaria alternata, Alternaria solani, Alternaria dianthi, Alternaria brassicae, Aspergillus ustus, Penicillium nigricans, Penicillium godlewskii, Penicillium notatum, Verticillium tenerum, Fusarium avenaceum, Fusarium moniliforme
4	Эпоксидная смола ЭД-20 Отвердитель АФ-2 Керамический наполнитель	100 25 200	Alternaria brassicae, Alternaria alternata, Alternaria pluriseptata, Alternaria solani, Alternaria alternata, Alternaria pluriseptata, Aspergillus ustus, Aspergillus sydowi, Penicillium nigricans, Penicillium cyclopium, Penicillium notatum, Cladosporium cladosporioides, Chaetomium globosum

**Таблица 2
Видовой состав грибов, выделенных с эпоксидных композитов,
находящихся в условиях атмосферы (400 м от моря)**

№ состава	Состав		Виды микромицетов, выделенные с полимерных композитов
	наименование компонента	кол-во, мас.ч.	
1	Эпоксидная смола ЭД-20 Отвердитель АФ-2	100 25	Alternaria alternata, Aspergillus ustus, Aspergillus clavatus, Paecilomyces variotii, Cladosporium sphaerospermum, Cladosporium elatum, Cladosporium cladosporioides, Cladosporium herbarum, Verticillium tenerum, Fusarium avenaceum
3	Эпоксидная смола ЭД-20 Отвердитель АФ-2 Диоктилфталат ДОФ	100 25 6	Alternaria alternata, Alternaria pluriseptata, Alternaria solani, Aspergillus ustus, Penicillium notatum, Penicillium tardum, Cladosporium sphaerospermum, Cladosporium cladosporioides,
4	Эпоксидная смола ЭД-20 Отвердитель АФ-2 Керамический наполнитель	100 25 200	Penicillium cyclopium, Penicillium notatum, Penicillium nigricans, Aspergillus niger, Aspergillus ustus, Cladosporium herbarum, Cladosporium elatum, Cladosporium macrocarpum, Cladosporium cladosporioides, Alternaria alternata, Alternaria brassicae, Alternaria pluriseptata, Chaetomium globosum

Таблица 3

**Видовой состав грибов, выделенных с эпоксидных композитов,
находящихся на поверхности почвы (400 м от моря)**

№ состава	Состав		Виды микромицетов, выделенные с полимерных композитов
	наименование компонента	кол-во, мас.ч.	
1	Эпоксидная смола ЭД-20 Отвердитель АФ-2	100 25	Бактерии+ грибы: <i>Aspergillus niger</i> , <i>Aspergillus terreus</i> , <i>Aspergillus clavatus</i> , <i>Aspergillus ustus</i> , <i>Aspergillus ruber</i> , <i>Aspergillus versicolor</i> , <i>Penicillium claviforme</i> , <i>Penicillium urticae</i> , <i>Fusarium avenaceum</i> , <i>Verticillium nubilum</i>
2	Эпоксидная смола ЭД-20 Отвердитель АФ-2 Карбамидная смола ПКП-52	100 25 6	Бактерии+ грибы: <i>Aspergillus versicolor</i> , <i>Aspergillus ruber</i> , <i>Penicillium urticae</i> , <i>Penicillium meleagrinum</i> <i>Cladosporium cladosporioides</i> , <i>Cladosporium elatum</i> , <i>Cladosporium sphaerospermum</i> ,
4	Эпоксидная смола ЭД-20 Отвердитель АФ-2 Керамический наполнитель	100 25 200	Бактерии+ грибы: <i>Aspergillus ruber</i> , <i>Aspergillus versicolor</i> , <i>Penicillium cyclopium</i> , <i>Penicillium meleagrinum</i> , <i>Cladosporium herbarum</i> , <i>Cladosporium macrocarpum</i> , <i>Fusarium moniliforme</i> , <i>Mucor circinelloides</i> , <i>Chaetomium globosum</i>

На первом этапе работы нами исследовался состав микрофлоры, выделенной с образцов, находящихся в условиях атмосферы и удаленных от моря на 25 м.

С образцов полимерных композитов (Эпоксидная смола ЭД-20+ Отвердитель АФ-2), которая являлась исходной рецептурой (табл.1), было выделено 11 видов микромицетов, относящихся к сем. *Moniliaceae* (р.р. *Aspergillus* – 2 вида; *Penicillium* – 2; *Verticillium* – 1), *Dematiaceae* (р.р. *Cladosporium* – 4 вида; *Alternaria* – 1), *Tuberculariaceae* (р. *Fusarium* – 1 вид). Результаты исследований показали преобладание среди контаминаントов данной композиции грибов р. *Cladosporium*. Это, по-видимому, связано с тем, что микромицеты р. *Cladosporium*, имея мощный метаболический аппарат, могут активно разрушать широкий круг полимерных материалов различного химического состава, в т.ч. и углеводороды (циклические углеводороды входят в состав эпоксидных смол).

Добавление к вышеуказанной рецептуре такого ингредиента, как карбамидная смола ПКП-2 (рецептура № 2) приводит к изменению видового состава грибов, контактирующих данную композицию. Присутствовали микромицеты, относящиеся только к двум семействам: *Moniliaceae* и *Dematiaceae* (отсутствует сем. *Tuberculariaceae*). При этом доминируют представители р.р. *Cladosporium* – 4 вида и *Alternaria* – 3 вида, отсутствуют грибы р. *Aspergillus*.

Добавление к исходной композиции № 1 ДОФ (рецептура № 3) приводит также к изменению видового состава грибов, выделенных с нее. Всего выделено в чистую культуру 11 видов грибов, принадлежащих к трем семействам: *Moniliaceae* – 5 видов; *Dematiaceae* – 4; *Tuberculariaceae* – 2. Имеет место увеличение количества представителей р.р. *Alternaria* и *Fusarium* и отсутствие видов р. *Cladosporium*. Известно, что ДОФ, содержащий в своей структуре сложноэфирные связи, является очень хорошим субстратом для различных грибов, обладающих высокой эстеразной активностью.

При введении в исходную рецептуру № 1 в композит керамического наполнителя (рецептура № 4) среди деструкторов появляется представитель класса *Ascomycetes* (*Chaetomium globosum*). По-видимому, это связано с тем, что в составе керамического наполнителя могут находиться растительные остатки (целлюлоза), а из научных источников известно, что грибы р. *Chaetomium* – активные продуценты целлюлаз. Следует отметить также, что из 11 видов микромицетов, выделенных с данной композиции значительно преобладают грибы р. *Alternaria* и *Penicillium*. Показано также для рецептуры № 4, по-сравнению с рецептками № 1 и № 2, увеличение количества представителей р. *Alternaria* и уменьшение количества видов р. *Cladosporium*, что, по-видимому, связано с высокой целлюлазной активностью микромицетов р. *Alternaria*, которые с появлением в составе рецептуры целлюлозы начали активно развиваться, подавляя при этом рост и развитие грибов р. *Cladosporium*.

Результаты исследований, представленные в табл. 2, показали, что количественный состав микрофлоры на образцах полимерных композитов, помещенных на длительный период в воздушную среду на расстоянии 400 м от моря, несколько уменьшается по сравнению с микрофлорой образцов, находящихся такой же период времени в воздушной среде, но ближе к морю (25 м). Это может быть связано с некоторым уменьшением влажности при удалении от моря (микроскопические грибы развиваются интенсивнее во влажных условиях). Однако, несмотря на это, сохраняется сходная тенденция преобладания тех или иных видов на образцах с различными компонентами (как и в условиях удаления от моря на 25 м).

Так, с композиции № 1 (Эпоксидная смола ЭД-20+ Отвердитель АФ-2) в этих условиях были выделены также грибы, принадлежащие к трем семействам *Moniliaceae*, *Dematiaceae* и *Tuberculariaceae*. Преобладали также грибы р. *Cladosporium* – 4 вида.

Добавление в рецептуру исходного композита такого ингредиента, как ДОФ, в этом случае не приводит к какому-либо значительному изменению видового состава контаминаントов. Обнаружены грибы двух сем. *Moniliaceae* и *Dematiaceae* р.р. *Aspergillus*, *Penicillium*, *Cladosporium* и *Alternaria*, обладающих пулом ферментов с высокой активностью.

На рецептуре (Эпоксидная смола ЭД-20 + Отвердитель АФ-2+ керамический наполнитель) опять же, как и на такой же рецептуре, но находящейся на расстоянии 25 м от моря, отмечено появление целлюлозоразрушающего аскомицета *Chaetomium globosum* и преобладание грибов р. *Alternaria* с высокой целлюлазной активностью.

Таким образом, степень удаления от моря эпоксидных композиций не оказывала существенного влияния на видовое богатство микрофлоры, выделенной с образцов различного состава.

Иная картина изменения видового состава микромицетов наблюдалась на вышеуказанных композитах, помещенных на поверхность почвы на расстоянии 400 м от моря (табл. 3).

Отмечено появление среди деструкторов композитов аэробных бактерий и преобладание среди грибов сем. *Moniliaceae* (р.р. *Aspergillus* и *Penicillium*), что, по-видимому, связано с преобладанием этой микрофлоры в почве данной климатической зоны. Появление среди деструкторов бактерий связано с некоторым снижением видового богатства грибов на исследуемых композитах.

Так, состав микрофлоры, выделенной с исходной композиции (Эпоксидная смола ЭД-20 + Отвердитель АФ-2), представлен 10 видами микромицетов р.р. *Aspergillus*, *Penicillium* и *Verticillium* – сем. *Moniliaceae* и р. *Fusarium* – сем. *Tuberculariaceae*. Полностью отсутствовали представители сем. *Dematiaceae*, котнаминирующих данные рецептуры, находящиеся в атмосферных условиях (р.р. *Cladosporium* и *Alternaria*).

С образцов композиции (Эпоксидная смола ЭД-20 + Отвердитель АФ-2 + карбамидная смола ПКП-2) было выделено в чистую культуру только 7 видов микромицетов, относящихся к сем. *Moniliaceae* р.р. *Aspergillus* – 2 вида *Penicillium*-2. Вместо грибов сем. *Tuberculariaceae* присутствуют микромицеты сем. *Dematiaceae*, которые представлены 3 видами р. *Cladosporium*.

Однако в композите с керамическим наполнителем опять присутствовали представители всех 3 сем. *Moniliaceae* *Tuberculariaceae* и *Dematiaceae* – класс *Hymomycetes*. Кроме этого, появляется новый вид *Mucor circinelloides* (класс *Zygomycetes*). Так же, как и в двух таких же рецептурах, находящихся в воздушной среде, обнаружен целлюлозоразрушающий гриб *Chaetomium globosum* (класс *Ascomycetes*). Это еще раз подтверждает высказанное нами ранее предположение, что керамический наполнитель содержит в своем составе органические загрязнители различного химического состава.

Выводы:

1. Установлен видовой состав микроорганизмов, заселяющихся на эпоксидных композициях при выдерживании образцов во влажных условиях Черноморского побережья на поверхности почвы и на воздухе на различном удалении от побережья.

2. Показано изменение видового состава в эпоксидных композитах при введении в составы добавок карбамидной смолы, диоктилфталата и керамического наполнителя. В целом видовой состав мицелиальных грибов на материалах сохраняется в зависимости от удаленности распространения образцов от морского побережья с уменьшением роста биомассы, а в почвенной среде наряду с мицелиальными грибами получили развитие бактерии.

Список литературы

1. Ерофеев В.Т., Соколова Ю.А., Богатов А.Д. [и др.]. Эпоксидные полимербетоны, модифицированные нефтяными битумами, каменноугольной и карбамидной смолами и аминопроизводными соединениями. – М.: Изд-во «Палеотип», 2008. – 244 с.
2. Соломатов В.И., Ерофеев В.Т., Смирнов В.Ф. [и др.]. Биологическое сопротивление материалов. – Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2001. – 196 с.
3. Каблов Е.Н. Коррозия или жизнь // Наука и жизнь, 2012, № 11. – С. 16-21.
4. Ерофеев В.Т., Родин А.И., Богатов А.Д. [и др.]. Биоцидный портландцемент с улучшенными физико-механическими свойствами // International Journal for Computational Civil and Structural Engineering, Volume 8, Issue 3, 2012. – С. 81-92.

Erofeev V.T. – doctor of technical sciences, professor

E-mail: fac-build@adm.mrsu.ru

Lazarev A.V. – post-graduate student

E-mail: a.v.lazarev@yandex.ru

Bogatov A.D. – candidate of the technical sciences, associate professor

E-mail: bogatovad@list.ru

Mordovian State University

The organization address: 430005, Russia, Saransk, Bolshevikskay st., 68

Smirnov V.F. – doctor of the biological sciences, professor

Smirnova O.N. – candidate of the biological sciences, associate professor

Zaharova E.A. – research associate

E-mail: protectfun@mail.ru

Nizhny Novgorod State University

The organization address: 603950, Russia, N. Novgorod, Gagarina st., 23

Structure of micro flora's kinds allocated from polymeric composites on the basis of epoxide pitches in the conditions of humid sea climate

Resume

Practically all construction materials and products are operated in the conditions of microorganisms favorable for reproduction and by that dangers of biological destruction are potentially subject. It is obvious that research of biological firmness of materials and their right choice depending on specific conditions of operation, reduce the biological influence made on a designs and products that in turn, ensures more reliable and stable functioning of buildings and constructions.

It is known that action of climatic factors causes change of basis and structure of polymeric materials and, as a result, changes specific structure of the microorganisms participating in destructive processes. The purpose of the real work was to study the changes of specific wealth of the micro flora, allocated from epoxy polymers depending on their structure and service conditions (humid sea climate). Compositions on the basis of epoxy the ED-20 brands cured by an aminofenoling hardener of the AF-2 brand were considered. Separate mixes included softeners: carbamide pitch of the PKP-2 type and dioktilftalat, and also ceramic powder.

Change of specific structure of microorganisms in epoxy composites is shown at introduction of additives of carbamide pitch in them, dioktilftalat and ceramic filler. It is established that as a whole the specific structure of fungus on materials remains depending on remoteness of distribution of samples from the sea coast with reduction of growth of a biomass, and in the soil environment along with fungus have bacterium development.

Keywords: biological firmness, polymeric composition, climatic influence, epoxide pitch, microscopic organisms.

References

1. Yerofeev V.T., Sokolova Yu.A., Bogatov A.D. [etc.]. Epoxy polymer concrete, modified by oil bitumens, coal and carbamide pitches and amin derivatives of connections. – M.: Paleotip publishing house, 2008. – 244 p.
2. Solomatov V.I., Yerofeev V.T., Smirnov V.F. [etc.]. Biological resistance of materials. – Saransk: Publishing house Mordovian university, 2001. – 196 p.
3. Kablov E.N. Corrosion or life // Science and life, 2012, № 11. – P. 16-21.
4. Yerofeev V.T., Rodin A.I., Bogatov A.D. [etc.]. Biocidal portlandcement with the improved physicomechanical properties // International Journal for Computational Civil and Structural Engineering, Volume 8, Issue 3, 2012. – P. 81-92.

УДК 691.322

Назиров Р.А. – доктор технических наук, профессор

E-mail: nazirovr@rambler.ru

Волков А.Н. – аспирант

E-mail: volkov-sasha@yandex.ru

Фаткулина-Яськова Л.М. – аспирант

E-mail: lyudmila-fatkulina@yandex.ru

Инженерно-строительный институт Сибирского федерального университета

Адрес организации: 660041, Россия, г. Красноярск, пр. Свободный, д. 82

Моделирование теплопроводности легких бетонов на крупном заполнителе

Аннотация

Проведен обзор аналитических формул расчета теплопроводности двухкомпонентных систем. Представлены результаты расчета теплопроводности бетона как композиционного материала, состоящего из цементно-песчаной матрицы и крупного заполнителя. Получены уравнения регрессии теплопроводности легкого бетона, состоящего из единичного зерна крупного заполнителя и окружающей его цементно-песчаной матрицы, и модели бетона сложной структуры. Установлена степень влияния теплопроводности матрицы, заполнителя и объемной доли распределенной фазы на коэффициент теплопроводности бетона. Показана возможность расчета теплопроводности легкого бетона сложной структуры на основе геометрической модели элементарной ячейки.

Ключевые слова: легкий бетон на крупном заполнителе, коэффициент теплопроводности, аналитические формулы, метод конечных элементов, элементарная ячейка.

Широко распространенным и эффективным методом теоретического исследования теплопроводности капиллярно-пористых материалов является принцип обобщенной проводимости, основывающийся на аналогии между дифференциальными уравнениями потока тепла и массы, электрического тока, магнитной и электрической индукции. Определение теплопроводности с использованием подобных методов не дает наглядного представления о процессах теплопередачи и теплораспределения в материале и в то же время требует длительного времени для получения достоверных результатов. Наиболее эффективным способом определения теплотехнических характеристик составов и исследования их свойств является способ рассмотрения реальной структуры материала, ее моделирования и расчет в программных комплексах, основывающихся на методе конечных элементов. Ниже представлены способы определения теплопроводности легкого бетона на крупном заполнителе с использованием аналитического метода расчета и метода конечных элементов.

Подробный анализ моделей теплопроводности капиллярнопористых тел и дисперсных представлен в [1]. В качестве простейшей модели для исследования теплопроводности рассматривается система, состоящая из плоскопараллельных слоев материалов, имеющих различные коэффициенты теплопроводности. В случае расположения слоев вдоль потока тепла (рис. 1а) теплопроводность системы будет максимальной и в целом рассчитывается по формуле:

$$\lambda_{max} = p \cdot \lambda_p + (1 - p) \cdot \lambda_m. \quad (1)$$

Если слои материалов перпендикулярны потоку тепла (рис. 1б), эффективная теплопроводность системы минимальна и определяется выражением:

$$\lambda_{min} = \frac{\lambda_m \cdot \lambda_p}{p \cdot \lambda_m + (1 - p) \cdot \lambda_p}. \quad (2)$$

Очевидно, что соотношения (1) и (2) обозначают диапазон, в котором находятся значения теплопроводности материалов.

В реальных системах элементарные слои материала могут располагаться под углом к направлению теплового потока. Поэтому для наклонных слоев (рис. 1в), при использовании формул (1) и (2), получено выражение расчета эффективной теплопроводности λ_{eff} (ЭТП) [2]:

$$\lambda_{eff} = \sqrt{\lambda_{max}^2 + \lambda_{min}^2}, \quad (3)$$

где $\lambda_{max} = (p \cdot \lambda_p + (1-p) \cdot \lambda_m) \cdot \cos(\theta)$ и $\lambda_{min} = \frac{\lambda_m \cdot \lambda_p}{p \cdot \lambda_p + (1-p) \cdot \lambda_m} \cdot \sin(\theta)$, а θ – угол наклона слоев к направлению теплового потока.

Параметр θ можно рассчитать по формуле:

$$\tan(\theta) = \left[B \cdot \frac{A_{\perp}}{A_{\parallel}} \cdot F \cdot p^2 \cdot (\psi \cdot \frac{\lambda_m}{\lambda_p})^{1/2} \right], \quad (4)$$

где B – коэффициент, зависящий от характера упаковки частиц и их состава; A_{\perp} и A_{\parallel} – площади поверхности элементарных слоев, соответственно перпендикулярных и параллельных тепловому потоку; ψ – отношение площади правильного шара к фактической площади частицы, отличной от шара; F – коэффициент, зависящий от геометрии прохождения теплового потока в двухфазной системе. Для коэффициента F получены численные значения: $F=1,15$ для двухфазной гранулированной системы; $1,7$; $0,67$ и $1,05$, соответственно для суспензий, эмульсий и твердых тел.

Позднее, для получения значений угла θ авторы работы [3] преобразуют формулу (3) к виду:

$$A \cdot \sin^2(\theta) + B = 0. \quad (5)$$

По данным этих же авторов средняя ошибка между расчетом по этой модели и экспериментальными данными не превысила 5 %. К достоинствам этой модели они относят и отсутствие необходимости определения параметров, входящих в формулу (4), в том числе и коэффициента, учитывающего форму частиц дисперсной фазы.

Авторы [4] для расчета ЭТП двухфазных композиций предложили эмпирическую формулу Ассада:

$$\frac{\lambda_{eff}}{\lambda_m} = \left(\frac{\lambda_p}{\lambda_m} \right)^k, \quad (6)$$

где $k = c \cdot p$ и $c \cong 1$. При $c=1$ эффективная теплопроводность определяется как среднее геометрическое значений λ_m и λ_p .

На оценке среднего геометрического значения базируется расчет ЭТП двухфазных систем моделей Veerendra и Chaudhary, используемая авторами [4]:

$$\lambda_{eff} = \lambda_m^n \cdot \lambda_p^{(1-n)}. \quad (7)$$

В формуле (7) n – доля системы ориентированная параллельно тепловому потоку и $(1-n)$ – перпендикулярно. Величина n зависит от пористости и отношения λ_m/λ_p .

Для $\lambda_m > \lambda_p$ авторы [4] рекомендуют расчет ЭТП производить по формуле:

$$\lambda_{eff} = p \cdot \lambda_p \cdot e^{-\frac{(\lambda_p - 1)}{\lambda_m} \cdot (1-p)} + (1-p) \cdot \lambda_m \cdot e^{\frac{(\lambda_p - 1)}{\lambda_m} \cdot p} \pm p \cdot (1-p) \cdot \sqrt{\lambda_p \cdot e^{-\frac{(\lambda_p - 1)}{\lambda_m} \cdot (1-p)} \cdot \lambda_m \cdot e^{\frac{(\lambda_p - 1)}{\lambda_m} \cdot p}}. \quad (8)$$

Формула хорошо согласуется с экспериментальными результатами оценки ЭТП дисперсных систем. Для распределенных в твердой фазе частиц предлагается в формулу (8) перед квадратным корнем ввести эмпирический коэффициент f , учитывающий форму этих частиц (φ) их λ_p и теплопроводность матрицы λ_m , $f = \varphi \cdot (\lambda_m/\lambda_p)^{1/3}$ [4].

Модель Pande и Chaudhary используется авторами [4] для двухфазных, дисперсных гранулированных материалов, модифицируется для твердой фазы и распределенных в ней частиц путем введения коэффициента формы частиц F в формулы:

$$\lambda_{eff} = F \cdot 0,6132 \cdot (\lambda_m \cdot \lambda_p)^{\frac{1}{2}} \cdot (1 - 1,545 \cdot \varepsilon_p^{\frac{2}{3}}) \text{ при } \varepsilon_p > 0 \text{ и } \varepsilon_p = p - 0,5, \quad (9)$$

$$\lambda_{eff} = F \cdot 0,6132 \cdot (\lambda_m \cdot \lambda_p)^{\frac{1}{2}} \cdot (1 + 3,844 \cdot \varepsilon_p^{\frac{2}{3}}) \text{ при } \varepsilon_m > 0 \text{ и } \varepsilon_m = 0,5 - p. \quad (10)$$

Для оценки теплопроводности системы, состоящей из изотропной среды, в которую вкраплены частицы сферической формы (рис. 1г), Максвеллом предложено уравнение, которое в [5] представляется в виде:

$$\frac{\lambda_{eff}}{\lambda_m} = 1 + \frac{3 \cdot \left(\frac{\lambda_p}{\lambda_m} - 1 \right) \cdot p}{\left(\frac{\lambda_p}{\lambda_m} + 2 \right) - \left(\frac{\lambda_p}{\lambda_m} - 1 \right) \cdot p}. \quad (11)$$

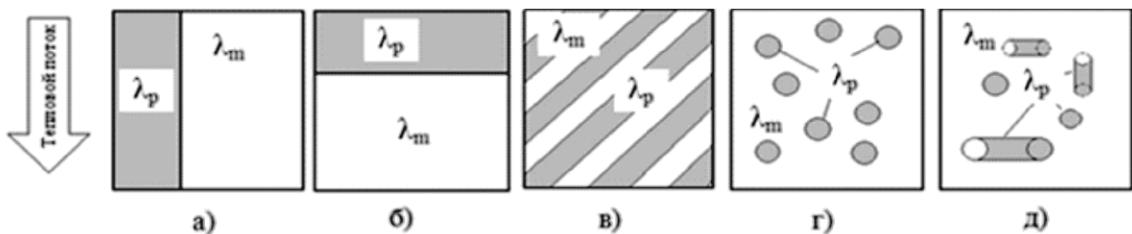


Рис. 1. Системы для исследования теплопроводности материалов

Модель Максвелла получена в предположении случайного распределения сферических частиц малых размеров вдали друг от друга в пределах непрерывной матричной фазы так, чтобы местные искажения теплового потока вокруг каждой из частиц не оказывали взаимного влияния. Эта модель стала основой для разработки моделей, учитывающих искажения изолиний теплового потока вокруг теплоизоляционных частиц, а также их формы.

В этой связи интересна модель Hamilton-Crosser (рис. 1д) [6]:

$$\frac{\lambda_{eff}}{\lambda_m} = \frac{\frac{\lambda_p}{\lambda_m} + (n-1) + (n-1) \cdot (\frac{\lambda_p}{\lambda_m} - 1) \cdot p}{\frac{\lambda_p}{\lambda_m} + (n-1) + (n-1) \cdot p}. \quad (12)$$

При $n=3$ (случай для сферических частиц) формула (13) преобразуется в (12). Для частиц в форме цилиндра $n=6$.

В практических расчетах нашла применение модель эффективной средней теплопроводности двухкомпонентных систем (ЕМТ – модель) с полностью случайнym распределением компонентов:

$$(1-p) \cdot \frac{\lambda_m - \lambda_{eff}}{\lambda_m + 2 \cdot \lambda_{eff}} + p \cdot \frac{\lambda_p - \lambda_{eff}}{\lambda_p + 2 \cdot \lambda_{eff}} = 0. \quad (13)$$

Формула Максвелла-Эйкена используется для расчета теплопроводности твердой фазы:

$$\lambda_{eff} = \lambda_m \cdot \left[\frac{1+2 \cdot p \cdot \frac{1-\lambda_m/\lambda_p}{2\lambda_m/\lambda_p+1}}{1-p \cdot \frac{1-\lambda_m/\lambda_p}{2\lambda_m/\lambda_p+1}} \right]. \quad (14)$$

Известна формула В.И. Оделевского, полученная для расчета проводимости матричной двухфазной гетерогенной системы:

$$\lambda_{eff} = \lambda_m \cdot \left(1 - \frac{p}{\frac{1}{1-\lambda_p/\lambda_m} - \frac{1-p}{3}} \right). \quad (15)$$

Эта формула получена в двухфазной системе, имеющей включения в виде правильных кубов с параллельными ребрами, центры которых образуют кубическую решетку.

Для систем, в которых частицы расположены хаотически, без образования регулярных структур, В.И. Оделевский получил выражение:

$$\lambda_{eff} = \frac{(3 \cdot \vartheta_1 - 1) \lambda_m + (3 \cdot \vartheta_2 - 1) \lambda_p}{4} + \sqrt{\left(\frac{(3 \cdot \vartheta_1 - 1) \lambda_m + (3 \cdot \vartheta_2 - 1) \lambda_p}{4} \right)^2 + \frac{\lambda_m}{2 \cdot \lambda_p}}. \quad (16)$$

В этих формулах λ_{eff} , C_m и λ_p – соответственно эффективная теплопроводность и теплопроводности матрицы и расположенных в ней частиц, p – пористость системы; ϑ_1 и ϑ_2 – объемы соответствующих фаз.

Хорошее согласие с экспериментальными данными для двухфазных систем имеет расчет по формуле, предложенной Р.И. Гаврильевым [7], [8]:

$$\lambda_{eff} = \lambda_m \cdot \left[1 + \frac{(\lambda_p - \lambda_m) \cdot p}{\lambda_m + K_f \cdot (1-p) \cdot (\lambda_p - \lambda_m)} \right]. \quad (17)$$

В этой формуле K_f – коэффициент формы расположенной фазы и может изменяться от 0 до 1. Для сферической формы $K_f = 0,33$.

Зависимость теплопроводности бетона от теплопроводности его составляющих и содержания заполнителя исследована С.М. Ицковичем [9] теоретически на кубических моделях раствора и заполнителя. Модель представляла собой кубическую ячейку из

цементного раствора, внутри которой находится заполнитель такой же формы. В результате получено следующих два выражения:

$$\lambda_{eff} = \lambda_m \cdot \left[1 + p^{2/3} \left(\frac{1}{1-p^{2/3} \cdot (1-\lambda_m/\lambda_p)} - 1 \right) \right]. \quad (18)$$

$$\lambda_{eff} = \frac{\lambda_m}{1-p^{2/3} \cdot \left(1 - \frac{1}{1+p^{2/3} \cdot (\lambda_p/\lambda_m - 1)} \right)}. \quad (19)$$

Формулы (18) и (19) дают при расчете близкие результаты, охватывающие область возможных значений теплопроводности бетона на конкретном заполнителе. Входящий в эти формулы параметр λ_p , по рекомендациям автора, следует определять испытанием в бетоне при зафиксированных параметрах λ_m и p .

Авторы [10], рассматривая элементарную ячейку бетона в виде сферы (рис. 2), вывели формулу для расчета теплопроводности бетона.

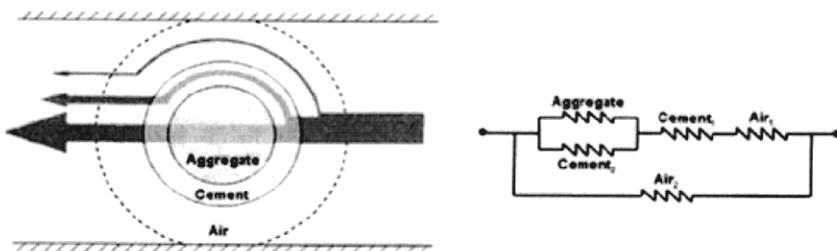


Рис. 2. Структура материала (слева) и аналогичная ей электрическая сетевая модель (справа) теплового потока воздухопроницаемости бетона [10]

$$\lambda_{eff} = (\varphi_a + \varphi_c) \cdot \left[\frac{\lambda_c \cdot \lambda_v}{\varphi_c \cdot \lambda_v + \varphi_v \cdot \lambda_m} + (\varphi_c \cdot \lambda_c + \varphi_a \cdot \lambda_a) \right] \cdot (1 - p_t). \quad (20)$$

В данной формуле $\varphi_a, \varphi_c, \varphi_v$ – объемные части заполнителя, цементного камня и сообщающихся воздушных пор; p_t – микропористость цементного камня, определяемая по формуле:

$$p_t = \frac{\omega/c - 0,17 \cdot H}{0,317 - \omega/c}, \quad (21)$$

где ω/c – водоцементное отношение; H – степень гидратации цемента.

В работе показано, что результаты расчета по формуле значительно ближе к значениям теплопроводности, определенным экспериментальным путем.

Б.И. Кауфман [11] эмпирическим путем вывел формулу зависимости ЭТП от плотности и диаметра пор, которая представляется в следующем виде:

$$\lambda_{eff} = 0,022 \cdot \left[\left(0,81 \cdot \lg \frac{d}{0,14} + 0,215 \cdot (d - 0,14) \right) \cdot \frac{0,35^{2/3}}{\gamma} + 5 \cdot \gamma^{1,1} \cdot 1,68^\gamma + 1 \right]. \quad (22)$$

где d – средний диаметр пор, мм; γ – плотность в сухом состоянии, t/m^3 ; 0,022 – теплопроводность воздуха, ($\text{кал}/\text{м} \cdot \text{ч} \cdot {}^\circ\text{C}$); 0,14 – средний диаметр пор, мм.

Решение материаловедческих задач с использованием принципа обобщенной проводимости оказывается наиболее эффективным, если оно сопровождается рассмотрением структуры материалов. Для легких бетонов это означает необходимость изучения пористости вяжущего и заполнителя, состава и свойств фаз, заполняющих эти поры; свойств и размеров заполнителя, его количества и расположения к направлению теплового потока; оценку влияния кондуктивной, конвективной и радиационной составляющих на эффективную теплопроводность бетона. Учет всех этих факторов, а также значительная их вариабельность обуславливает значительные трудности теоретического анализа и математического описания тепловых потоков в многокомпонентных строительных материалах. Почти все полученные к настоящему времени соотношения основаны на некотором упрощении физической картины переноса тепла и идеализированном представлении о структуре материала.

Наиболее эффективным методом проектирования составов и исследования свойств в строительном материаловедении является метод, основывающийся на рассмотрении реальной структуры материала, моделировании такой системы, ее расчете и экспериментальной проверке полученных результатов. Такой метод позволяет сократить количество трудоемких,

долговременных, сложных и зачастую дорогостоящих экспериментальных исследований. Развитию такого подхода способствует совершенствование вычислительной техники, методов и технологий численного моделирования. Расчеты по определению основных теплотехнических параметров материалов позволяют выполнить такие программные комплексы, как ANSYS. Используя подобные специализированные программные средства, можно с успехом проектировать многокомпонентные составы строительных материалов с заданными строительно-техническими свойствами.

В качестве простейшей модели легкого бетона, состоящего из цементно-песчаного раствора и теплоизоляционного заполнителя, выбрана элементарная ячейка в виде куба единичного объема, наполненного цементно-песчаным раствором, внутри которого находится шарообразный заполнитель из теплоизоляционного материала (рис. 4а).

На противоположных сторонах элементарной ячейки задавались граничные условия третьего рода, характеризующие закон конвективного теплообмена между поверхностью тела и окружающей средой при постоянном потоке тепла. В этом случае количество тепла, передаваемое (или получаемое) телом в единицу времени с единицы площади поверхности в окружающую среду (из окружающей среды) с температурой прямо пропорционально разности температур между поверхностью тела и окружающей средой ΔT , т.е.:

$$q = \alpha \Delta T, \quad (23)$$

где α – коэффициент пропорциональности, называемый коэффициентом теплообмена, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \times ^\circ\text{C})$. Зная α , q и средние температуры на «горячей» T_h и «холодной» T_c поверхности, коэффициент теплопроводности элементарной ячейки можно рассчитать по формуле:

$$\lambda = \frac{q\delta}{T_h - T_c}. \quad (24)$$

Для теоретического эксперимента реализован метод математического планирования. Наименование варьируемых факторов и уровни варьирования представлены в таблице 1.

Таблица 1

Наименование варьируемых факторов и уровни варьирования

Наименование фактора	Обозначение	Уровни варьирования		
		-1	0	+1
Теплопроводность непрерывной фазы (растворная часть)	λ_m	0,4	0,8	1,2
Теплопроводность диспергированной фазы (заполнитель)	λ_p	0,07	0,14	0,21
Отношение диаметра заполнителя к длине стороны элементарной ячейки (отношение объемов)	R (V)	0,65 (0,144)	0,80 (0,268)	0,95 (0,449)

В результате расчета 15 комбинаций варьируемых в трех уровнях факторов по плану Box-Behnke (Таблица 2) получены следующие адекватные уравнения регрессии:

$$\lambda = 0,550 + 0,254\lambda_m + 0,033\lambda_p - 0,104R - 0,067\lambda_m R + 0,015\lambda_p R \quad (25)$$

и

$$\lambda = -0,027 + 1,543\lambda_m - 0,666\lambda_p - 0,01R - 0,047\lambda_m \lambda_p - 1,109\lambda_m R + 1,461\lambda_p R, \quad (26)$$

$$\lambda = 0,964\lambda_m - 0,512p + 0,841p^2 - 1,076\lambda_m p + 1,429\lambda_p p + 0,029 \quad (27)$$

В уравнении (25) величины варьируемых факторов представляются в кодированных единицах, т.е. от -1 до +1, а в уравнениях (26) и (27) в натуральных (теплопроводность в $\text{Вт}/(\text{м}\cdot\text{K})$, геометрические параметры R и p в относительных единицах).

Как и следовало ожидать, теплопроводность элементарной ячейки увеличивается с увеличением теплопроводности матрицы и заполнителя и уменьшается с увеличением относительной объемной доли заполнителя, имеющего низкую теплопроводность. По степени влияния на выходной параметр значимые коэффициенты уравнения (25) можно расположить в следующем порядке:

$$\lambda_m > R > \lambda_m R > \lambda_p > \lambda_p R. \quad (28)$$

Это хорошо иллюстрируется на рис. 3 по наклону и форме изолиний.

В таблице 2 представлен расчет коэффициента теплопроводности элементарной ячейки по уравнениям (25), (26), (27) и численное решение методом конечных элементов (МКЭ). Нетрудно заметить, что расчеты дают хорошо сопоставимые результаты.

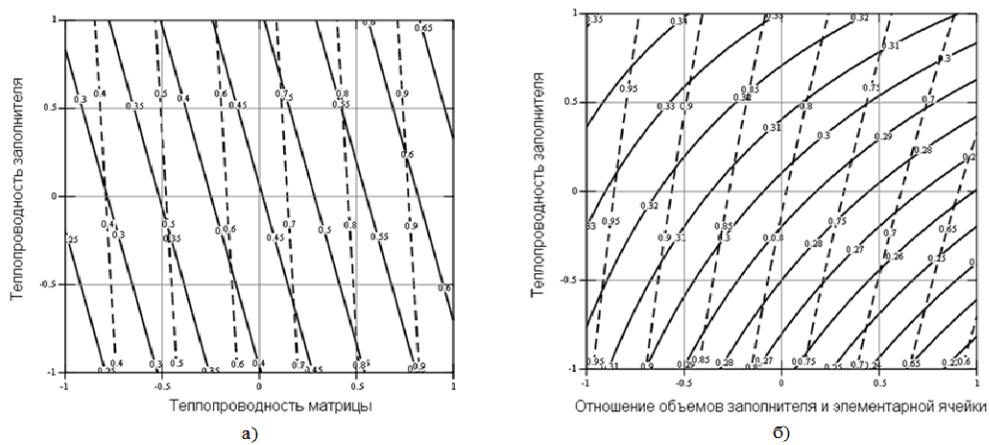


Рис. 3. Изолинии теплопроводности элементарной ячейки:

- a) — минимальный объем заполнителя, $R = -1$;
- максимальный объем заполнителя, $R = +1$.
- б) — минимальная теплопроводность матрицы;
- максимальная теплопроводность матрицы

Таблица 2

Коэффициенты теплопроводности элементарной ячейки по уравнениям (25), (26), (27) и численное решение методом конечных элементов (МКЭ)

Матрица	Заполнитель	Геометрический параметр		Матрица	Заполнитель	Геометрический параметр		Объем	Температура, $^{\circ}\text{C}$	Результаты расчета коэффициента теплопроводности, $\text{Вт}/(\text{м}^{\circ}\text{C})$			
		на теплой стороне	на холодной стороне			Средняя величина теплового потока, $\text{Вт}/\text{м}^2$	МКЭ			по уравнению (25)	по уравнению (26)	по уравнению (27)	
0	0	0	0,80	0,14	0,80	0,268	17,4	-38,7	30,9	0,551	0,530	0,555	0,569
0	-1	1	0,80	0,07	0,95	0,449	18,3	-39,1	22,8	0,397	0,378	0,403	0,408
0	1	-1	0,80	0,21	0,65	0,144	16,7	-38,4	37,1	0,673	0,652	0,676	0,687
-1	-1	-1	0,40	0,07	0,65	0,144	18,9	-39,2	18,3	0,315	0,296	0,314	0,317
-1	0	1	0,40	0,14	0,95	0,449	19,2	-39,4	15,1	0,258	0,240	0,258	0,269
1	0	-1	1,20	0,14	0,65	0,144	15,1	-37,8	51,4	0,972	0,954	0,985	0,995
1	1	1	1,20	0,21	0,95	0,449	16,6	-38,4	37,3	0,678	0,663	0,691	0,707
-1	1	0	0,40	0,21	0,80	0,268	18,8	-39,2	19,0	0,328	0,310	0,329	0,327
1	-1	0	1,20	0,07	0,80	0,268	16,1	-38,2	42,0	0,773	0,751	0,783	0,803
1	0	1	1,20	0,14	0,95	0,449	16,9	-38,5	35,1	0,634	0,614	0,644	0,660
-1	-1	0	0,40	0,07	0,80	0,268	19,2	-39,4	15,2	0,259	0,243	0,261	0,258
0	1	1	0,80	0,21	0,95	0,449	17,7	-38,8	28,2	0,499	0,475	0,499	0,511
-1	0	-1	0,40	0,14	0,65	0,144	18,7	-39,2	19,2	0,332	0,314	0,332	0,344
1	1	0	1,20	0,21	0,80	0,268	15,7	-38,1	44,9	0,835	0,817	0,846	0,872
0	-1	-1	0,80	0,07	0,65	0,144	16,9	-38,5	35,1	0,634	0,616	0,641	0,642

При минимальном отношении объема заполнителя к объему элементарной ячейки, равном 0,144, теплопроводность первого практически не оказывает влияния на теплопроводность системы в целом (рис. 3а). Наибольший темп снижения

теплопроводности элементарной ячейки наблюдается при снижении λ_r , при низкой теплопроводности матрицы (рис. 3б).

Экстремумов рассматриваемой зависимости не наблюдается. Наименьшее расчетное значение теплопроводности при заданных уровнях варьирования, равное $\lambda = 0,211 \text{ Вт}/(\text{м К})$, можно получить при $\lambda_m = -1$ ($0,4 \text{ Вт}/(\text{м К})$), $\lambda_r = -1$ ($0,07 \text{ Вт}/(\text{м К})$) и $R=1$.

С целью сопоставимости расчета теплопроводности по модели элементарной ячейки (рис. 4а) с моделью образца бетона с гексагональной в плане укладкой частиц, нами получено уравнение регрессии (28) для модели, представленной на рисунке 4б (4в):

$$\lambda = 0,593 + 0,267\lambda_m + 0,0265\lambda_p - 0,139R - 0,0826\lambda_m R + 0,016\lambda_p R. \quad (29)$$

$$\lambda = 0,032 + 0,917\lambda_m - 0,062\lambda_p - 0,029p + 0,017\lambda_m\lambda_p - 1,08\lambda_mp + 1,208\lambda_pp. \quad (30)$$

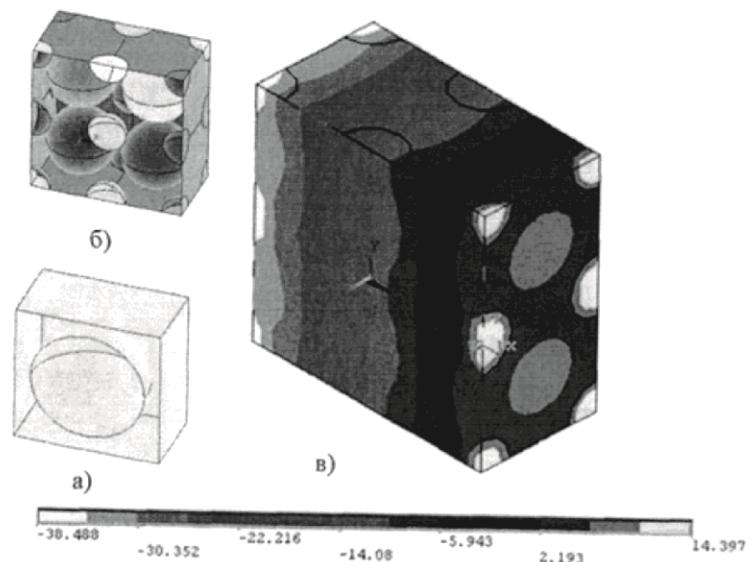


Рис. 4. Модель элементарной ячейки легкого бетона (а), модель легкого бетона (б) с гексагональной укладкой заполнителя и распределение температур в теле и на поверхности образца (в)

Сравнивая постоянные коэффициенты уравнений (25) и (29), нетрудно убедиться, что они одного порядка и имеют одинаковые знаки перед соответствующими переменными. Близость расчетных по уравнениям (25) и (29) значений теплопроводности хорошо иллюстрируется на рис. 5.

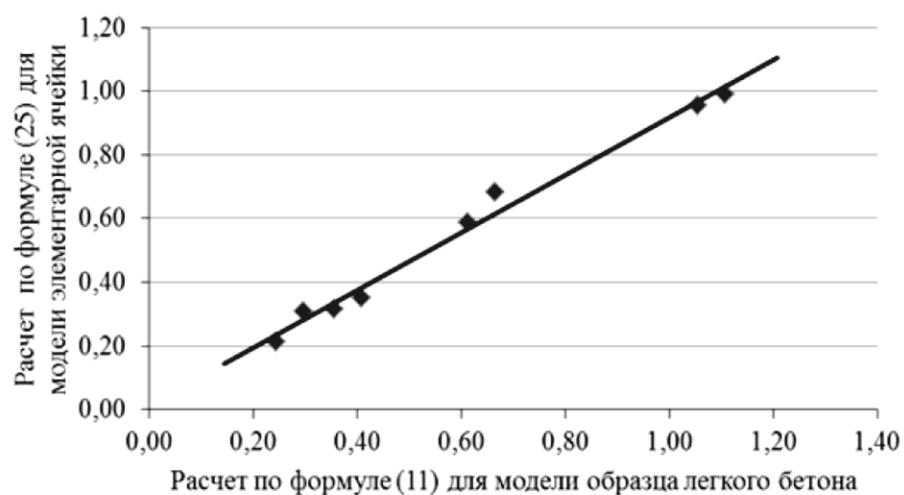


Рис. 5. Сравнение результатов расчета теплопроводности ($\text{Вт}/\text{м К}$) по формулам (25) и (29)

Таким образом, при теоретическом расчете теплопроводности сложной структуры легкого бетона можно использовать простейшую модель элементарной ячейки. Расчет теплопроводности легкого бетона по аналитическим формулам дает очень близкие результаты с расчетами методом конечных элементов. Следует отметить, что теплопроводность теплоизоляционного заполнителя в бетоне может изменяться и, что более вероятно, в большую сторону. Последнее обстоятельство может быть обусловлено проникновением теплопроводного цементного теста в поры заполнителя. Для получения надежных расчетных значений теплопроводности следует оценивать теплопроводность пористого заполнителя в бетоне. Для испытания на теплопроводность из растворной части одного замеса изготавливаются одновременно образцы раствора и бетона путем перемешивания растворной части с легким заполнителем. Значения коэффициентов теплопроводности заполнителя в бетоне можно получить расчетным путем по приведенным выше формулам.

Список литературы

- Лыков А.В. Тепломассообмен (Справочник). – М.: Энергия, 1971. – 550 с.
- Verma L.S., Shrotriya A.K., Singh R., Chaudhary D.R. Prediction and measurement of effective thermal conductivity of three-phase systems // J. Phys. D: Appl. Phys. 24, 1991. – P. 1515-1526.
- Jaggiwanram, Singh R. Effective thermal conductivity of highly porous two-phase systems // Applied Thermal Engineering 24, 2004. – P. 2727-2735.
- Goual M.S., Bali A., Queneudec M. Effective thermal conductivity of clayey aerated concrete in the dry state: experimental results and modeling // J. Phys. D: Appl. Phys. 32, 1999. – P. 3041-3046.
- Wang M., Pan N. Predictions of effective physical properties of complex multiphase materials // Materials Science and Engineering R 63, 2008. – P. 1-30.
- Hamilton R.L., Crosser O.K. Thermal conductivity of heterogeneous two component systems // Industrial and Engineering Chemistry Fundamentals 1, 1962. – P. 187-191.
- Гаврильев Р.И. Особенности изучения теплофизических свойств грунтов с крупнообломочными включениями // Инж. геология, 1986, № 5. – С. 60-71.
- Гаврильев Р.И. Теоретические оценки теплопроводности сегрегационного льда // Научный журнал Криосфера Земли, т. XII, № 2, 2008. – С. 40-46.
- Ицкович С.М., Чумakov Л.Д., Баженов Ю.М. Технология заполнителей бетона // Учеб. Пособие для строительных вузов. – М.: Высшая школа, 1991. – 272 с.
- Wong J.M., Glasser F.P., Imbabi M.S. Evaluation of thermal conductivity in air permeable concrete for dynamic breathing wall construction // Cement & Concrete Composites 29, 2007. – P. 647-655.
- Кауфман Б.И. Теплопроводность строительных материалов. – М.: Государственное изд-во по строительству и архитектуре, 1955. – 157 с.

Nazirov R.A. – doctor of technical sciences, professor

E-mail: nazirovr@rambler.ru

Volkov A.N. – post-graduate student

E-mail: volkov-sasha@yandex.ru

Fatkulina-Yaskova L.M. – post-graduate student

E-mail: lyudmila-fatkulina@yandex.ru

Civil Engineering Institute of the Siberian Federal University

The organization address: 660041, Russia, Krasnoyarsk, Svobodny st., 82

Modelling of the thermal conductivity of the lightweight concrete on the coarse aggregate

Resume

The article presents a detailed analysis of the mathematical models for the determination of the thermal conductivity of two-phase systems. Such systems include lightweight concrete, in which large filler is considered as the dispersed phase in the sand cement matrix. The complexity of the calculation of thermal conductivity of such systems consists in the chaotic distribution of heat-insulating materials (large filler) in the volume of concrete. The calculation results have allowed to receive the regression equation of thermal conductivity of lightweight concrete and to quantify the impact of cement-sand mortar, large filler on the effective thermal conductivity of lightweight concrete. Examined some calculation models determining the thermodynamic characteristics of the material as the complex structure, and on the basis of the model of an «elementary cell». According to the results of theoretical calculations it was found that the determination of the material thermal conductivity of the complex structure is enough to reduce complex configuration of the material to «elementary cell». Such calculation method significantly allows to simplify the solution to a problem of definition of thermal conductivity of light concrete with chaotically distributed large filler of the various form.

Keywords: lightweight concrete on the coarse aggregate, thermal conductivity, analytical formulas, finite element method, unit cell.

References

1. Lykov A.V. Heat and Mass transfer (Handbook). – M., «Energy», 1971. – 550 p.
2. Verma L.S., Shrotriya A.K., Singh R., Chaudhary D.R. Prediction and measurement of effective thermal conductivity of three-phase systems // J. Phys. D: Appl. Phys. 24, 1991. – P. 1515-1526.
3. Jaggiwanram, Singh R. Effective thermal conductivity of highly porous two-phase systems // Applied Thermal Engineering 24, 2004. – P. 2727-2735.
4. Goual M.S., Bali A., Queneudec M. Effective thermal conductivity of clayey aerated concrete in the dry state: experimental results and modeling // J. Phys. D: Appl. Phys. 32, 1999. – P. 3041-3046.
5. Wang M., Pan N. Predictions of effective physical properties of complex multiphase materials // Materials Science and Engineering R 63, 2008. – P. 1-30.
6. Hamilton R.L., Crosser O.K. Thermal conductivity of heterogeneous two component systems // Industrial and Engineering Chemistry Fundamentals 1, 1962. – P. 187-191.
7. Gavriliev R.I. Especially in studies of thermal properties of soils with coarse inclusions.// Engineering geology, № 5, 1986. – P. 60-71.
8. Gavriliev R.I. Theoretical estimates of the thermal conductivity of segregated ice // Scientific journal Earth Cryosphere, t. XII, № 2, 2008. – P. 40-46.
9. Itskovich S.M., Chumakov L.D., Bazhenov Y.M. Technology aggregates for concrete // Schoolbook for building university. – M.: High. school, 1991. – 272 p.
10. Wong J.M., Glasser F.P., Imbabi M.S. Evaluation of thermal conductivity in air permeable concrete for dynamic breathing wall construction // Cement & Concrete Composites 29, 2007. – P. 647-655.
11. Kaufman B.I. Thermal conductivity of building materials. – M.: State Publishing House for Construction and Architecture, 1955. – 157 p.

УДК 691.33

Пименов А.И. – аспирант
E-mail: kreation02@mail.ru

Ибрагимов Р.А. – кандидат технических наук, старший преподаватель
E-mail: rusmag007@yandex.ru

Изотов В.С. – доктор технических наук, профессор
E-mail: v_s_izotov@mail.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

Влияние активации воды затворения и сульфата натрия на свойства цементного раствора

Аннотация

В работе рассмотрено влияние электромагнитной и электрохимической активации воды затворения на сроки схватывания и нормальную густоту цементного теста, а также на свойства цементно-песчаного раствора. Приведено сравнение составов, затворенных на активированной воде с добавкой сульфата натрия. Выявлено влияние активации воды затворения как без добавок, так и с добавкой сульфата натрия на кинетику тепловыделения и контракцию цементного теста.

Ключевые слова: активация, вода затворения, сульфат натрия.

Среди многочисленных способов решения совершенствования приготовления бетонной смеси является модификация свойств цементных систем механическими, физическими, химическими и комбинированными воздействиями. Одним из направлений, а именно активации ее компонентов, является электромагнитная (ЭМА) [1] и электрохимическая (ЭХА) активация воды затворения.

Наиболее доступной и технологичной из них является электрохимическая активация воды и водных растворов с последующим использованием их в качестве жидкости затворения строительных смесей. Однако систематические исследования в этом направлении до настоящего времени не достаточны.

Известно, что активация воды затворения, а именно повышение ее pH приводит к повышению прочности цементного камня до 20 % [6]. Отмечалось [2, 7], что регулирование параметров электрообработки воды затворения дает возможность управлять твердением и физико-механическими свойствами вяжущих материалов. Исследованиями автора [3] показано, что затворение цемента активированной водой и водно-солевыми растворами повышает растекаемость, одновременно наблюдается повышение пластической прочности цементного теста в 2,2 раза и прочности цементного камня до 70 %.

В данной статье приведены результаты сравнительной оценки влияния ЭМА и ЭХА воды на свойства цементного теста и цементно-песчаного раствора.

Электромагнитная активация воды затворения проводилась в специальном приборе, где находился магнитный сердечник, который питался от электрической сети переменного тока. Приготовление кислой и щелочной воды (электрохимическая активация) проводилось в приборе «Мелеста-М». Оптимальное время электрохимической активации составляло 20 минут, и 40 минут – при электромагнитной активации.

Исследовано влияние активации воды затворения на сроки схватывания и нормальную густоту цементного теста, pH воды затворения как на обычном портландцементе, так и с добавлением сульфата натрия (СН). В эксперименте применялся портландцемент Ульяновского завода ПЦ400 Д20. Результаты эксперимента приведены в табл. 1, из которой видно, что активация воды затворения влияет на сроки схватывания цементного теста и на нормальную густоту. Так, начало и конец схватывания сокращаются на воде, активированной электромагнитным полем на 10 и 15 мин, и щелочной воде – на 20 и 35 мин. На кислой воде начало и конец схватывания замедляются на 20 мин.

Таблица 1
**Влияние активации воды затворения и добавки сульфата натрия
на свойства цементного теста**

№	Наименование среды	рН	Состав без добавок			1,5 % СН			2 % СН		
			Н.С., мин	К.С., мин	Н.Г.	Н.С., мин	К.С., мин	Н.Г.	Н.С., мин	К.С., мин	Н.Г.
1	Обычная вода	7,4	260	370	0,27	120	245	0,27	108	220	0,27
2	Кислая вода	3,2	280	390	0,27	125	255	0,27	116	228	0,27
3	Щелочная вода	10,1	240	335	0,26	86	195	0,26	63	154	0,26
4	ЭМА вода	9,4	250	355	0,26	90	205	0,26	70	175	0,26

Таблица 2
**Влияние активации воды затворения и добавки сульфата натрия
на прочность цементно-песчаного раствора**

№ п/п		1		2		3		4	
Наименование среды			Обычная вода	Кислая вода	Щелочная вода	ЭМА вода			
Контрольный	Масса, г		560		566		565		560
	Прочность при изгибе, кг/см ²	R7	<u>32,3</u> 100 %		<u>30,8</u> 95 %		<u>35,9</u> 111 %		<u>33,8</u> 105 %
		R28	<u>53,3</u> 100 %		<u>49,2</u> 92 %		<u>58,9</u> 110 %		<u>56,8</u> 107 %
	Прочность при сжатии, кг/см ²	R7	<u>278,5</u> 100 %		<u>269,2</u> 97 %		<u>307,4</u> 110 %		<u>298,3</u> 107 %
		R28	<u>337,6</u> 100 %		<u>329,3</u> 97 %		<u>364,5</u> 108 %		<u>351,1</u> 104 %
	Масса, г		566		567		570		565
	Прочность при изгибе, кг/см ²	R7	<u>34,9</u> 100 %		<u>32,6</u> 94 %		<u>39,3</u> 113 %		<u>36,4</u> 104 %
		R28	<u>56,8</u> 100 %		<u>55,6</u> 98 %		<u>62,2</u> 110 %		<u>60,2</u> 106 %
1,5 % СН	Прочность при сжатии, кг/см ²	R7	<u>311</u> 100 %		<u>303,6</u> 98 %		<u>339,1</u> 109 %		<u>333,1</u> 107 %
		R28	<u>353,2</u> 100 %		<u>343,7</u> 97 %		<u>387,8</u> 110 %		<u>368,4</u> 104 %
	Масса, г		560		566		565		560
	Прочность при изгибе, кг/см ²	R7	<u>36</u> 100 %		<u>33,8</u> 94 %		<u>39,9</u> 111 %		<u>37,3</u> 104 %
		R28	<u>59,4</u> 100 %		<u>57,2</u> 96 %		<u>64,7</u> 109 %		<u>61,6</u> 104 %
	Прочность при сжатии, кг/см ²	R7	<u>324,1</u> 100 %		<u>310</u> 96 %		<u>343,2</u> 106 %		<u>335,9</u> 104 %
		R28	<u>359,1</u> 100 %		<u>348,7</u> 97 %		<u>390,2</u> 109 %		<u>369,9</u> 103 %

Примечание: показатели рН воды затворения указаны в табл. 1

При введении добавки сульфата натрия на активированной и щелочной воде значительно сокращаются сроки схватывания, особенно на щелочной воде. Начало схватывания цементного теста, затворенного щелочной водой при дозировке 1,5 % СН, сокращается на 34 мин, конец схватывания на 50 мин, а при дозировке 2 % начало схватывания сокращение на 45 мин, а конец схватывания на 66 мин. Сроки схватывания цементного теста, затворенного ЭМА водой с добавкой 1,5 % СН, сокращает: начало схватывания на 30 мин, конец схватывания на 40 мин, при дозировке 2 % СН начало и конец схватывания сокращаются на 38 и 45 мин. На кислой воде эффекта ускорения сроков схватывания не наблюдается.

Таким образом, видно, что цементное тесто, приготовленное на щелочной (ЭХА) воде, имеет более короткие сроки схватывания, чем тесто, полученное на ЭМА воде, как с добавкой СН, так и без нее.

Исследовано влияние активированной воды затворения как без добавок, так и с добавкой СН на прочность при изгибе и сжатии цементно-песчаного раствора в возрасте 7 и 28 суток. Цементные образцы были выполнены согласно ГОСТ 310.4-81. Результаты эксперимента приведены в табл. 2.

В качестве мелкого заполнителя использовался песок Камско-Устьинского месторождения с модулем крупности 2,7. Из табл. 2 видно, что активация воды приводит к повышению прочности раствора при изгибе и сжатии. Так, наибольшее повышение прочности наблюдается в составах, затворенных щелочной водой: прочность при изгибе повышается, относительно контрольного, на 10-11 %, а при сжатии – на 8-10 %. При этом наименьшее повышение прочности раствора наблюдается в составах, затворенных кислой водой.

С добавкой 1,5 % сульфата натрия также наблюдается повышение прочности раствора при активации воды. При этом наибольшее повышение прочности раствора наблюдается в составах, затворенных щелочной водой. Так, прочность при изгибе повышается, относительно обычной воды с добавкой 1,5 % СН, на 10-13 %, а прочность при сжатии – 9-10 %. Наименьшее повышение прочности раствора наблюдается в составах, затворенных кислой водой.

С добавкой 2 % сульфата натрия прочность при изгибе повышается, относительно обычной воды с 2 % СН, на 9-11 %, а прочность при сжатии – 6-9 %. Следовательно, оптимальной дозировкой добавки СН является 1,5 %.

Таким образом, предварительная активация воды затворения позволяет повысить прочность цементных композиций, особенно в образцах, выполненных на ЭХА воде (щелочной воде). Прочность увеличивается, относительно контрольного (в составе без СН), при добавке 1,5 % СН на сжатие на 15-22 %, при изгибе на 17-22 %. При добавке 2 % СН прочность увеличивается при сжатии на 16-23 %, при изгибе на 21-23 %.

Для оценки влияния активации воды затворения и добавки сульфата натрия на процессы гидратации цементного теста применялись методы контракции и тепловыделения.

Определение контракции цементного теста на активированной воде затворения проводилась в приборе «Цемент-прогноз». Результаты испытаний приведены на рис. 1-2.

Из рис. 1 видно, что наибольшая контракция цементного теста наблюдается в составах, затворенных на ЭХА (щелочной) и ЭМА воде. Наименьшая контракция цементного теста наблюдается на ЭХА (кислой) воде.

По данным, приведенным на рис. 2, видно, что с добавкой СН увеличивается удельная контракция цементного теста по сравнению с составом без добавок, и наибольшая контракция цементного теста наблюдается на составах, затворенных ЭХА (щелочной) и ЭМА водой.

Тепловыделение цементного теста проводилось на измерительном комплексе «Термохрон». Результаты испытаний приведены на рис. 3-4.

Из рис. 3 видно, что наибольший температурный максимум наблюдается в составах, затворенных ЭХА (щелочной) водой. В составах, затворенных обычной водой, температурный максимум ниже на 5°C, а в составах, затворенных кислой водой, – на 8°C. Смещение температурного пика кривых на рисунке свидетельствует о более быстрой гидратации составов, затворенных ЭХА (щелочной) и ЭМА водой, по сравнению с другими составами.

По данным, приведенным на рис. 4, видно, что добавка сульфата натрия практически на всех составах увеличивает температурный максимум гидратации цемента, также заметен сдвиг влево пика на 4 часа в составах, затворенных щелочной, кислой и обычной водой, а в составах, затворенных ЭМА водой, не происходит сдвига, наименьшее значение температурного максимума гидратации наблюдается в составе, затворенном на кислой воде.

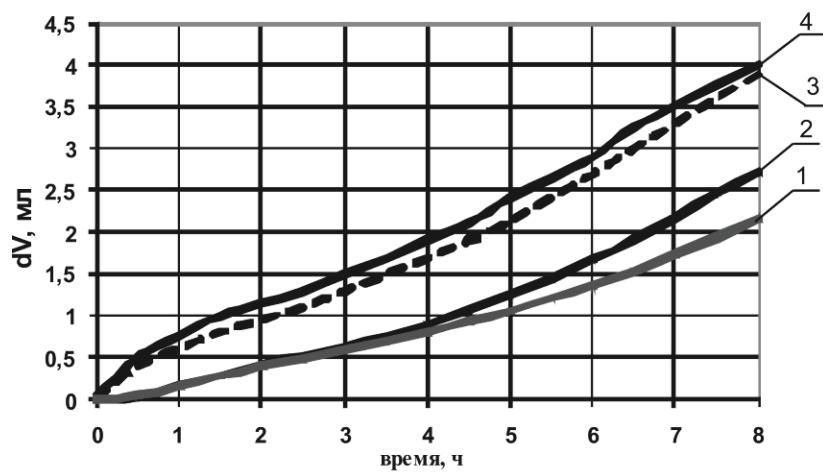


Рис. 1. Контракция цементного теста без добавок: 1 – кислая вода, 2 – неактивированная вода, 3 – вода электромагнитно активированная, 4 – щелочная вода

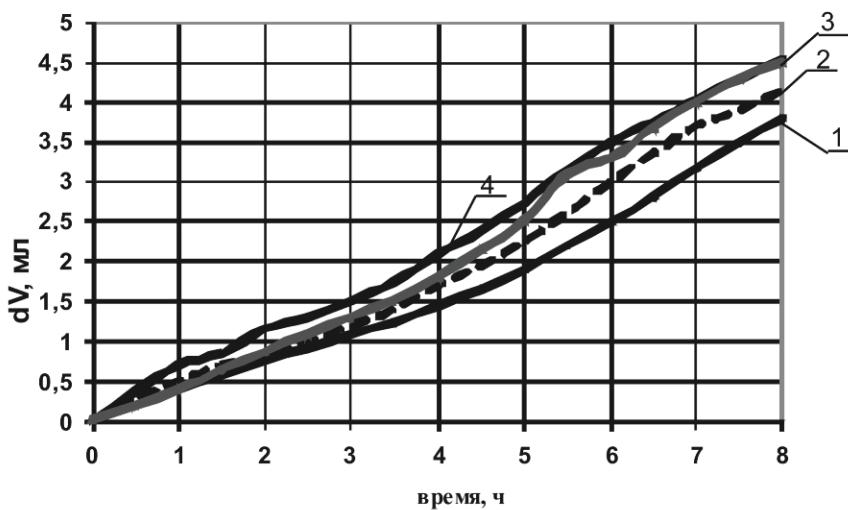


Рис. 2. Контракция цементного теста с добавкой 1,5 % СН: 1 – кислая вода, 2 – неактивированная вода, 3 – вода электромагнитно активированная, 4 – щелочная вода

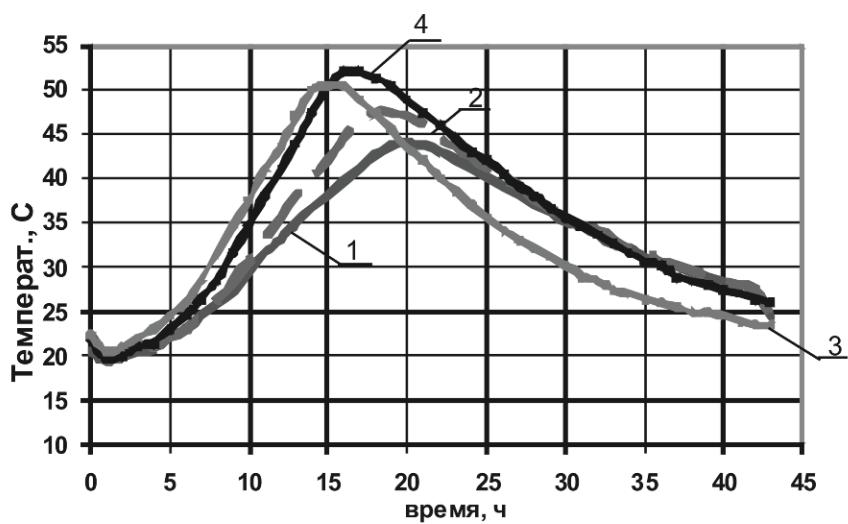


Рис. 3. Тепловыделение цементного теста без добавок: 1 – кислая вода, 2 – неактивированная вода, 3 – вода электромагнитно активированная, 4 – щелочная вода

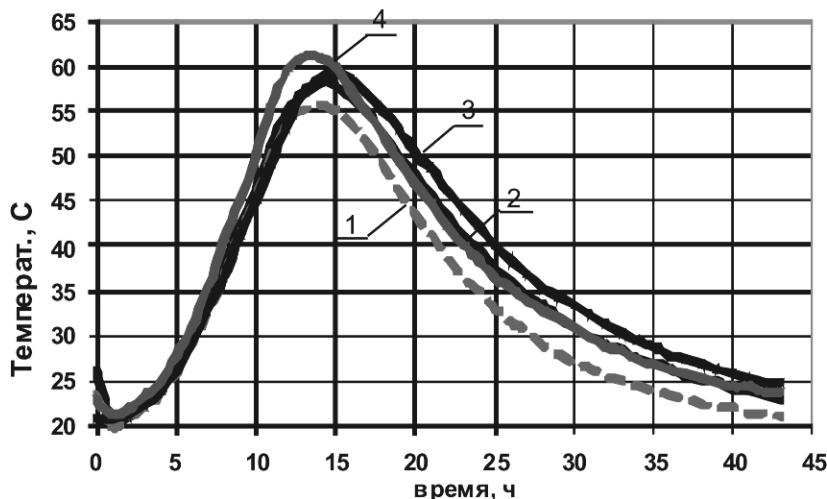


Рис. 4. Тепловыделение цементного теста с добавкой 1,5 % СН: 1 – кислая вода, 2 – неактивированная вода, 3 – вода электромагнитно активированная, 4 – щелочная вода

Анализ полученных данных позволяет сделать следующие выводы:

- 1) вода затворения, активированная различными способами, влияет на свойства цементного теста и раствора. Так, составы, полученные на щелочной воде, имеют более короткие сроки схватывания, по сравнению с другими составами (начало схватывания на 10-40 мин и конец схватывания 20-55 мин);
- 2) прочность при сжатии и изгибе цементно-песчаного раствора увеличивается во всех составах, полученных на активированной воде, при этом наибольшее увеличение прочности наблюдается на составах, приготовленных на щелочной воде (прочность при сжатии увеличивается на 10-11 %, при изгибе – 8-10 %);
- 3) кинетика тепловыделения и контракции цементного теста свидетельствует о более быстрой гидратации портландцемента, затворенного щелочной и активированной водой;
- 4) добавка 1,5 % СН оказывает лучшее влияние на свойства цементного теста и раствора, приготовленного ЭХА (щелочной) водой. Так, начало и конец схватывания сокращаются на 174 и 175 мин, а прочность при изгибе и сжатии увеличивается на 17-22 % и 15-22 % соответственно, по сравнению с контрольным составом.

Список литературы

1. Макаева А.А., Помазкин В.А. Об использовании магнитоактивированной воды для затворения бетонных смесей // Бетон и железобетон, 1998, № 3. – С. 26-28.
2. Макаева А.А., Помазкин В.А. Использование физической активации воды затворения бетонных смесей // Известия вузов. Строительство, 2004, № 3. – С. 31-33.
3. Еремина А.Н. Влияние активированной жидкости затворения на гидравлическую активность и твердение цементных систем. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. – Томск, 2002. – 154 с.
4. ГОСТ 310.4-81. Цементы. Методы определения предела прочности при изгибе и сжатии.
5. Чулкова И.Л., Адеева Л.Н., Бердов Г.И. Влияние добавки сульфата натрия на состав жидкой фазы в процессе гидратации в процессе гидратации клинкерных минералов альита и белита // Строительство, 2008, № 11-12. – С. 14-19.
6. Сафонов В.Н., Кугаевская С.А., Румянцева Е.В. Цикловая магнитная активация жидких сред затворения с нарушенной структурой различного химического состава // Вестник ТГАСУ, 2012, № 3. – С. 133-142.
7. Баженов Ю.М., Фомичев В.Т. и др. Теоретическое обоснование получения бетонов на основе электрохимически- и электромагнитноактивированной воды затворения // Интернет-вестник ВолгГАСУ, 2012, Вып. 2 (22). – 5 с.

Pimenov A.I. – post-graduate student

E-mail: kreation02@mail.ru

Ibragimov R.A. – candidate of technical sciences, senior lecturer

E-mail: rusmag007@yandex.ru

Izotov V.S. – doctor of technical sciences, professor

E-mail: v_s_izotov@mail.ru

Kazan State University of Architecture and Engineering

The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Effect of activation mixing water and sodium sulphate on the properties of cement mortar

Resume

This article presents the results of a comparative evaluation of the influence of electromagnetic activation and electrochemical activation of water on the properties of cement paste and cement-sand mortar.

These results indicate high effectiveness of the compositions, with water and electrochemical electromagnetically activated with a high pH. It is established that the introduction of additives sodium sulfate and activated by alkaline water significantly reduced setting time, especially with alkaline water. Also, the results of study of the effect of mixing water as activated without additives and with the additive in SN flexural and compressive cement-sand mortar at 7 and 28 days. Found that preactivation of mixing water can improve the strength of cement compositions, particularly in the samples produced by electrochemically activated water. Kinetics of heat contraction of the cement paste and indicates more rapid hydration of portland cement and mixing activated alkaline water, in addition, the additive 1,5 % sodium sulfate exerts the best effect on the properties of the cement paste and a solution prepared by electrochemically activated water.

Keywords: activation, mixing water, additives, sodium sulphate.

References

1. Makayeva A.A., Pomazkin V.A. About using magnitoaktivirovannoy water in mixed concrete // Beton I Zhelezobeton, 1998, № 3. – P. 26-28.
2. Makayeva A.A., Pomazkin V.A. The use of water physical activation in concrete mix production // Izvestia vuzov. Stroitelstvo, 2004, № 3. – P. 31-33.
3. Eremina A.N. Influence of activated liquid mixing the hydraulic activity and hardening of cement systems. Dissertation for the degree of Candidate of Technical Sciences. – Tomsk, 2002. – 154 p.
4. GOST 310.4-81. Cements. Methods of bending and compression strength determination.
5. Chulcova I.L., Adeyeva L.N., Berdov G.I. The Influence of Sodium Sulphate Additive on the Liquid Phase Composition during Hydration of Clinker Minerals: Alit and Belit. // Stroitelstvo, 2008, № 11-12. – P. 14-19.
6. Safronov V.N., Kugayevskaya S.A., Rumyantseva E.V. Cycle magnetic activation of liquid media of mixing with the damaged structure of different chemical composition. // Vestnik TGASY, 2012, № 3. – P. 133-142.
7. Bazhenov Y.M., Fomichev V.T. and oth. Production of concrete theoretical foundation based on electrochemically-activated water and electromagnetic mixing // Internet-vestnik VolgGASY, 2012, № 2 (22). – 5 p.

УДК 542.464; 542.913; 544.25.022.5; 544.022.584; 549.07

Потиха И.А. – младший научный сотрудник

E-mail: i.a.pot@web.de

Власов В.В. – кандидат геолого-минералогических наук

Горбачев Б.Ф. – кандидат геолого-минералогических наук

Гревцов В.А. – доктор геолого-минералогических наук

ФГУП «ЦНИИгеминеруд»

Адрес организации: 420097, Россия, Казань, ул. Зинина, д. 4

Перспективы аномально ускоренного синтеза кристаллических фаз при ликвотермально-активном обжиге минерального сырья

Аннотация

Изложены результаты обжига глинистых минералов принципиально новым способом – в солевом расплаве при пониженных температурах, рассмотрен процесс ускоренного и безусадочного синтеза высокотемпературных кристаллических фаз из слоистых силикатов при (ликвотермально-активном) ЛТА-обжиге. Этот способ, разработанный на большом наборе полиминеральных глин различного состава, выгодно отличается от традиционных (газо-воздушная среда, гидротермальная обработка, расплав металла). Температура (ЛТА)-обжига составляет 620–820°C, время получения безусадочного керамического изделия – от 3 до 60 мин.

Ключевые слова: глины, слоистые аллюмосиликаты, ЛТА-обжиг, ГВС, синтез, муллит, карнегиит, солевой расплав.

Введение

В настоящее время традиционно преобладает обжиг (термообработка) минерального природного и техногенного сырья в газо-воздушной среде (ГВС) в печах различных конструкций (муфельных, туннельных, конвейерных, вращающихся и др.), отличающихся способом нагрева, возможностью изменения не только температуры, но и свойств ГВС. Менее распространена гидротермальная обработка (ГТО) в автоклавах при различных температурах и давлениях. Имеются сведения о попытках обжига в жидком теплоносителе – расплаве металла (РМ).

В данной статье изложены результаты обжига глинистых минералов (слоистых аллюмосиликатов) принципиально новым способом – в химически активном жидком теплоносителе – расплаве соли. Этот новый способ обжига сырьевых материалов аллюмосиликатного состава зарегистрирован двумя авторскими свидетельствами (Потиха и др., 1978, 1985) [1, 2] и предварительно охарактеризован в работах [3, 4]. Соответственно, авторами введено новое понятие – ликвотермально-активный обжиг (ЛТА-обжиг).

Предлагаемый способ принципиально отличается от перечисленных выше тем, что обрабатываемый материал или изделие, имеющие комнатную температуру, при атмосферном давлении погружаются в расплав соли с температурами от 300 до 950°C. При этом в объекте термообработки аномально-ускоренно формируются новые кристаллические фазы, в том числе фазы, в составе которых содержатся катионы, перешедшие из расплава соли. Другая отличительная особенность ЛТА-обжига глинистых минералов (слоистых аллюмосиликатов) – отсутствие усадки.

Эксперименты по ЛТА-обжigu глинистых минералов и интерпретация результатов проведены в лабораториях ФГУП «ЦНИИгеминеруд».

Техника проведения экспериментов и методы фазового контроля

Для проведения экспериментов были отобраны представительные пробы каолина, бентонита, диккитового агалльматолита, а также полиминеральные легкоплавкие глины. Агалльматолит и глины проходили ЛТА-обжиг в природном виде, а из каолинов для этих целей были выделены близкие к мономинеральным каолинитовые фракции.

Из проб при влажности до 6 % прессованием при давлении 20 МПа были получены образцы в форме куба с ребром 5 см, из агалльматолита выпиливались кубики

аналогичного размера. Образцы помещались в солевой расплав и выдерживались в нем в течение 10 и 60 мин. Наиболее часто для приготовления расплава использовалась поваренная соль, а для доказательства достоверности идентичности механизма взаимодействия процесса, зависящего от состава расплава на различное минеральное сырье – хлориды лития, бария, нитриды натрия и калия. При извлечении из расплава образцы охлаждались на воздухе. При необходимости, для чистоты эксперимента, образцы подвергались изотермической выдержке над расплавом соли с температурой на 50-100°C выше температуры расплава соответствующей соли и выдерживались над раславом в течение нескольких (1-2) минут до полного стекания расплава соли с образца. Для выяснения механизма фазовых трансформаций проведен ЛТА-обжиг образцов (кубиков), в расплаве NaCl и LiCl, при температурах 820 и 620°C соответственно. Химический состав проб, подготовленных для экспериментов, приведен в табл. 1.

Таблица 1
Химический состав исходных глинистых пород

Месторождение	SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	FeO	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	H ₂ O, 105°C
Еленинское	46,91	39,01	0,04	0,42	0,05	0,10	0,08	-	0,17	13,5
Глуховецкое	47,18	38,30	0,02	0,32	0,12	0,13	0,22	0,05	0,10	13,70
Калактас	46,71	37,22	0,02	0,07	0,11	0,23	0,05	-	0,06	14,43
Гумбрийское	62,68	16,93	0,64	5,38	0,07	2,03	3,57	0,13	0,33	11,2
Огланлинское	3,56	17,20	0,25	1,95	0,08	1,08	3,73	3,25	0,20	8,83
Даш-Салахлы	59,36	15,43	1,30	7,82	0,28	2,13	3,43	1,23	0,30	8,58
Афонинское	73,75	11,81	0,70	3,62	0,49	1,64	1,12	1,01	2,28	3,00
Афанасовское	64,65	11,62	0,68	3,95	0,47	5,57	2,19	1,23	2,12	2,76
Стрижевское	60,03	15,00	0,74	10,6	0,42	0,37	3,30	1,93	1,56	2,28
Кошаковское	69,77	12,89	0,68	4,16	0,44	1,88	2,09	1,22	2,18	2,65

Примечание: 1, 2 – каолинит; 3 – диккит; 4-6 – бентонит; 7-10 – полиминеральные глины

Изучение фазового состава образцов до и после ЛТА-обжига проводилось с использованием рентгеновского фазового анализа, комплексного термического и термогравиметрического анализа (Т-ДТА-ДТГ), электронной микроскопии, ЭПР- и ЯГР-спектроскопии.

– В методе рентгенографии применены дифрактометры ДРОН-1,5 и УРС-50ИМ со счетчиком БДС-6-03 и стойкой ССД-1, с использованием Cu – излучения, Ni – фильтр, скорость вращения счетчика – 1°/мин. Регистрация дифракционных картин осуществлялась на ленту самописца.

– Электронно-микроскопические исследования проводились на просвечивающем микроскопе типа УЭМВ-100 к. В качестве препаратов использовались самооттененные угольные реплики, полученные методом напыления в вакууме на скол образца угольной пленки. Напыление проводилось на приборе ВУП-2К. Толщина напыления угольной пленки варьировалась в пределах 15-25 нм для получения качественного изображения муллитовых глобулей.

– Комплексный дифференциальный термический и термогравиметрический анализы выполнены на термоанализаторе «дериватограф D-1500Q» фирмы МОМ (ВНР) при следующих режимах: чувствительность записи сигналов ДТА, ДТГ-1/5, ТГ – 100 мг; скорость нагрева 10°/мин до 1000°C в платиновых тиглях.

– Контроль распределения ионов Fe²⁺ и Fe³⁺ по структурным позициям минералов, позволивший идентифицировать железосодержащие природные и новообразованные минералы, проведен с помощью резонансных методов: ЭПР- и ЯГР-спектроскопии. Использованы радиоспектрометр ЭПР типа РЭ-1306 и ЯГР-спектрометр на основе многоканального анализатора импульсов NTA-1024 (ВНР). Снимались спектры с порошковых препаратов, взятых из различных участков проб, прошедших ЛТА-обжиг.

Трансформация фазового состава глин при ЛТА-обжиге

В первую очередь, эксперименты проводились на образцах, близких к мономинеральным фракциям – каолинитовым и монтмориллонитовым. В сопоставительных целях к экспериментам были привлечены также кварц, мусковит и смесь аморфных кремнезёма и глинозёма (1:1). Дифрактограммы исходных глинистых пород представлены на рис. 1.

В табл. 2 приведены обобщённые результаты рентгенофазового анализа образцов, прошедшие ЛТА-обжиг при температурах: 620°C (расплав LiCl) и 820°C (расплав NaCl).

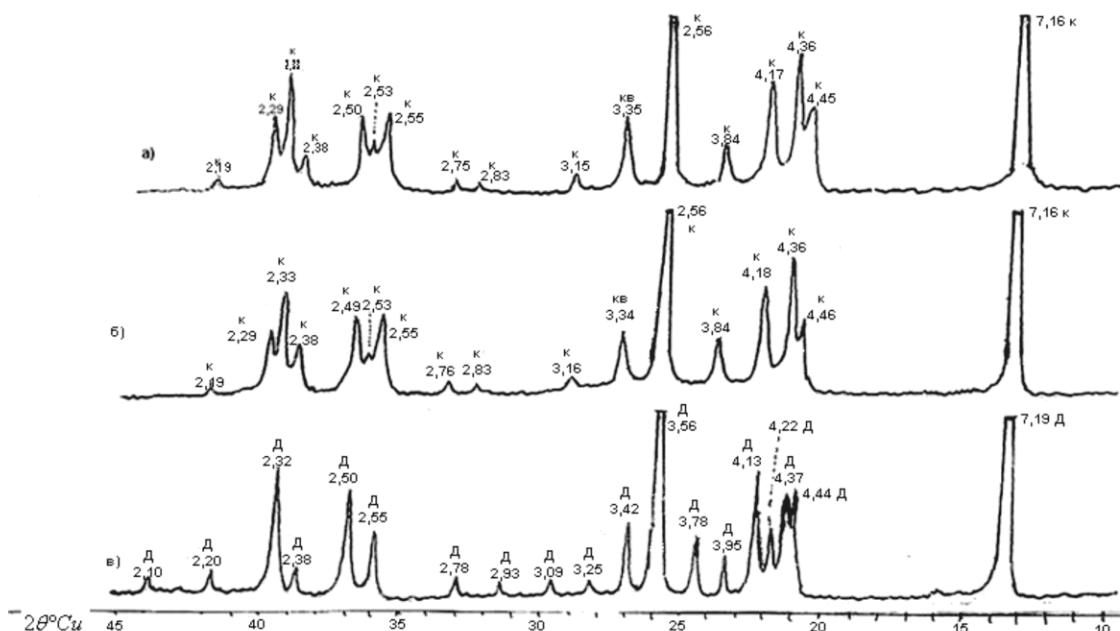


Рис. 1. Дифрактограммы природных (исходных) глинистых пород:
а) еленинский каолинит; б) глуховецкий каолинит; в) диккитовый агальматолит (Калактас).
Обозначения: К – каолинит; Д – диккит; Kv – кварц

Таблица 2

Результаты рентгенофазового анализа мономинеральных образцов, прошедших ЛТА-обжиг в расплаве соли

Мономинеральные фракции	Новообразованные минеральные фазы	
	Расплав LiCl (620°C)	Расплав NaCl (820°C)
кварц	кварц	кварц
смесь аморфных Al_2O_3 и SiO_2 , (1:1)	–	кристобалит карнегиит
мусковит	–	парагонит
монтмориллонит	β -сподумен	карнегиит + стеклофаза
диккит	β -сподумен, муллит	карнегиит, муллит

Кварц при ЛТА-обжиге не претерпел изменений, мусковит частично заменился парагонитом, из смесей аморфных гелей сформировались кристобалит и карнегиит. Наиболее активно реагируют на ЛТА-обжиг образцы глинистых минералов. Экспериментально установлено, что в составе новообразованных кристаллических фаз участвует катион солевого расплава (табл. 3).

Таблица 3

Влияние минерального состава глин и состава расплава соли на формирование новообразованных кристаллических фаз после ЛТА-обжига

Месторождение	Основные компоненты, %	Тип расплава	Температура расплава, °C	Новообразованные фазы
Афонинское	Гидрослюда – 25 смешанно-слойная, кварц – 30-35	LiCl	620	полевой шпат, стеклофаза
		NaCl	820	муллит, полевой шпат, стеклофаза
Кощаковское	Монтмориллонит – 12 кварц – 40, полевой шпат – 15	LiCl	620	полевой шпат, стеклофаза
		NaCl	820	муллит, полевой шпат, стеклофаза
Кощаковское	Монтмориллонит – 30, кварц – 25, полевой шпат – 15	Al	900	стеклофаза
		LiCl	620	полевой шпат, стеклофаза
		NaCl	820	муллит, полевой шпат, стеклофаза
Гумбридское	Монтмориллонит – 80	LiCl	620	β-сподумен, магнетит
		NaCl	820	кристобалит, полевой шпат, стеклофаза
Огландинское	Монтмориллонит – 70	LiCl	620	β-сподумен, муллит
Даш-Салахинское	Монтмориллонит – 85	LiCl	620	β-сподумен, муллит, форстерит
Еленинское	Каолинит – 90	NaNO ₃	320	кариегнит
		LiCl	620	β-сподумен
		NaCl	820	муллит
Глуховецкое	Каолинит – 90	Al	900	кремневая шпинель, кварц
		KNO ₂	300	калиофиллит, кварц
		LiCl	620	β-сподумен
		NaCl	820	муллит, карнегиит
		BaCl ₂	950	цельзиан
Калактас	Диккит – 90	LiCl	620	β-сподумен, муллит
		NaCl	820	муллит, карнегиит

Так, при обжиге в расплаве BaCl₂ (T= 950°C) в образцах формируется бариевый полевой шпат – цельзиан (Ba[Al₂Si₂]O₈), в расплаве KNO₂ (T= 320°C) – калиофиллит (KAlSiO₄), в расплаве NaCl (T= 820°C) – карнегиит (NaAlSiO₄), в расплаве LiCl (T= 620°C) – β-сподумен (LiAl[Si₂O₆]). В зависимости от особенностей химического состава каолиновые, монтмориллонитовые и полиминеральные глины по-разному реагируют на

ЛТА-обжиг (табл. 3). Характерно, что для полиминеральных глин в силу их легкоплавкости, высокого содержания SiO_2 и пониженного Al_2O_3 , наиболее распространенными новообразованиями являются стеклофаза и полевой шпат, муллит. У бентонитов, в связи с содержанием в них MgO , иногда отмечается появление форстерита.

На рис. 2 приведены рентгенограммы, полученные после ЛТА-обжига каолинита и диккитового агальматолита с поверхности образца и после снятия наружного слоя. Установлено, что новообразованные фазы, имеющие в своем составе катион солевого расплава, образуются только у поверхности образца в зоне толщиной 0,1-0,3 мм, в то время как формирование муллита происходит по всему объему образца.

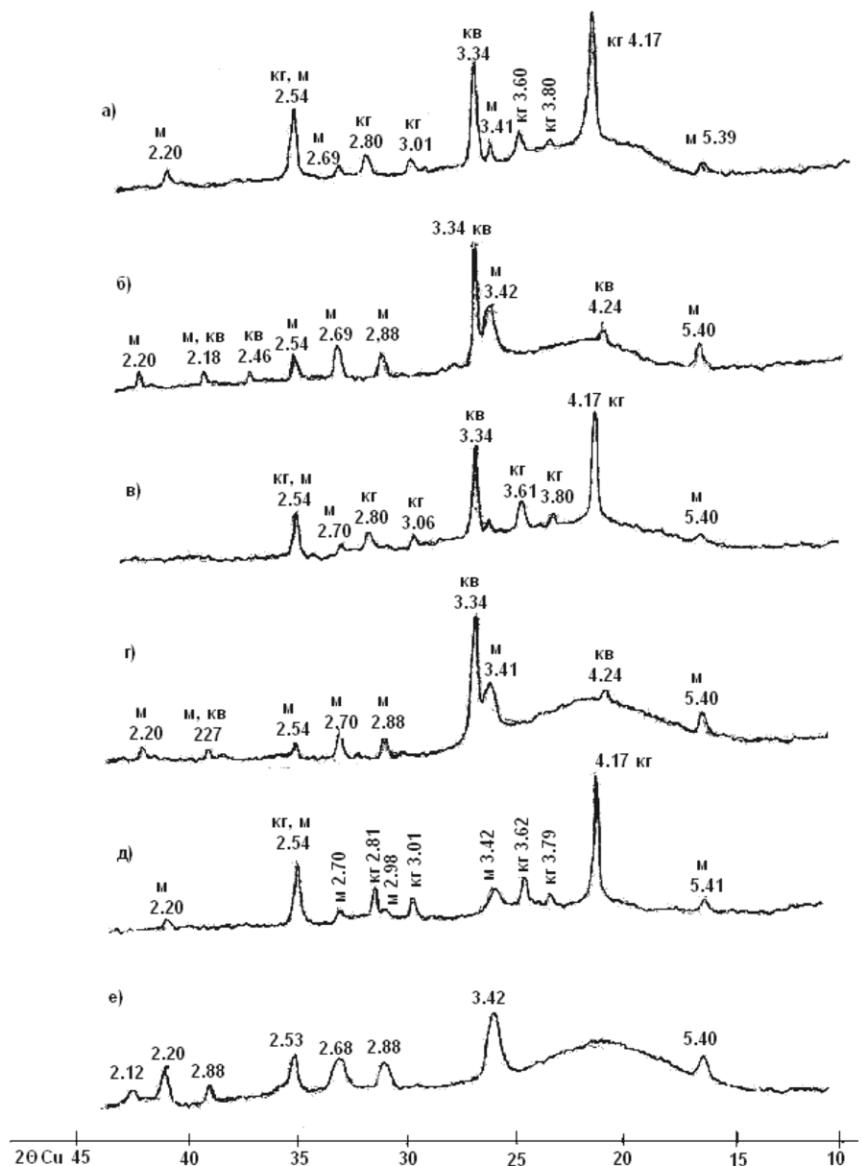


Рис. 2. Дифрактограммы продуктов после ЛТ-обжига в расплаве NaCl , 820°C , в течение 10 мин, где: а, в – еленинский каолинит; б, г – глуховецкий каолинит; д, е – диккитовый агальматолит; а, в, д – наружные участки образца; б, г, е – внутренние участки образца;
Обозначения: Kv – кварц; М – муллит; Kg – карнегит

Показательно, что в предварительно дегидратированных образцах в ГВС до 700°C , при последующем помещении их в соляной расплав новообразованные фазы, включающие в свой состав катионы солевого расплава, на поверхности образцов не формируются, а внутри них наличие муллита не подтверждено.

Для оценки скорости фазовых трансформаций в образец диккитового агальматолита были введены две микротермопары на глубину 2 и 10 мм от поверхности. При

погружении образца в расплав соли проведены замеры ЭДС. Термопара, помещённая ближе к поверхности образца, уже через 3 сек зафиксировала экзотермический эффект при температуре 370–380°C; далее, при 770°C – экзотермический эффект, связанный с деструкцией структуры диккита, и при температуре, приближающейся к 820°C (через 80–90 сек) – экзоэффект, отвечающий началу кристаллизации муллита. Процесс муллитообразования продолжается 180 сек, после чего дальнейших изменений не отмечено. Вторая термопара, погруженная на 10 мм, зафиксировала лишь эффекты, связанные с разрушением структуры диккита и кристаллизацией муллита.

Таким образом, муллитообразование при ЛТА-обжиге отмечено в интервале температур 620–820°C, в то время как, по данным литературных источников, муллитообразование при обжиге в ГВС начинается при температуре не менее 900°C. Наличие новообразованных фаз на поверхности образцов, например: карнегита, форстерита, β-сподумена, и др., а внутри образцов, например: муллита, полевого шпата и др., свидетельствует о том, что расплав соли является химически-активным теплоносителем.

На электронно-микроскопических снимках диккитового агальматолита, испытавшего ЛТА-обжиг, наблюдаются новообразованные изометрические микроглобулы муллита размером ~ 100 нм, с неким упорядоченным их расположением (рис. 3).

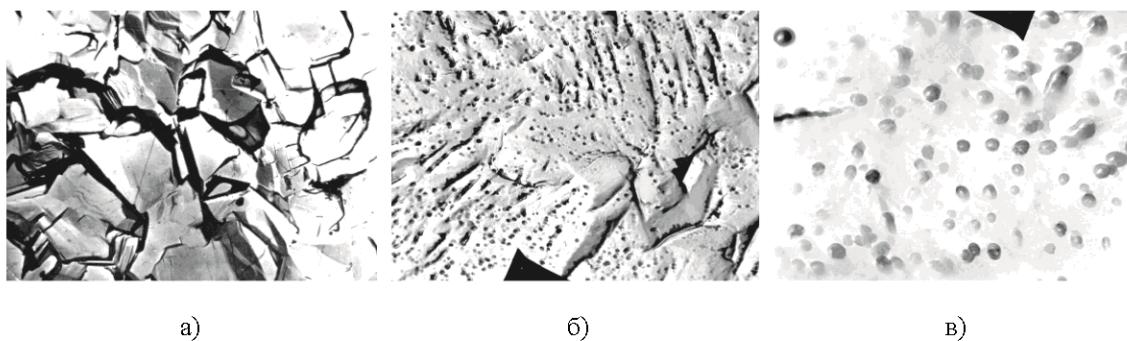
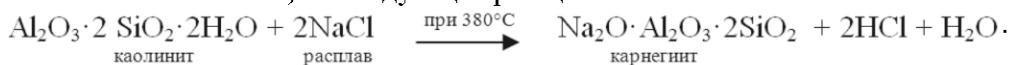


Рис. 3. Электронно-микроскопические снимки: а) диккит природный (Калактас);
б) диккит термообработанный в расплаве NaCl, 10мин; (x 6200);
в) диккит термообработанный в расплаве NaCl, 10мин; (x 35000)

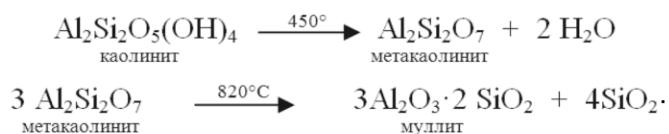
Вышеуказанными аналитическими методами подтверждено образование новых кристаллических фаз, возникающих в результате обжига минерального сырья в расплатах солей щелочных металлов. В частности, кроме перечисленных минеральных новообразований, спектрами ЯПР- и ЭПР-спектроскопии установлено, что гематит (α -Fe₂O₃) концентрируется, в основном, во внутренней части продукта обжига, а магнетит (γ -Fe₂O₃) – в поверхностном слое [5].

Обсуждение результатов

Формирование в результате ЛТА-обжига на поверхности образцов тонким слоем, новообразованной кристаллической фазой, в составе которой участвует катион расплава соли, можно объяснить следующим образом. При поступлении в расплав соли образец испытывает тепловой удар, что приводит к переходу капиллярной воды в парообразное состояние. Перегретый пар, вступая в контакт с расплавом соли, преобразуется в весьма агрессивный щелочной флюид. Под воздействием флюида в зоне контакта происходит трансформация структуры глинистого минерала (минералов) в новообразованную на поверхности образца – кристаллическую фазу, содержащую в своей структуре катион, заимствованный из солевого расплава, например карнегит, а внутри образца новообразованные фазы – муллит и др. К примеру, формирование новообразованных фаз карнегита и муллита может быть описано следующей реакцией: в данном случае NaCl участвует в ионном обмене с образованием карнегита на границе раздела двух фаз Ж – Т (расплав соли – каолинит) по следующей реакции:



NaCl также выполняет роль катализатора при образовании муллита по следующей реакции:



При контакте солевого расплава со слоистыми силикатами на границе контакта (Ж – Т) катионы Me^{n+} проникают в объем образца и взаимодействуют с избыточным кремнеземом, образуя стеклофазу ($\text{Me}_n\text{O}_n\text{SiO}_2$). При этом следует отметить активную роль воды в процессе новообразования кристаллических фаз.

Реакция этого типа протекает в два этапа. Первый этап завершается весьма быстро, ввиду ограниченного содержания в образцах капиллярной воды. При этом на поверхности образцов образует слой, в зависимости от вида катиона в солевом расплаве представленный: карнегиитом, β -сподуменом, калиофиллитом, цельзианом, и др., которые препятствуют как увеличению объема образца, так и его усадке (армирующий эффект). После контрольного ЛТА-обжига серия изделий электротехнического назначения, в отличие от испытавших обжиг аналогичные изделия в ГВС, отвечала по габаритам заводскому шаблону.

Заключительный этап формирования катионсодержащей фазы связан с деструкцией структуры глинистого минерала и высвобождением групп $(\text{OH})^-$. При этом количество новообразованной катионсодержащей фазы, как и муллита, возрастает по мере выдерживания образцов в расплаве соли. Об этом можно судить по возрастанию интенсивности характеристических рефлексов карнегита и муллита на рентгеновских дифрактограммах в 1,5-2,5 раза (рис. 4).

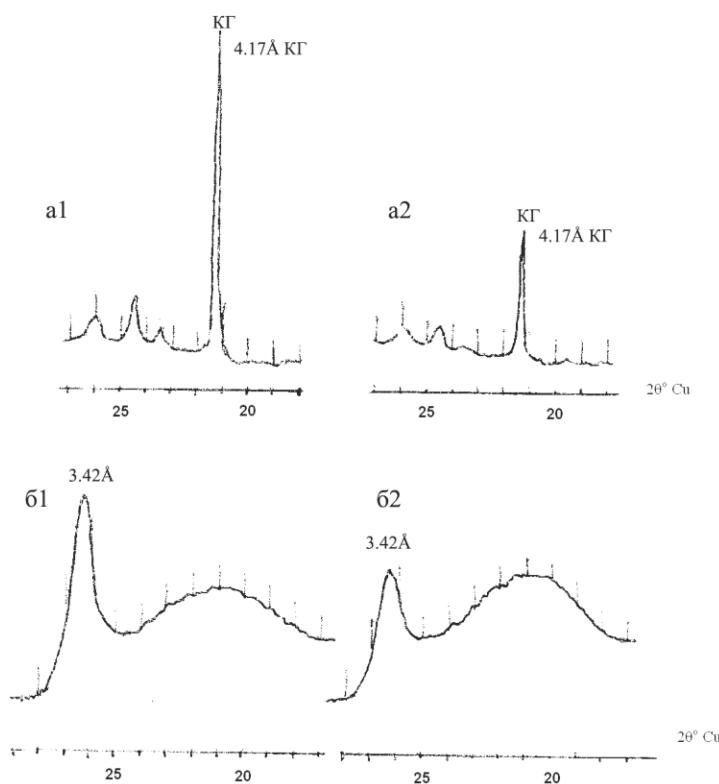


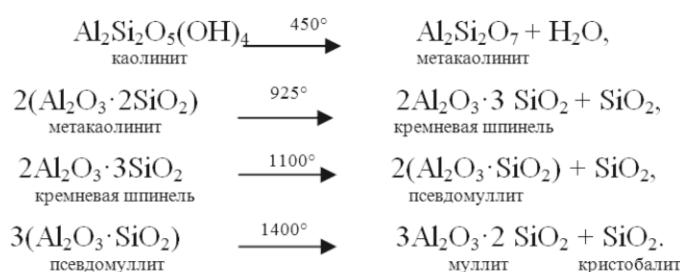
Рис. 4. Участки дифрактограмм глуховецкого каолинита, выдержанного в расплаве NaCl при 820°C . Обозначения: а) – наружные участки образца, б) – внутренние участки.
а1, 61 – обжиг в течение 60 мин; а2, 62 – обжиг в течение 10 мин;
Обозначения: М – муллит; КГ – карнегиит

Аналогичная тенденция проявлена при выдерживании образцов каолинита, бентонита, либо полиминеральных глин в расплавах солей, например: NaCl, LiCl и др.

Тот факт, что в предварительно дегидратированных в ГВС до 700°C образцах и последующем ЛГ-обжиге новообразования кристаллических фаз, включающих катион солевого расплава, не происходит, свидетельствует, что сам по себе солевой расплав химически инертен и оказывает на образец лишь термическое воздействие, подобно обжigu в ГВС.

Масштаб проявления кристаллических фаз с участием расплава соли зависит от количества водяного пара, поступающего к поверхности образца в области его контакта с солевым расплавом. В геологии наблюдаемое замещение одних минералов другим (объем на объем) под воздействием химически активных поровых флюидов называется метасоматозом, в данном случае – щелочным метасоматозом [6].

Для сравнения механизмов процессов формирования новообразованных фаз с участием солевых расплавов и без них рассмотрим температурные превращения каолинита при обжиге в ГВС:



В ГВС обжиг каолинита осуществляется при температурах 1100-1400°C, т.е. значительно превышающих температуру устойчивости его кристаллической решетки (600°C), что сопровождается большими энергетическими затратами.

Муллит является одним из основных продуктов высокотемпературного синтеза в алюмосиликатных системах. Присутствие муллита существенно повышает прочностные свойства керамики, обеспечивает устойчивость при резких изменениях температуры и воздействиях агрессивной среды.

При ЛТА-обжиге кристаллизация муллита начинается при более низких температурах (620-820°C), что, видимо, следует связывать с наличием физически и механически связанной водой в образцах, ее физико-химическим взаимодействием с солевым расплавом, а также высокой скоростью теплопередачи; можно предполагать также влияние электрохимических процессов. Поскольку присутствия катиона солевого расплава в центральной части образцов не обнаружено, его участие в качестве катализатора процесса муллитизации маловероятно.

Выводы

Таким образом, установлено новое явление – ускоренный синтез кристаллических фаз при погружении в расплав соли образцов, спрессованных из глинистых минералов (слоистых алюмосиликатов). При этом в поверхностной зоне образцов, толщиной до 0,3 мм, в зависимости от химического состава солевого расплава, формируются кристаллические фазы, содержащие в своем составе катион солевого расплава: карнегит, β -сподумен, калиофилит, цельзиан. Синтез этих фаз происходит в течение 120-180 сек. При температурах солевого расплава 620-820°C по всему объему образца формируется муллит. Последующая выдержка образца в расплаве (максимально 60 мин) способствует завершению фазовых трансформаций. Характерной особенностью ЛТА-обжига является отсутствие усадки, что, видимо, вызвано армирующим эффектом, оказываемым поверхностной зоной синтеза.

Ускоренное формирование муллита при температурах, более низких, чем при обжиге в ГВС, и отсутствие усадки исходного продукта позволяют высказать мнение, что дальнейшие исследования в теории и практике ЛТА-обжига могут привести к разработке менее энергоемких промышленных технологий направленного синтеза керамических материалов и получения изделий с прецизионной стабильностью заданных габаритов. Представленные результаты исследований свидетельствуют об «установленном

неизвестном ранее явлении объемного, аномально ускоренного и безусадочного (недеформирующегося) синтеза новообразованных кристаллических фаз в области их стабильности из слоистых силикатов (минерального сырья и техногенных образований) в жидкой активной среде (расплаве соли), вступающей с ними в необратимое физико-химическое взаимодействие при температуре расплава и атмосферном давлении».

Помещение слоистых силикатов различных групп при комнатной температуре в солевой расплав с температурой 300-1000°C обеспечивает в течение 120-180 сек. безусадочный и направленный синтез новообразованных кристаллических фаз. Последующая выдержка в расплаве, способствующая окончательному прохождению физико-химических реакций в материалах, либо изделиях, зависит от объема изделия и объема расплава, составляя ориентировочно от 3 до 60 мин.

Авторы выражают искреннюю благодарность сотрудникам КГАСУ: Ремизниковой В.И., Низамову М.С. и др., а также сотрудникам ФГУП ЦНИИгэолнеруд Крутикову В.Ф., Варфоломеевой Е.К., Шляпкиной Е.Н., Романовой Т.А. и др., принимавшим участие в исследованиях и обсуждении результатов работы.

Список литературы

1. Потиха И.А., Безденежных И.С., Молчанов П.М., Ротштейн Г.М., Ашмарин Г.Д. Способ обжига изделий / а.с. СССР № 591433 // Б.И. № 5, 1978.
2. Потиха И.А., Власов В.В., Меркин А.П., Горбачев Б.Ф., Шляпкина Е.Н., Хусаинов М.А. и др. Способ обжига изделий / а.с. СССР № 1189850 // Б.И. № 41, 1985.
3. Потиха И.А., Эйриш М.В., Шмидт В.П., Ремизникова В.И. Получение керамики обжигом в расплавах солей // Сб. тр. ВИМС, ВНИИгэолнеруд «Прогноз месторождений горнохимического, горнорудного и строительного сырья». – Казань, 1981. – С. 172-176.
4. Потиха И.А., Эйриш М.В., Власов В.В. Использование глин и суглинков в строительной керамике // Разведка и охрана недр, 1982, № 6. – С. 34-36.
5. Гречесев В.А., Потиха И.А., Изотов В.Г. Процессы окисления железа и образования новых кристаллических фаз в ходе термической обработки глин // Сб. науч. тр. «Проблемы направленного изменения технологических и технических свойств минералов». – Л., Механобр, 1985. – С. 75-78.
6. Геологический словарь. Т. 2. – СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2011. – 228 с.
7. Brindley J.W., Nakahira M. «The kaolinite – mullite Reaktion seiles. III. The hing temperature phases» // J. Amer. Soc., 1959. – Р. 311-324.
8. Нохратян К.А. Сушка и обжиг в промышленности строительной керамики. – М.: Госиздат. по строительству, архитектуре и стройматериалам, 1962. – С. 60-83.
9. Lemaitre J., Bullens M., Delmon B. Influence of mineralizes on the 950°C exothermic reaction of metakaolinite / Proc. Int. Clay Conf., Mexico City, 1975. – Р. 539-544.
10. Седмале Г.П., Шперберга И.Э., Седмалис У.Я. Формирование муллита из композиций «гидрослюдистая глина – оксид аллюминия» // Стекло и керамика, 2004, № 2. – С. 16-18.
11. Балкевич В.А. Техническая керамика. – М.: Стройиздат, 1984. – С. 40-135.
12. Хайретдинов И.А. Введение в электрогохимию. – М.: Наука, 1980. – 255 с.

Potikhа I.A. – junior researcher

E-mail: i.a.pot@web.de

Vlasov V.V. – candidate of geological-mineralogical sciences

Gorbachev B.F. – candidate of geological-mineralogical sciences

Grevtsev V.A. – doctor of geological-mineralogical sciences

CNII «Geolnerud»

The organization address: 420097, Russia, Kazan, Zinina st., 4

Prospects of anomalously accelerated synthesis of crystal phases at liquothermal-active baking of mineral raw materials

Resume

Work includes results of clay minerals baking using essentially new method: in reactive heat-transfer fluid – salt melt. This of aluminosilicate raw material baking is registered by two copyright certificates. Process of anomalously accelerated and non-shrinking synthesis of high-temperature phases of layered silicates was observed at them (LTA)-baking in salt melts, since formation of new crystal phases in initial raw material – non-deformable synthesis was first discovered. It was impossible to detect similar phenomenon out of this baking method (synthesis). The possibility of production of nonshrinkage (non-deformable) materials with advance given properties was shown. Samples of layered aluminosilicate most actively react to LTA-baking. Thanks to wide spectrum of selected polymineral clays (different mineralogy, granulometry and chemical composition) regularity is revealed: «It was found phenomenon of volume, anomalously accelerated and nonshrinkage (non-deformable) synthesis of neogenic crystal phases in the field of their stability from layered silicates (mineral raw and technogenic formations) in liquid active medium (salt melt), which takes physicochemical interactions at melt temperature and atmospheric pressure».

Keywords: liquothermal active baking, layered silicates, minerals, mullite, carnegiite, β -spodumene, cristobalite, kaliophilite.

References

1. Potikha I.A., Bezdenezhnykh I.S., Molchanov P.M., Rothstein G.M., Ashmarin G.D. «Method of bricks burning» / a.s. USSR № 591433. B.I. № 5, 1978.
2. Potikha I.A., Vlasov V.V., Merkin A.P., Gorbachev B.F., Shlyapkin E.N., Khusainov M.A. et al. «Method of bricks burning» / a.s. USSR № 1189850. B.I. № 41, 1985.
3. Potikha I.A., Eirish M.V., Shmidt V.P., Remiznikova V.I. Production of ceramics using baking in salt melts // Sb. tr. VIMS, VNIGeolnerud «Forecast of deposits of mine-chemical, ore and constructive raw material». – Kazan, 1981. – P. 172-176.
4. Potikha I.A., Eirish M.V., Vlasov V.V. Clay and loam application in constructive ceramics // Exploration and conservation of mineral resources, 1982, № 6. – P. 34-36.
5. Grevtsev V.A., Potikha I.A., Izotov V.G. Oxidation processes of ferrum and new crystal phases formation during heat treatment of clays // Sb. nauch. tr. «Problems of directional changing technological and technical properties of minerals». – L., Mechanobr. 1985. – P. 75-78.
6. Geology dictionary. V. 2. – SPb.: publ. VSEGEI, 2011. – 228 p.
7. Brindley J.W., Nakahira M. «The kaolinite – mullite Reaktion seiles. III. The hing temperature phases» // J. Amer. Soc., 1959. – P. 311-324.
8. Nohratyan K.A. «Drying and firing in the industry of building ceramics». – M.: Nat.publ. for Construction, Architecture and Building Materials, 1962. – P. 60-83.
9. Lemaitre J., Bullens M., Delmon B. Influence of mineralizes on the 950°C exothermic reaction of metakaolinite / Proc. Int. Clay Conf., Mexico City, 1975. – P. 539-544.
10. Sedmale G.P., Shperberga I.E., Sedmalis U.J. «The formation of mullite from hydromicaceous clay-alumina compositions». Glass and Ceramics, 2004, № 2. – P. 16-18.
11. Balkevich V.A. Technical Ceramics. – M.: Stroizdat, 1984. – P. 40-135.
12. Khairetdinov I.A. Electrogeochemistry introduction. – M.: Nauka, 1980. – 255 p.

УДК 691.31

Соловьева М.В. – аспирант

E-mail: maryavm112@rambler.ru

Хозин В.Г. – доктор технических наук, профессор

E-mail: khozin@kgasu.ru

Фомин А.Ю. – кандидат технических наук, доцент

E-mail: fomin-al.78@mail.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

Адрес организации: 420043, Россия, Казань, ул. Зеленая, д. 1

Упрочнение дорожных каменных материалов расплавленной серой

Аннотация

Целью работы является повышение физико-механических свойств щебня, полученного из осадочных карбонатных пород, путем пропитки его расплавом серы для расширения области применения.

Установлено, что импрегнация расплава серы в поры щебня и ее кристаллизация способствует изменению свойств камня – повышению твердости и появлению гидрофобности, что, в свою очередь, обеспечивает снижение показателя водопоглощения, повышение морозостойкости, прочности (марки по дробимости) и стойкости к износу (марки по истираемости).

Ключевые слова: щебень, сера, импрегнация, укрепление, долговечность.

Большая протяженность территории Российской Федерации требует эффективного транспортного сообщения для сохранения территориальной целостности и безопасности страны. Ежегодно протяженность дорог увеличивается на тысячи километров, а общая протяженность российских дорог ныне превышает 1 млн. км, по данным Росавтодор и Росстат [1].

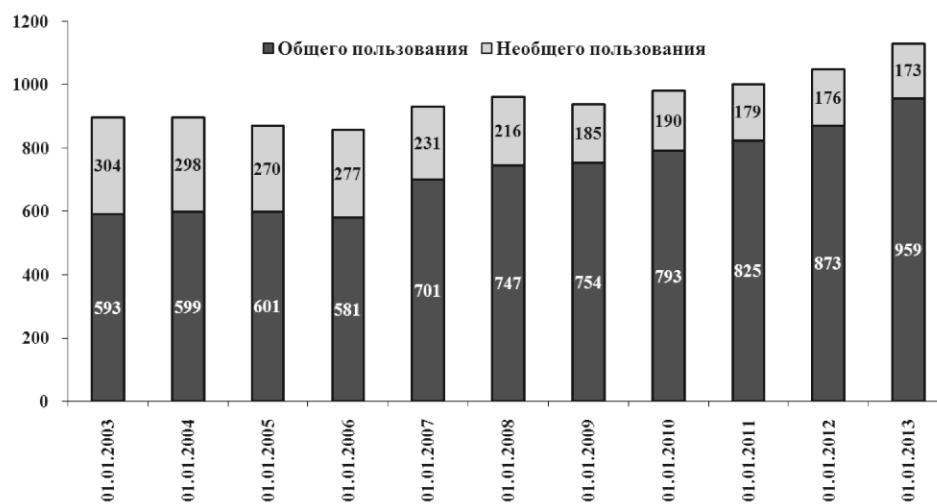


Рис. 1. Общая протяжённость автомобильных дорог в РФ с разделением на дороги общего и необщего пользования по новой классификации, 2003-2013 гг. (на начало года, тыс. км)

Но этого недостаточно для решения стратегической задачи обеспечения страны экономически обоснованной «густотой» сети автомобильных дорог с ненадлежащим качеством. Иные не избавят Россию от исторической «второй беды».

Нынешний бурный рост автотранспортных потоков влечет за собой все возрастающие нагрузки на дорожные покрытия. Поэтому одна из главных задач, которая стоит перед дорожной отраслью России, – состояние дорог, качество всей конструкции дорожного полотна.

В последнее время внимание специалистов дорожно-строительной отрасли обращено в сторону возможностей укрепления слабых материалов: песчано-гравийных смесей, малопрочных каменных материалов и грунтов – различными укрепляющими веществами

полифункционального действия, органической и неорганической природы. Практическая цель состоит в получении высокоэффективных дорожно-строительных смесей, применяемых для обустройства оснований и покрытий автомобильных дорог. При этом на практике для изготовления этих конструктивных слоев зачастую применяются традиционные песок и щебень. Дефицит качественного щебня, например, на территории РТ (средняя марка местного щебня не превышает 400-600), создает предпосылки для поиска альтернативных дорожно-строительных материалов, тем более ввоз высокомарочного гранитного щебня марки 1000-1200 с Урала экономически не оправдан. Эта ситуация практически полностью характерна для всей европейской части РФ.

В настоящее время в Российской Федерации общий объем производства щебня, гравия и песка составляет около 150 млн. м³/год, причем примерно половину этого объема потребляет дорожно-строительная отрасль. Потребность щебня только в РТ составляет около 4 млн. м³/год.

Практическое решение проблемы дефицита высокопрочного щебня для строительства автомобильных дорог Татарстана может быть достигнуто, по нашему мнению, применением местного малопрочного карбонатного щебня, укрепленного пропиткой расплавом серы, тем более, что уплотнение поровой структуры строительных материалов пропиткой является эффективным методом повышения их долговечности и стойкости к агрессивным средам [2].

Сера в настоящее время, в некоторых регионах России и в том числе в Татарстане, стала крупнотоннажным побочным продуктом очистки сернистой нефти. Так, только на «Газпром» приходится три четверти производства серы в России и 12 % мирового рынка. В 2010 году добыча серы составила 6,6 млн. т, а объем продаж внутри страны только 2,5 млн. т. По прогнозам, в 2014 году производство серы сократится до 5,8 млн. т, но потребление в стране тоже упадет до 2,3 млн. т, что ожидают в «Газпроме». Большую часть серы – 4,1-3,5 млн. т – приходится экспортировать, однако насыщенность южного мирового рынка обуславливает конкуренцию и неэффективность экспорта [3]. Проблема утилизации серы существует и в Республике Татарстан. Так, ОАО «ТАНЕКО» (г. Нижнекамск) ежегодно вырабатывает около 500 тыс. т серы. Кроме этого, в республике имеются также и ресурсы газовой серы, получаемой в процессе газоочистки на предприятии «Татнефтегазпереработка» ОАО «Татнефть» (г. Альметьевск). Это и определяет актуальность поиска сфер и способов эффективной утилизации серы.

Одной из таких емких сфер является строительство. При этом речь идет об использовании серы для получения материалов, в которых именно ее специфические свойства обеспечивают основной технический эффект.

С точки зрения материала для пропитки сера обладает рядом положительных свойств: низкой температурой плавления 119,5 °C, низкой вязкостью расплава, а после его кристаллизации достаточной механической прочностью, гидрофобностью, высокой химической стойкостью. Расплав серы представляет собой легкоподвижную жидкость, вязкость которой изменяется с повышением температуры, достигая минимума при температуре 155 °C – 6,5·10⁻³ Па·с и максимума при 187 °C – 93,3·10⁻³ Па·с [4].

Благодаря этому, сера способна глубоко проникать в поры разных размеров и, в процессе кристаллизации при последующем охлаждении, прочно соединяться с матрицей. При этом образуется конструкционный материал типа ВПС (взаимопроникающей структуры). Пропитка расплавом серы, по сравнению с пропиткой мономерами и олигомерами, имеет ряд специфических особенностей, которые необходимо учитывать при назначении технологических параметров. При пропитке расплавом серы достигается более глубокая сушка исходного материала, так как оставшаяся в щебне после сушки влага испаряется при пропитке в горячем расплаве серы [5].

Известны примеры пропитки расплавом серы цементных бетонов, асбокементных плит, керамики, древесины и других пористых материалов [6].

Так, первые эксперименты по пропитке цементных бетонов расплавленной серой были проведены в начале 70-х годов прошлого века в США и Канаде, затем в СССР, Франции, Японии и других странах [5]. Сера, заполняющая поры цементного камня, обладая полной водонепроницаемостью и высокой коррозионной стойкостью к растворам солей и слабых кислот, гарантирует дальнейшие высокие эксплуатационные

свойства бетона. Таким образом, уменьшение пористости цементного камня за счет заполнения серой пустот и пор приводит к повышению сопротивляемости бетонного изделия к разрушающему воздействию окружающей среды [7]. Бетоны, пропитанные серой, по своим физико-механическим свойствам незначительно уступают полимербетонам, обладая повышенной плотностью, прочностью, стойкостью к агрессивным средам и низким водопоглощением по сравнению с непропитанными бетонами [8]. С технологической точки зрения, процесс твердения серы в порах бетона гораздо проще, чем полимеризация в них органических мономеров.

Все приведенные выше данные свидетельствуют о целесообразности пропитки серой пористых строительных материалов, и, в частности, щебня из малопрочных карбонатных пород. Этому и посвящена наша работа.

В качестве исходных материалов использовались низкомарочный (М400) карбонатный щебень фракции 20-40 ГОСТ 8267-93 Альдермышского месторождения Республики Татарстан и сера ГОСТ 127.1-93, продукт газоочистки предприятия «Татнефтегазпереработка» ОАО «Татнефть» (г. Альметьевск).

Установлено, что в результате пропитки карбонатного щебня расплавом серы образуется градиентный приповерхностный слой с более плотной структурой, препятствующий проникновению воды в поровое пространство срединного «ядра» и его надежное капсулирование.

На рис. 2а представлен срез пропитанного серой в течение 1 часа кубика 3x3 см из карбонатной породы Альдермышского месторождения РТ. На фотографии отчетливо видно границу пропитки. На рис. 2б кубик после воздействия концентрированной соляной кислоты (выдержан в течение 3 часов).

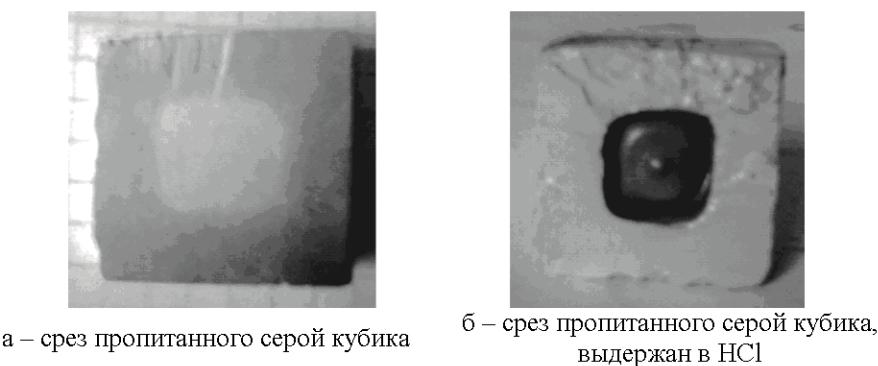


Рис. 2. Фотографии пропитанного расплавом серы кубика из карбонатной породы Альдермышского месторождения РТ

Глубина пропитки расплава серы зависит от времени пропитки. Глубина пропитки карбонатного щебня Альдермышского месторождения составляет 8 мм при времени пропитки 1 час (рис. 3).

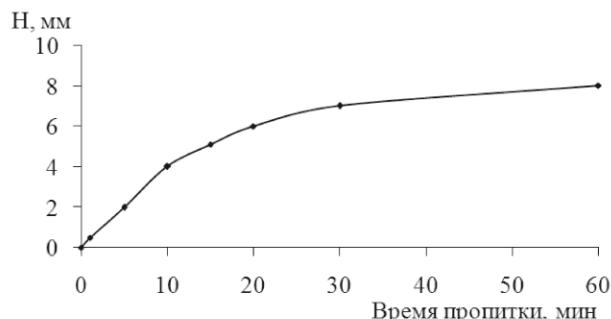


Рис. 3. Кинетическая зависимость глубины пропитки расплава серы в поры карбонатного щебня Альдермышского месторождения РТ

Пропитку в количественном выражении можно оценить привесом образцов ($M, \%$). На рис. 4 приведена кинетическая зависимость степени пропитки щебня фракции 20-40. Как видно из рисунка, процесс пропитки носит затухающий характер, свойственный всем процессам насыщения. На первой стадии до 30 мин происходит быстрое насыщение, на второй стадии – медленное, приближающееся к пределу.

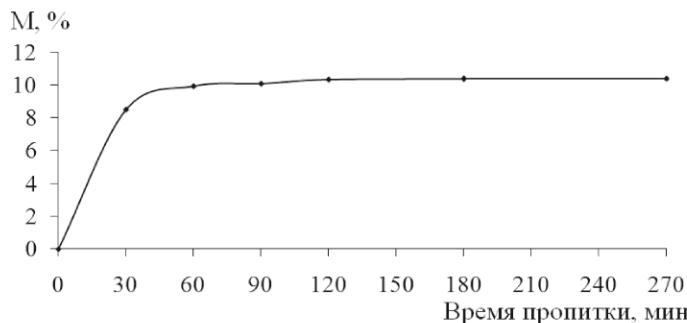


Рис. 4. Кинетика пропитки серой карбонатного щебня фр. 20-40 Альдермышского месторождения РТ

Импрегнация серы в поры щебня обеспечивает естественное снижение водопоглощения, появление гидрофобности, повышение морозостойкости и прочности (марки щебня по дробимости) и стойкости к износу, по сравнению с исходным щебнем.

Таблица
Изменение свойств карбонатного щебня Альдермышского месторождения РТ фр. 20-40
в результате его пропитки расплавом серы

Наименование основных показателей	Результаты испытаний				
	Исходный карбонатный щебень	Пропитанный серой щебень			
		Время пропитки, мин	30	60	120
Насыпная плотность, $\text{кг}/\text{м}^3$	1200	1300	1320	1330	1330
Водопоглощение, %	4,5	1,8	1,6	1,4	0,9
Морозостойкость (ускоренный метод)	F100	F150	F200	F300	F300
Дробимость, %	20	14	12,7	12	10,4
Марка щебня по дробимости	400	800	1000	1000	1200
Марка щебня по истираемости	И-2	И-3	И-3	И-3	И-3

Как видно из табл., поверхностная пропитка расплавом серы щебня, изменяющая его объемную массу всего на 8,3-10,8 %, в разы изменяет его основные свойства. Марка по дробимости пропитанного серой щебня, характеризующая прочность, напрямую зависит от времени пропитки расплавом серы. Прочность возрастает в 3 раза (с марки 400 до марки 1200), также в 3 раза увеличивается морозостойкость, а водопоглощение снижается в 5 раз. Повышается марка по истираемости (с И-2 до И-3).

Из полученных показателей однозначно следует, что полученный в результате пропитки расплавом серы материал может применяться в сфере дорожного строительства для устройства оснований и покрытий автомобильных дорог.

Установлено, что технические свойства малопрочного карбонатного щебня могут быть улучшены в несколько раз методом импрегнации расплавом серы, что открывает возможность замены им привозного щебня из высокопрочных изверженных пород, в первую очередь, при устройстве оснований автомобильных дорог.

Список литературы

1. Российский статистический ежегодник. 2011 // Стат. сб. Росстат. – М., 2011. – 795 с.
2. Волгушев Н.А., Патуров В.В. Применение серы для пропитки поровой структуры строительных материалов // Бетон и железобетон, 1976, № 11. – С. 38-39.
3. Газпром просит правительство стимулировать потребление серы // Известия. URL: <http://izvestia.ru/news/501466> (дата обращения 02.11.2012).

4. Бусев А.И., Симонова Л.Н. Аналитическая химия серы. – М.: Наука, 1975. – 271 с.
5. Патуроев В.В. Полимербетоны. – М.: Стройиздат, 1987. – 286 с.
6. Воронков М.Г., Татарова Л.А., Трофимова К.С., Верхозина Е.И., Халиуллин А.К. Переработка промышленных хлор и серосодержащих отходов // Химия в интересах устойчивого развития, 2001, № 9. – С. 393-403.
7. Магилатова А.А. Модификация бетонов расплавленной серой // Портал science-bsea. URL: http://www.science-bsea.bgita.ru/2008/magilatova_mod.html (дата обращения 02.11.2012).
8. Баженов Ю.М. Бетонополимеры. – М.: Стройиздат, 1983. – 472 с.

Solovyova M.V. – post-graduate student

E-mail: maryavm112@rambler.ru

Khozin V.G. – doctor of technical sciences, professor

E-mail: khozin@kgasu.ru

Fomin A.Y. – candidate of technical sciences, associate professor

E-mail: fomin-al.78@mail.ru

Kazan State University of Architecture and Engineering

The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

The strengthening of road stone materials with molten sulfur

Resume

The research aim is to increase the physical and mechanical properties of crushed stone from sedimentary carbonate rocks, by impregnating it with molten sulfur to expand the application area.

It was found that as a result of the impregnation of carbonate crushed stone with the molten sulfur there is formed gradient barrier layer with a more dense structure, which prevents water penetration into the pore space of the median «core», which leads to the occurring hydrophobicity and, in turn, provides a decrease in water absorption, and increases frost resistance. The impregnation of the molten sulfur into the pores of crushed stone and its crystallization contributes to changing the properties of the stone – improving hardness, increasing strength (crushability grade) and wear resistance (wearability grade).

As a result of the work it was achieved a significant excess of the physical and mechanical properties of sulfur-impregnated carbonate crushed stone compared to not impregnated. The technical indicators of sulfur-impregnated carbonate crushed stone are at the level of the same of granite crushed stone.

The improvement of construction and technical properties of crushed stone by impregnation with molten sulfur opens the possibility of replacing imported high strength crushed stone from volcanic rocks first of all during constructing roads bases.

Keywords: crushed stone, sulfur, impregnation, capacity and durability.

References

1. Statistical Yearbook of Russia. 2011 // Statistical Compendium Rosstat. – М., 2011. – 795 p.
2. Volgushev N.A., Paturev V.V. The use of sulfur for the impregnation of the pore structure of the building materials // Concrete and reinforced concrete, 1976, № 11. – P. 38-39.
3. Gazprom requests the Government to encourage the consumption of sulfur // News. URL: <http://izvestia.ru/news/501466> (reference date: 02.11.2012).
4. Busev A.I., Simonova L.N. Analytical chemistry of sulfur. – М.: Nauka, 1975. – 271 p.
5. Paturev V.V. Polymer concrete. – М.: Stroyizdat, 1987. – 286 p.
6. Voronkov M.G., Tatarova L.A., Trofimov K.S., Verkhozina E.I., Khaliullin A.K. Recycling of industrial chlorine and sulfur-containing waste // Chemistry for Sustainable Development, 2001, № 9. – P. 393-403.
7. Magilatova A.A. Modification of concrete with molten sulfur // Portal science-bsea. URL: http://www.science-bsea.bgita.ru/2008/magilatova_mod.html (reference date 02.11.2012).
8. Bazhenov Y.M. Polymer concrete. – М.: Stroyizdat, 1983. – 472 p.

УДК 691.33

Степанов С.В. – кандидат технических наук, ассистент

E-mail: SereginS2@yandex.ru

Морозов Н.М. – кандидат технических наук, доцент

E-mail: nikola_535@mail.ru

Хозин В.Г. – доктор технических наук, профессор

E-mail: khozin@kgasu.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1

Исследование долговечности бетонов с ускорителем твердения на основе гальванического шлама

Аннотация

Целью работы являлось исследование влияния комплексного ускорителя твердения на основе гальванического шлама (ГШ) на долговечность бетона.

Было изучено влияние разработанной добавки на деформации набухания цементного камня, морозостойкость, водонепроницаемость цементных бетонов, а также проведена оценка строения порового пространства модифицированного мелкозернистого бетона.

Выявлено, что использование ускорителей твердения бетона увеличивает деформации набухания. Показано, что разработанная добавка в составе бетона снижает диаметр сообщающихся капилляров, при этом увеличивается морозостойкость и водонепроницаемость бетона.

Ключевые слова: гальванический шлам, ускоритель твердения, бетон, структура, пористость, морозостойкость, водонепроницаемость.

Для сокращения сроков распалубки железобетонных конструкций и ускорения их ввода в эксплуатацию строители всегда стремятся ускорить твердение бетона. При возведении монолитных конструкций ускорение твердения бетона повышает скорость выполнения строительных работ, увеличивает оборачиваемость опалубки и позволяет производить бетонирование в холодное время года. Ускорение твердения имеет особое значение при заводском производстве бетонных и железобетонных изделий, так как при этом достигается максимальное использование производственных площадей, повышение оборачиваемости форм и дорогостоящего оборудования [1, 2].

Одним из наиболее гибких и эффективных способов регулирования процесса твердения бетона является введение в его состав на стадии изготовления модификаторов органической и неорганической природы.

Значительный эффект от использования добавок-ускорителей твердения имеет место в технологии сборного бетона и железобетона. Сокращение сроков схватывания цемента и интенсификации его твердения актуально как для бетонов нормально-влажностного твердения, так и подвергаемых тепловлажностной обработке, причем не только для бетонов на плотных, но и на пористых заполнителях.

Применение добавок-ускорителей твердения бетона позволяет в заводских условиях сократить время тепловлажностной обработки, что ускоряет оборачиваемость форм и тепловых установок, либо сократить температуру тепловой обработки. Это позволяет снизить металлоемкость производства и сократить энергетические затраты на тепловую обработку. Таким образом, применение добавок-ускорителей схватывания и твердения цемента является эффективным технологическим приемом, позволяющим снизить себестоимость продукции, улучшить технико-экономические показатели деятельности предприятия, а также повысить физико-механические характеристики изделий.

В результате больших достижений за последние десятилетия 20-го века в технологии бетона и изделий на его основе все более широкое распространение в мире находят новые технологии многокомпонентных бетонов, позволяющие более эффективно управлять структурообразованием на всех этапах производства, экономить ресурсы и получать бетоны различного назначения с заданным комплексом свойств.

Помимо увеличения прочности в первые часы и сутки твердения бетона добавки-ускорители нередко увеличивают прочность и в марочном возрасте. Однако, кроме прочностных показателей, для бетонов важны и свойства долговечности, например усадка, водопоглощение, водонепроницаемость и морозостойкость. Влияние ускорителей на эти свойства зависит от их химической природы, и поэтому для новых добавок необходимо обязательно оценивать долговечность модифицированного бетона.

На кафедре технологии строительных материалов, изделий и конструкций Казанского государственного архитектурно-строительного университета был разработан комплексный ускоритель твердения на основе гальванического шлама (далее ГШС) [3]. Было установлено, что введение в состав бетонной смеси комплексного ускорителя твердения ГШС позволяет увеличить прочность бетона в возрасте 16 часов и 1 суток на 200 % и 130 % соответственно при дозировке 3 % от массы цемента.

Дальнейшим этапом работы стало исследование эксплуатационных свойств цементного бетона с разработанной добавкой. При введении ускорителей твердения происходит изменение линейных деформаций набухания цементного камня. Для сравнения оценивалась усадка цементного камня контрольного состава без добавок, а также цементного камня с добавками: суперпластификатор «С-3», «Гексалит», «ГШС».

Измерения линейных деформаций набухания цементного камня производились по следующей методике: в торцевые поверхности образцов были заформованы репера из нержавеющей стали, часть образцов хранилась в воде, а часть над водой. Замер проводился через 1, 3, 7, 14, 28 суток. Влияние комплексного модификатора на величину деформаций набухания приведено на рис. 1 и 2.

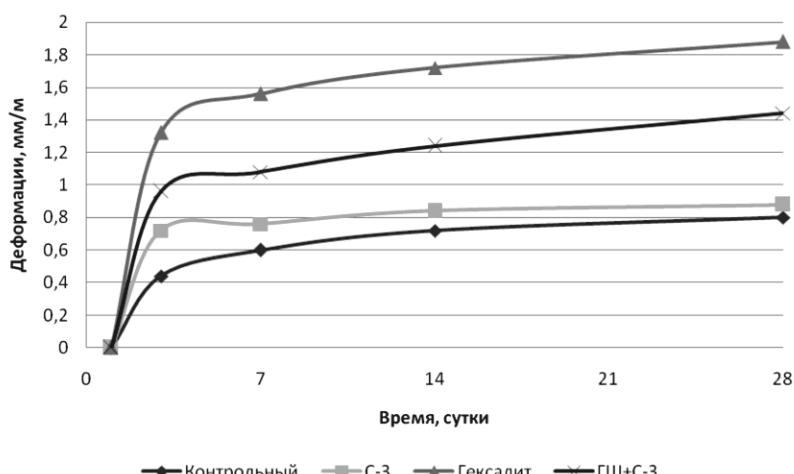


Рис. 1. Деформации набухания модифицированного цементного камня, твердевшего в воде

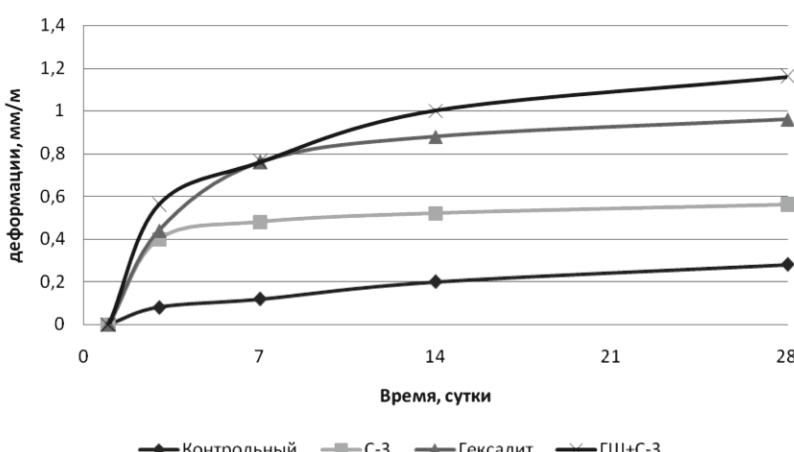


Рис. 2. Деформации набухания модифицированного цементного камня, твердевшего над водой

Как видно из данных рис. 1, рис. 2, комплексный модификатор «ГШС» оказывает влияние и на деформацию набухания цементного камня. При введении комплексного модификатора деформации набухания увеличиваются. Это связано с увеличением доли этtringита и с повышенной концентрацией низкоосновных гидросиликатов кальция слоистой структуры [4].

Использование ускорителей твердения существенно меняет характер структуры цементного камня в первоначальный период твердения и, следовательно, влияет на пористость бетона. Пористость – важная характеристика бетона, определяющая его долговечность (прочность, морозостойчивость, износостойкость и др.). Поры в бетоне преимущественно представлены сообщающимися друг с другом тонкими каналами – капиллярами, на более поздних стадиях твердения разобщенных цементным гелем, которые также имеют поры, но существенно меньших размеров. Количество, размер и форма пор определяются условиями формирования начальной структуры цементного камня.

Оценку строения порового пространства мелкозернистого бетона исследовали по кинетике водопоглощения образцов 7,07x7,07x7,07 см в соответствии с методикой ГОСТ 12730.3-78. Для этого изготовлены шесть серий образцов: контрольный состав и бетоны с добавками «С-3», «Реламикс», «Гексалит», и «ГШС».

По результатам испытания рассчитывали относительное водопоглощение по массе в момент времени $t_1 = 0,25$ часа – W_1 и $t_2 = 1$ час – W_2 . Затем графоаналитическим методом по результатам расчета кривой насыщения и nomogramme определяли параметры α и λ , характеризующие строение порового пространства бетона [5]. Результаты проведённых расчетов опытных данных представлены в табл. 1.

Таблица 1
Основные параметры структуры пор мелкозернистого бетона

Добавка	Водонасыщение образцов через, %,			$W_{t=0,25}$	$W_{t=1}$	Показатель среднего радиуса капилляров, λ_1	Показатель однородности размеров пор, α	Показатель среднего радиуса капилляров, λ
	15 мин $W_{t=0,25}$	1 час $W_{t=1}$	14 сут W_{max}					
-	1,75	4,38	6,6	0,57	0,86	1,8	0,6	2,7
С-3	0,72	1,6	3,6	0,34	0,75	1,38	0,93	1,42
ГШС	1,2	2,35	4,7	0,42	0,84	1,8	0,93	1,87
Реламикс	0,96	1,84	3,6	0,39	0,77	1,47	0,75	1,65
Гексалит	1,28	2,58	4,2	0,54	0,87	2,05	0,7	2,8

Согласно экспериментальным данным, для бетона с «ГШС» в сравнении с бетоном без добавок характерна меньшая интегральная пористость (4,1 %) по сравнению с контрольным (6,6 %), хотя и большая, чем по сравнению с составами бетонов с суперпластификатором «С-3» и добавкой «Реламикс» (3,7 %). Это указывает на меньший суммарный объем всех пор и капилляров, сообщающихся с поверхностью образца и между собой.

Показатель среднего размера открытых капиллярных пор λ , характеризующий предел отношений ускорения процесса водопоглощения к его скорости для бетона с «ГШС» и контрольного в сравнении с бетоном без добавок, уменьшился на 45 %. Наибольшей однородностью размеров открытых капиллярных пор обладает бетон с «ГШС» и «С-3» ($\alpha = 0,93$).

На основе результатов расчета показателей пористости (табл. 1), можно заключить, что введение «ГШС» в состав бетона снижает диаметр сообщающихся капилляров, так как водонасыщение проходит менее интенсивно, чем у бетона бездобавочного состава. Вероятно, это связано с быстрым выделением алюмошилликатных новообразований при взаимодействии гальванического аллюмошиллама с минералами цемента, что быстро закупоривает капилляры бетона, препятствуя проникновению воды. Это явление усиливается при введении совместно с гальваническим шламом суперпластификатора «С-3», который за счет снижения водоцементного отношения в бетоне дополнительно снижает его пористость.

Морозостойкость тяжелого бетона, изготовленного с использованием комплексных модификаторов, изучалась на образцах-кубах с ребром 10 см согласно методике, изложенной в ГОСТ 10060.3-95 при однократном замораживании до температуры – 20°C.

Водонепроницаемость тяжелого бетона определялась методом «мокрого пятна» по ГОСТ 12730.5-84. Результаты испытаний представлены в табл. 2.

Таблица 2

**Влияние комплексных химических добавок на морозостойкость
и водонепроницаемость бетона**

№ состава	Компоненты смеси, кг/м ³				Вид и количество добавки, кг/м ³ (%)	F, цикли	W, цикли
	Цемент	Песок	Щебень	Вода			
1	350	850	1150	157	-	100	4
2				127	C-3=3,5 (1 %)	300	8
3				127	Реламикс=5,25 (1,5 %)	300	8
4				140	Гексалит=8,05 (2,3 %)	300	8
5				140	ГПС=10,5 (3 %)	300	8

Как видно из табл. 2, при введении комплексных модификаторов водопотребность бетонной смеси снижается. Снижение В/Ц, в свою очередь, способствует повышению морозостойкости бетона, т.к. капиллярная пористость снижается, а, следовательно, повышается морозостойкость на 1-2 марки и водонепроницаемость на 2 ступени.

Таким образом, применение комплексного ускорителя твердения на основе гальванического шлама позволяет увеличить прочность в раннем возрасте, снизить пористость бетона и повысить его морозостойкость и водонепроницаемость.

Список литературы

- Гордеев Е.В. Выбор химических добавок, модифицирующих прочность бетона // Технологии бетонов, 2011, № 7-8. – С. 60-61.
- Миронов С.А., Малинина Л.А. Ускорение твердения бетона. 2-е издание исправленное и дополненное. – М., 1964. – 348 с.
- Хозин В.Г., Морозов Н.М., Степанов С.В. Влияние гальванического шлама на процессы твердения цементных композиций // Цемент и его применение, 2011, № 3. – С. 129-131.
- Красильников К.Г., Никитина Л.В., Скоблинская Н.Н. Физико-химия процессов расширения цементов. Сб. тр. VI Международного конгресса по химии цемента. – М., 1976. – 352 с.
- ГОСТ 12730.4-78. Бетоны. Методы определения показателей пористости.

Stepanov S.V. – candidate of technical sciences, assistant

E-mail: SereginS2@yandex.ru

Morozov N.M. – candidate of technical sciences, associate professor

E-mail: nikola_535@mail.ru

Khozin V.G. – doctor of technical sciences, professor

E-mail: khozin@kgasu.ru

Kazan State University of Architecture and Engineering

The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

**Research of durability of concrete with accelerator of hardening
on the basis of galvanic sludge**

Resume

The aim of the work was to investigate the influence of complex accelerator of hardening on the basis of galvanic sludge on durability of concrete.

It was studied the influence of the developed additives to the deformation of the swelling of the cement stone, frost resistance, water resistance of cement concretes, as well as an assessment of the structure of pore space of the modified fine-grained concrete.

It is revealed that the introduction of the developed additives in cement deformation of the swelling increases. It is connected with the increase of the share of ettringite and with a high concentration low base hydrosilicate calcium layered structure.

On the basis of the results of calculation of indicators of porosity, we can conclude that developed by additive in the composition of concrete reduces the diameter of communicating capillaries, as water saturation passes less intensive than that of concrete without additions.

With the introduction of complex modifiers water demand of concrete mixture is reduced. Decrease In water/cement, in turn, contributes to the increase of frost resistance of concrete, because capillary porosity reduced, and consequently increased frost on 1-2 brand and water resistance by 2 steps.

Keywords: galvanic sludge, accelerator of hardening, concrete, structure, porosity, frost resistance, water resistance.

References

1. Gordeyev E.V. Variety of chemical additives, modifying the strength of the concrete // Concrete technology, 2011, № 7-8. – P. 60-61.
2. Mironov S.A., Malinina L.A. The acceleration of hardening of concrete. 2nd edition revised and supplemented. – M., 1964. – 348 p.
3. Khozin V.G., Morozov N.M., Stepanov S.V. The impact of galvanic sludges in the processes of hardening cement compositions // Cement and its application, 2011, № 3. – P. 129-131.
4. Krasilnikov K.G., Nikitina L.V., Skobtinskaya N.N. Physico-chemistry of the processes of expansion of the cement. Sb. Tr. VI International Congress of chemistry of cement. – M., 1976. – 352 p.
5. GOST 12730.4-78. Concretes. Methods of determination of indicators of porosity.

УДК 691.327

Строганов В.Ф. – доктор химических наук, профессор

E-mail: svf08@mail.ru

Рязяпов Ш.А. – соискатель

E-mail: shamil.ryazapov@tatar.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

Сравнительная оценка эффективности и обоснование выбора помольных устройств для механоактивации минеральных наполнителей асфальтобетонных смесей

Аннотация

Проведена сравнительная оценка эффективности помольных устройств: шаровой, пружинной мельниц и дезинтегратора – при получении минеральных активных наполнителей. Определены параметры порошков: удельная поверхность и гранулометрический состав. Выполнено обоснование для выбора в качестве помольного устройства для получения активированных порошков – дезинтегратора. Определены показатели качества асфальтобетонов, модифицированных активным минеральным наполнителем.

Ключевые слова: помольные устройства, активированные минеральные порошки, удельная поверхность, седиментационный анализ, асфальтобетоны.

Введение

Известно, что большинство минеральных порошков, представляющих собой полидисперсные материалы, могут служить структурирующими добавками и компонентами асфальтобетонов. По мнению Рыбьева И.А. [1], в общей минеральной смеси щебня, песка и минерального порошка доминирующее значение адсорбента с высокоразвитой и энергетически активной поверхностью имеет порошкообразный компонент. В этой связи все большее внимание исследователей привлекает применение тонкодисперсных наполнителей и различных помольных устройств для их получения.

Однако, наряду с измельчением минеральных наполнителей, весьма важное значение имеют процессы их физико-химической активации для обеспечения повышения качества показателей дорожных материалов [2].

В основе многих активационных технологий лежат механохимические процессы, при которых механические нагрузки, изменяя структуру материалов, стимулируют протекание химических реакций на их поверхности. Теоретические основы этого направления созданы известным физико-химиком В. Освальдом (начало XX в.), который способствовал зарождению такой науки, как механохимия. Фундаментальные исследования развил и продолжил П.А. Ребиндер. Он отмечал, что цель механохимии состоит в использовании или превращении тех химических реакций, которые вызываются или ускоряются механической активацией.

В дорожном материаловедении основные положения механохимии (трибохимии) успешно применены Рыбьевым И.А., Гезенцвейем Л.Б., Хинтом И.А. и др. исследователями, в том числе ими апробированы методы активации минеральных порошков, песка и щебня. Наиболее широко известно применение активированных в шаровой мельнице минеральных порошков из карбонатных пород [2-4]. Активированные порошки позволяют создать более плотную структуру в составе асфальтобетонов. Однако, как отмечают авторы, эти технические решения не обеспечивают необходимый уровень адгезионной связи между компонентами структуры. Тем не менее, модифицированные поверхности частиц минеральных компонентов асфальтобетонов путем применения активационных технологий получают все большее признание и применение [5-6].

Оценивать эффективность помольных устройств наиболее целесообразно по показателям, характеризующим процессы измельчения материалов: результатам седиментационного анализа и гранулометрического состава. Кроме того, важно определить влияние активных наполнителей в составе асфальтобетонных смесей (АБС) на качество асфальтобетонов. Это и является целью данной работы.

Экспериментальная часть

- Определение удельной поверхности (S) осуществляли на приборе ПСХ-8А (автомат) с диапазоном значений от 500 до 50000 см²/г методом Козени-Кармана – по воздухопроницаемости и пористости уплотненного слоя порошка, рассчитывали по формуле [7] для мелкодисперсных порошков ($S \geq 1500$ см²/г):

$$S = K \cdot \frac{M \sqrt{\tau}}{P},$$

где $K = 4,21$ – постоянная прибора, M – параметр, определяемый по высоте слоя исследуемого порошка, τ – продолжительность фильтрации заданного объема воздуха через слой порошка;

$$P = \frac{10}{3} \rho,$$

где P – масса пробы порошка, г, L – высота слоя порошка.

Для грубодисперсных порошков ($S < 1500$ см²/г) вычисляли по формуле:

$$S = 1,73K \frac{M_3 \sqrt{\tau}}{P} \text{ (начальный период работы шаровой и пружинной мельниц),}$$

где P – масса пробы порошка, г: $P = 10 \rho$, $M_3 = f(L/3)$, определяется как 1/3 измеренной высоты слоя порошка ($L/3$), τ – продолжительность фильтрации заданного объема воздуха через слой порошка.

Частота и количество отбора проб определялись в соответствии с эффективностью помольного устройства:

- для шаровой мельницы: 14 отборов при времени работы до 116 мин;
- для пружинной мельницы: 22 отбора при времени работы до 76 мин;
- для дезинтегратора: 4 пропуска (до 3^{го} пропуска S растет, а после 4^{го} снижается).

Контроль осуществлялся по значению S : по достижению максимально возможных значений.

- Седиментационный анализ выполняли в соответствии с методическими указаниями [8] при непрерывном взвешивании осадка на торсионных весах. Анализ заключается в скорости накопления осадка на чашке весов. По результатам анализа строили кривые оседания: зависимость массы осадка от времени t : $P=f(t)$ – рис., а также в виде дифференциальной кривой распределения, построенной по кривой оседания, для чего на оси абсциссе откладывали рассчитанные радиусы (r_1), а по оси ординат – значения $\Delta P/\Delta r$ для каждой фракции. Весовое содержание каждой фракции выражается площадью соответствующего прямоугольника $P = (\Delta P/\Delta r) \cdot \Delta r$. После построения таких прямоугольников для каждой фракции и соединения точек их верхних оснований получали кривую распределения. По этой кривой определяли количественную долю в каждой фракции.

- Помол минеральных материалов осуществляли на устройствах, отличающихся принципом действия: шаровой и пружинной мельницах, а также на дезинтеграторной установке (ДУ).

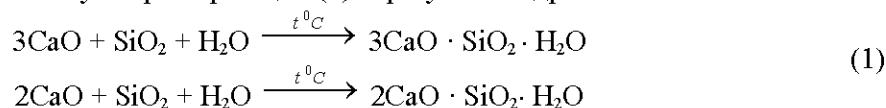
В отличие от широко используемых шаровых мельниц, в которых усилия деформации частиц материала реализуются в результате давления или падения шаров при небольших скоростях удара, в дезинтеграторе зерна материала ударяются с большой скоростью о пальцы (биты) и дробятся вдоль слабых плоскостей структур.

- Подбор состава АБС проводился с помощью компьютерной программы «Асфальтобетон». Физико-механические показатели асфальтобетонных образцов определяли в соответствии с ГОСТ 12801-98 [9].

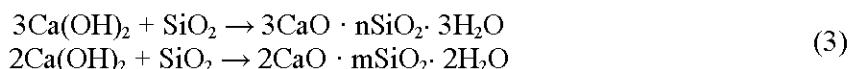
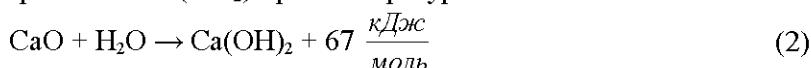
Обсуждение результатов

Нами выбран один из вариантов активации: модификации поверхности кварцевого песка пленкой из извести, что должно, на наш взгляд, способствовать увеличению межатомных и межмолекулярных взаимодействий компонентов композиционного материалов – асфальтобетонов.

Необходимо отметить, что песок – кремнезем (SiO_2) и известь – оксид кальция (CaO) в статических (обычных) условиях не взаимодействуют. Для протекания реакции между ними необходимы следующие условия: высокая дисперсность частиц – удельная поверхность (S) $\geq 3500\text{-}4500 \text{ см}^2/\text{г}$; необходимая влажность песка (H_2O) $> 10\%$ и температура – $80\text{-}90^\circ\text{C}$. В результате суммарной реакции (1) образуются гидросиликаты Ca:



Их образование происходит последовательно по следующему механизму: происходит взаимодействие (2) активного CaO с H_2O (гашение извести) с последующим ее взаимодействием (3) с кремнеземом (SiO_2) при температуре $80\text{-}90^\circ\text{C}$:



Оценивая изменение удельной поверхности (S) при измельчении минеральных наполнителей, следует отметить, что на шаровой мельнице (табл. 1) значение S достигает предельных значений ($S=3021\text{-}3129$) за сравнительно длительный период взамен (104-116 часов), значения S для пружинной мельницы (табл. 2) составляют 14697 и 14579 за 72 и 76 мин. (соответственно). В дезинтеграторе (табл. 3) S в начале (1 и 2 пропуск) растет, а после 3^{го} пропуска снижается. Это можно объяснить тем, что после 3^{го} пропуска активность частиц значительно увеличивается и наблюдается процесс их агрегации (слипания) с последующим снижением удельной поверхности. Аналогичное снижение S наблюдается для шаровой и пружинной мельниц (табл. 1 и 2). Следует отметить, что визуально наблюдается некоторая неоднородность (по цвету) порошка после помола в шаровой и пружинной мельнице, что предположительно может свидетельствовать о более слабой адсорбции (адгезии) CaO к поверхности SiO_2 в условиях помола (табл. 1 и 2). Как недостаток этих мельниц исследователи отмечают их высокую металлоемкость. Кроме того, пружинная мельница признается нетехнологичной из-за малой производительности (максимальная навеска – 500 г).

Таблица 1

**Определение удельной поверхности активированного минерального порошка
в процессе помола на шаровой мельнице**

T, час**	L (L/3*)	M (M ₃ *)	τ	S _{cp}
4	10,33	251,2	13	250,67
16	11,0	305,6	63	665,94
32	11,13	315,8	163	1109,38
40	11,35	331,8	233	1395,06
48	11,63	330,0	114	1681,75
72	11,8	370,5	206	2535,28
104	12,1	394,5	278	3139,85
116	12,2	403,0	248	3021,79

* для грубодисперсных порошков (до 40 час. помола)

** приведены 8 измерений из 14 выполненных

Таблица 2

**Определение удельной поверхности активированного минерального порошка
в процессе помола на пружинной мельнице**

T, мин**	L (L/3*)	M (M ₃ *)	τ	S _{cp}
0,05	10,3	395,0	17	344,14
2	11,6	355	108	1010,14
4	12,1	394,5	99	1874,56
36	12,7	441	1868	9094,61
60	12,83	451	2838	11440,35
72	12,9	455	4581	14697,86
76	12,92	456	4490	14579,47

* для грубодисперсных порошков (до 2-3 мин. помола)

** приведены 7 измерений из 22 выполненных

Таблица 3

**Определение удельной поверхности активированного минерального порошка
в процессе помола на дезинтеграторе**

Количество пропусков	L	M	τ	S_{cp}
1	11,6	353,5	109	1762,31
2	11,5	345,5	207	2368,0
3	11,5	345,5	286	3520,5
4	11,2	322,5	322	3450,3

Далее нами выполнялось исследование тонкодисперсных частиц (50-1 мкм) седиментационным анализом (табл. 4-7). Время измерения от 1 сек до 21600 сек (для шаровой), 90000 сек (для пружинной) и 86400 (для дезинтегратора) при выбранных близких значения S (табл. 4).

Таблица 4

Исходные данные для седиментационного анализа

№ п/п	Параметры анализа	Вид помольного устройства		
		шаровая мельница	дезинтегратор	пружинная мельница
1.	Масса чашечки (ρ), г	178	171	178,5
2.	Глубина погружения (H), м	0,213	0,213	0,213
3.	Плотность вещества, (d_1), кг/м ³	2600	2600	2600
4.	Плотность жидкость (d_0), кг/м ³	800	800	800
5.	Ускорение св. падения (g), м/сек ²	9,8107	9,8107	9,8107
6.	Вязкость жидкости (η), Па·сек	0,0014	0,0014	0,0014
7.	Удельная поверхность материала, (S), см ² /г	2934,6	2796,9	2695,4

Таблица 5

**Гранулометрический состав активированности минерального порошка
в процессе помола на дезинтеграторе**

Время (T), сек	ΔP	Δr	$\Delta P/\Delta r$
15	20	0	0
300	19	1,88	10,11
1200	4	0,43	9,29
9000	0	0,34	0,00
27000	0	0,20	0,00
86400	1	0,74	1,35

Таблица 6

**Гранулометрический состав активированности минерального порошка
в процессе помола на пружинной мельнице**

Время (T), сек	ΔP	Δr	$\Delta P/\Delta r$
15	24,5	0	0
300	8	1,88	4,26
1200	0,5	0,43	1,16
9000	0,1	0,34	0,29
18000	0,3	0,36	0,84
90000	3,8	1,14	3,38

Таблица 7

**Гранулометрический состав активированности минерального порошка
в процессе помола на шаровой мельнице**

Время (T), сек	ΔP	Δr	$\Delta P/\Delta r$
15	142	0	0
300	2	1,99	1,0
1080	0,5	0,54	0,93
3120	1	1,24	0,81
7200	0,5	1,07	0,47
21600	0	1,46	0,00

По полученным данным (табл. 5-7) строили зависимости массы осевших частиц P от продолжительности эксперимента (рис. 1, 3 и 5) и дифференциальные зависимости массы осадка от радиуса частиц (рис. 2, 4 и 6).

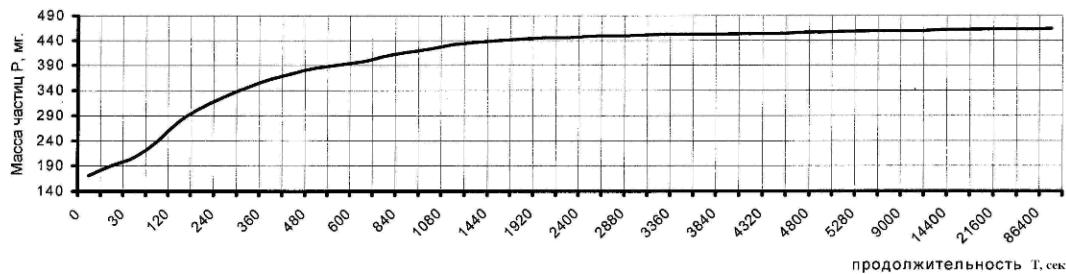


Рис. 1. Зависимость массы осевших частиц « P » от продолжительности опыта « T »
после измельчения в дезинтеграторной установке

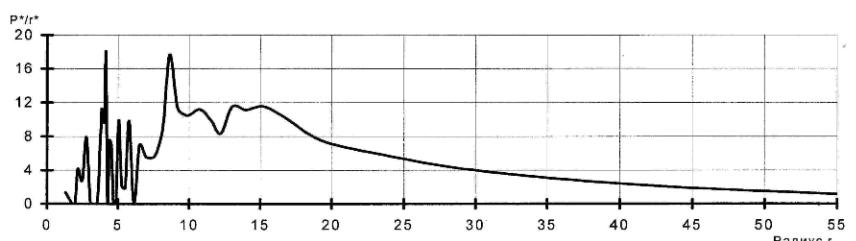


Рис. 2. Дифференциальная зависимость массы седиментационного осадка
от радиуса измельчения в дезинтеграторной установке

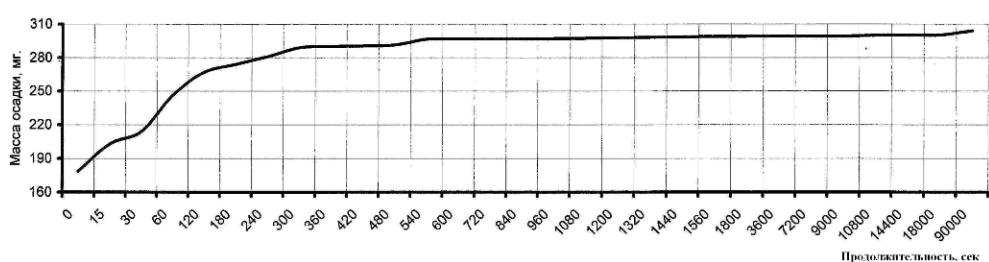


Рис. 3. Зависимость массы осевших частиц « P » от продолжительности опыта « T »
после измельчения в пружинной мельнице

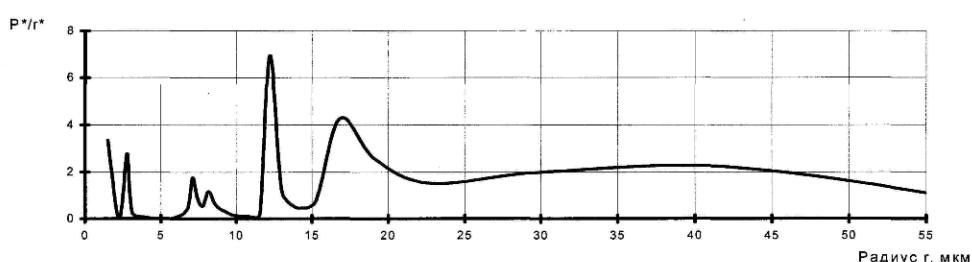


Рис. 4. Дифференциальная зависимость массы седиментационного осадка
от радиуса измельчения в пружинной мельнице

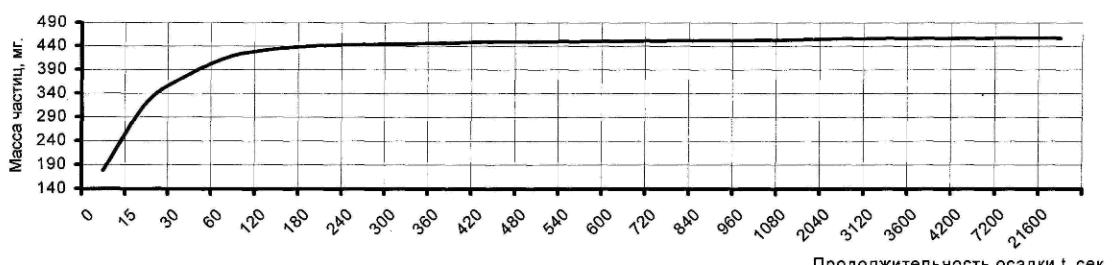


Рис. 5. Зависимость массы осевших частиц « P » от продолжительности опыта « T »
после измельчения в шаровой мельнице

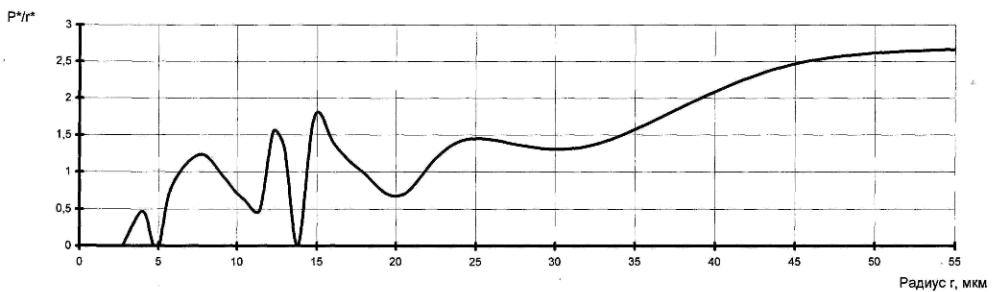


Рис. 6. Дифференциальная зависимость массы седиментационного осадка от радиуса измельчения в шаровой мельнице

Из рис. 3 и 5 видно, что осаждение частиц минерального наполнителя, полученных на начальных стадиях измельчения на пружинной и шаровой мельницах, происходит значительно быстрее, чем после дезинтегрирования, что свидетельствует о более эффективном измельчении в дезинтеграторе. Об эффективности применения дезинтеграторной установки (ДУ) свидетельствуют и данные седиментационного анализа (рис. 2, 4 и 6), на которых представлена дифференциальная зависимость массы осевшего порошка от его радиуса. Видно, что у минерального наполнителя, полученного на ШМ и ПМ с $S=2700-2900 \text{ см}^2/\text{г}$, отсутствуют частицы радиусом $< 2 \text{ мкм}$ (для ПМ) и $< 3 \text{ мкм}$ (для ШМ). Наибольшее количество частиц (масса) АН имеют размеры (12 и 17 мкм – для ПМ), (15 и 35-50 мкм для ШМ) и (1, 3, 4 и 8 мкм для ДУ), что в значительной мере определяет активность этих АН. Можно предположить, что после измельчения на ШМ и ПМ частицы АН содержат значительное количество остаточных структурных дефектов на макро- и микроуровнях, что предопределяет отрицательное влияние на процессы структурообразования минеральных наполнителей в составе асфальтобетонной смеси и обуславливает снижение качества и физико-механических свойств асфальтобетонов. Напротив, преобладание массовой доли частиц с меньшим диаметром (от 1 до 8 мкм) частиц после измельчения в ДУ обеспечивает более эффективное химическое взаимодействие компонентов АН и образование коагуляционно-кристаллизационной структуры асфальтобетона, о чем свидетельствуют сравнительные данные свойств асфальтобетонов (табл. 9), с использованием АН в составе асфальтобетонных смесей.

Для проведения сравнительных испытаний нами использовались асфальтобетонные смеси с подобранным составом. В качестве базового состава использованы АБС, состоящая из компонентов (табл. 8), которые соответствуют требованиям ГОСТ 9198-97 [10] – АБС-1. В составы, которые подвергались модификации, замен части песка вводили 2-3 % активных минеральных наполнителей, полученных на исследуемых помольных устройствах, что отражено в обозначениях образцов (табл. 9): АБС-2ДУ и АБС-3ДУ (на ДУ); АБС-2Ш и АБС-3Ш (на ШМ); АБС-2П и АБС-3П (на ПМ).

В АН соотношение песка и извести составляет 70:30 мас.ч.

Таблица 8

Состав АБС для приготовления асфальтобетонных образцов

Наименование компонентов	Содержание компонентов в составах, мас. %		
	АБС-1	АБС-2	АБС-3
Щебень фракции 5-20	41	41	41
Щебень фракции 3-10	13	13	13
Песок	23	21	20
Отсев	17	17	17
Минеральный порошок	6	6	6
Битум сверх 10% от минеральной части	4,5	4,5	4,5
Наполнитель	-	2	3

Ранее для АБС, модифицированных АН, полученным при помоле на ДУ, показана [11] их высокая эффективность, обеспечивающая существенные повышения физико-механических характеристик асфальтобетонов (табл. 9: образцы АБС-2Д и АБС-3Д): отмечено уменьшение водонасыщения на 27-30 % (после вакуумирования) и на 19-46 %

(после длительного водонасыщения). Также значительно снизился показатель по набуханию (50-70 %). Повысились и показатели прочности при сжатии в интервале температур от 0 до 50 °C.

Заключение

Таблица 9

Физико-механические свойства асфальтобетонов на основе модифицированных асфальтобетонных смесей

№ п/ п	Наименование показателей	Обозначение композиций составов АБС						
		АБС-1	ДУ		ШМ		ПМ	
			АБС- 2ДУ	АБС- 3ДУ	АБС- 2Ш	АБС- 3Ш	АБС- 2П	АБС- 3П
1.	Объемная масса, г/см ³	2,42	2,44	2,45	2,44	2,45	2,44	2,45
2.	Водонасыщение, об. %	3,31	2,42	2,32	3,1	2,92	2,81	2,65
3.	Набухание, об. %	0,14	0,07	0,04	0,11	0,09	0,08	0,065
4.	Предел прочности при сжатии, МПа, при температурах:							
	0 °C	75,67	74,12	76,50	73,5	74,82	74,0	75,5
	20 °C	35,25	37,50	36,00	36,1	35,7	36,5	35,9
	50 °C	10,92	11,88	15,00	10,98	12,1	11,2	13,5
5.	Остаточная прочность, %	4,56	3,84	3,64	4,05	4,21	3,92	3,73
6.	Коэффициент водостойкости	0,96	0,83	0,94	0,92	0,96	0,89	0,94
7.	Коэффициент водостойкости при длительном водонасыщении (после 25 суток)	0,78	0,92	1,05	0,81	0,89	0,88	0,95

Таким образом, при комплексной сравнительной оценке помольных устройств (ДУ, ШМ и ПМ): качественных показателей полученных порошков (табл. 1-б и рис. 1-б), а также результатов модификации активированными минеральными наполнителями АБ – установлено их значимое влияние на физико-механические показатели АБ (табл. 9), что убедительно свидетельствует о целесообразности и эффективности механоактивации минеральных наполнителей для АБС и АБ на их основе.

Список литературы

1. Рыбьев И.А. Строительное материаловедение. – М.: Высшая школа, 2002. – 701 с.
2. Гезенцвей Л.Б. Асфальтовый бетон из активированных минеральных материалов. – М.: Стройиздат, 1971. – 255 с.
3. Печений Б.Г. Битумы и битумоминеральные композиции. – М.: Химия, 1990. – 256 с.
4. Временные рекомендации по применению полимерно-дисперсного армирования асфальтобетонов с использованием резинового термоэластопласта (РТЭП). Мин. транс. РФ. Гос. служба дор. хоз. (РосАвтоДор). – М., 2002. – 24 с.
5. Расстегаева Г.А. Активные и активированные минеральные порошки отходов промышленности. – Воронеж: Изд. Воронежск. гос. ун-та, 2002. – 192 с.
6. Прокопец В.С. Механическая активация твердения белитосодержащих вяжущих веществ. Автореф. дис. докт. техн. наук. – Омск, 1998. – 53 с.
7. Техническое описание. Измерение удельной поверхности и среднемассового размера частиц на ПСХ-8А. – М.: Фир. Ходакова, 1998. – 19 с.
8. Седиментационный анализ. Методич. указания. – Казань: КГАСА, 1997. – 11 с.
9. ГОСТ 12801-98. Материалы на основе органических вяжущих для дорожного и аэродромного строительства. Методы испытаний. Межгосуд. стандарт / Госстрой. России. – М.: ГУП ЦПП, 1999. – 52 с.
10. ГОСТ 9128-97. Смеси асфальтобетонные дорожные, аэродромные и асфальтобетон. Технические условия. Межгосуд. стандарт / Госстрой. России. – М.: ГУП ЦПП, 1998. – 20 с.

11. Строганов В.Ф., Зиатдинов С.С., Строганов И.В. Повышение качества асфальтобетонных смесей для дорожных одежд / Матер. XV акад. чтений РАASN. Межд. н-т конф. «Достижения и проблемы материаловедения и модернизации строительной индустрии», Т.1. – Казань: КГАСУ, 2010. – С. 551-555.

Stroganov V.F. – doctor of chemical sciences, professor

E-mail: svf08@mail.ru

Riazapov Sh.A. – applicant

E-mail: shamil.ryazapov@tatar.ru

Kazan State University of Architecture and Engineering

The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

The relative valuation of choice efficiency and a substantiation of grinding devices for mechanical activation of mineral fillers of asphalt mixes

Resume

It is known that the majority of mineral powders are a polymeric materials. They are the structural additives and components in obtaining composite building materials, including road surfaces. An important role in their preparation has not only the chemical composition but also the energetic activity of the highly developed surface, which is provided by activating their surface. One of the most effective activation technologies is the process of grinding in the various grinding devices. In the article the analysis and comparative evaluation of the work of the ball, spring mills and disintegrator in obtaining mineral active fillers. Replaced with the settings of powders of: specific surface area and granulometric composition. Defined indicators of the quality of asphalt mixes modified mineral fillers. According to the results of the comparative evaluation of the considered device justified the choice of the most effective grinding device for the implementation of physical chemical activation of mineral powders – disintegrator.

Keywords: grinding device, activated mineral powders, specific surface, sedimentation analysis, asphalt concrete.

References

1. Rybev I.A. Building materials. – M.: High school, 2002. – 701 p.
2. Gezentsvey L.B. Asphalt concrete from the activated mineral materials. – M.: Stroyizdat, 1971. – 255 p.
3. Baked B.G. Bitumen and bitumen-mineral composites. – M.: Chemistry, 1990. – 256 p.
4. Interim guidance on the use of polymer-fiber reinforcement of asphalt mixes with the use of rubber TPE. Min. transport of the Russian Federation. State service of road sector (Rosavtodor). – M., 2002. – 24 p.
5. Rasstegaeva G.A. Active and activated mineral powders waste industry. – Voronezh: Publisher Voronezh state University, 2002. – 192 p.
6. Prokopets V.S. Mechanical activation of hardening belit-containing binders. The author's abstract of the dissertation of doctor of engineering Sciences. – Omsk, 1998. – 53 p.
7. Technical details. Measurement of specific surface and medium-mass particle size on the PSC-8A. – M.: The company Hodakova, 1998. – 19 p.
8. Sedimentation analysis. Methodical instructions. – Kazan: KSABA, 1997. – 11 p.
9. GOST 12801-98. Materials on the basis of organic binders for road and airfield construction. Test methods. Interstate standart / Gosstroit. of Russia. – M.: GUPCPP, 1999. – 52 p.
10. GOST 9128-97. Asphaltic concrete mixtures for roads and aerodromes and asphalt concrete. Specifications Interstate standart / Gosstroit. of Russia. – M.: GUPCPP, 1998. – 20 p.
11. Stroganov V.F., Ziyatdinov S.S., Stroganov I.V. Improving the quality of asphalt-concrete mixes for road / Mater. XV academic readings of RAASN. I n-t proc. «Achievements and problems of science of materials and modernization of the construction industry», Vol. 1. – Kazan: KGASU, 2010. – P. 551-555.

УДК 691.31:339.538:632.952

Хугорской С.В. – аспирант
E-mail: sergeohut@rambler.ru

Ерофеев В.Т. – доктор технических наук, профессор
E-mail: fac-build@adm.mrsu.ru

Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарева
Адрес организации: 430005, Россия, г. Саранск, ул. Большевистская, д. 68

Смирнов В.Ф. – доктор биологических наук, профессор
E-mail: protectfun@mail.ru

Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского
Адрес организации: 603950, Россия, г. Нижний Новгород, пр. Гагарина, д. 23

Повышение биологического сопротивления композитов на основе извести с помощью фунгицидных добавок

Аннотация

Целью работы являлись исследования влияния фунгицидных добавок на физико-механические, грибостойкие и фунгицидные свойства строительных композитов на основе негашеной и гашеной извести. Исследования на прочность, твердость и обрастаемость микроорганизмами проводились с применением стандартных методик. Установлено влияние фунгицидных добавок на свойства композитов на основе извести, проведены испытания на обрастаемость микроорганизмами. В результате введения специальных добавок получены более стойкие к биологическим воздействиям известковые композиты.

Ключевые слова: негашеная известь, гашеная известь, прочность, твердость, биологическое сопротивление, фунгициды.

В настоящее время исследования, связанные с изучением биологической стойкости строительных композитов, являются исключительно актуальными. Разрушения под действием биоповреждений оцениваются миллиардами долларов ежегодно. Биоповреждения строительных конструкций и материалов являются одним из основных факторов, определяющих скорость износа здания или сооружения. Под биоповреждениями понимается разрушение материалов и нарушение работоспособности изделий в результате воздействия на них макроорганизмов (животные, птицы, насекомые, высшие растения), микроорганизмов (бактерии, грибы, актиномицеты) и продуктов их жизнедеятельности [1, 2].

Биологическое воздействие на материалы и конструкции протекает в несколько этапов: вначале на поверхности материала происходит заселение и адсорбция микроорганизмов; затем идет процесс образования колоний микроорганизмов, происходит накопление продуктов их жизнедеятельности; далее уже за счет совместного воздействия на строительный композит микроорганизмов, влажности, температуры, химических агрессивных идет усиление биологического воздействия [2].

На данный момент проблеме биологического воздействия и повышения биологического сопротивления посвящено большое количество работ, изучается влияние микроорганизмов на различные композиционные материалы: цементные, гипсовые, полимерные, на основе смешанных вяжущих. Однако в настоящее время количественные зависимости изменения свойств известковых композитов при воздействии биологических агрессивных сред не исследованы. Не осуществлялся подбор биоцидных составов с применением известковых связующих и не оценивалось их влияние на физико-механические свойства.

Среди различных вяжущих, используемых при приготовлении растворов и бетонов, важное место занимает известь. Широкое ее применение в строительстве обусловлено тем, что она является местным вяжущим веществом. Известь стали применять еще задолго до появления цемента и гипса, долгое время основным вяжущим была именно известь, применение которой относится еще к древности, кроме этого, известь является экологичным материалом. Благодаря хорошему сцеплению известковых растворов с

каменной поверхностью, известь нашла преимущественное применение в качестве вяжущего в штукатурных и кладочных растворах.

Область применения известковых материалов и изделий может быть расширена за счет увеличения масштабов их использования в зданиях с агрессивными средами, например, на предприятиях пищевой, химической, медицинской промышленности, а также в сельскохозяйственных зданиях и сооружениях, где значительную роль в разрушении строительных материалов и конструкций играют микроскопические организмы, для развития и размножения которых здесь создаются благоприятные условия.

Композиты на основе извести, как и многие другие материалы, также подвержены биоповреждениям [3]. Микроорганизмы могут оказывать влияние на отдельные составляющие материалов и использовать в качестве источника питания различные компоненты композита [4, 5]. Скорость протекания процессов коррозии будет зависеть от концентрации ионов агрессивной среды.

Процессы коррозии известковых композитов можно разделить на три этапа [6]. На первом этапе идет взаимодействие цементирующих веществ композита и ионов агрессивных сред. Этот процесс происходит в кинетической области и контролируется скоростью гетерогенных химических реакций на границе фаз, которая зависит от степени поражения композита микроорганизмами, концентрации агрессивной среды и свойств материала. На втором этапе скорость коррозии ограничивается диффузионным процессом. Диффузия ионов будет зависеть от свойств продуктов коррозии, которые покрывают реакционные поверхности и тормозят скорость движения ионов. К третьему этапу концентрация ионов стабилизируется, реакция между ионами агрессивной среды и составляющими композита достигает равновесия.

Скорость процессов коррозии в основном определяется фазовым составом цементирующих веществ в известковом композите, его структурой, формой, дефектами композита, плотностью материала. Скорость коррозии композитов на известковом вяжущем, при длительном действии на них продуктов метаболизма микроорганизмов, будет различна в зависимости от продуктов жизнедеятельности и особенностей композита. Критерием, характеризующим скорость коррозии, также является накопление в материале продуктов реакции жизнедеятельности микроорганизмов.

Воздействие биологически агрессивной среды будет усиливаться с уменьшением плотности материала, вследствие большей поверхности реакций. В композитах с малой плотностью силы адгезии и когезии между частицами значительно меньше, следовательно, взаимодействие агрессивной среды с частицами материала будет происходить гораздо интенсивнее.

Вследствие того, что скорость химической реакции на границе фаз довольно большая, то концентрация взаимодействующих веществ в объеме больше, чем на поверхности, что и будет определять скорость диффузии взаимодействующих агрессивных ионов через пленку.

Скорость химических реакций взаимодействия известкового композита с агрессивной средой будет определяться скоростью диффузии взаимодействующих частиц. При взаимодействии гидратных фаз с агрессивной средой на границе фаз возникает защитная пленка, которая состоит из продуктов коррозии, она в зависимости от реагирующих веществ и продуктов реакций будет иметь различную плотность, толщина этой пленки будет постепенно расти [6].

Необходимо еще при проектировании строительных материалов и конструкций учитывать возможное воздействие на композит биологически активных сред и устраниТЬ возможность влияния микроорганизмов на свойства материала. Для повышения долговечности и безопасности существующих строительных конструкций и материалов необходимо применять меры, которые позволят исключить или снизить агрессивное биологическое воздействие. Эти меры могут носить временный и длительный характер.

Для защиты материалов от биологического воздействия, а также для уничтожения микроорганизмов используется ряд физических факторов: электромагнитное и радиоактивное облучение, обработка ультрафиолетом, ультразвуком, электрохимическая защита и т.д., которые относятся к временно действующим мероприятиям. К временно действующим мероприятиям относится также механическое удаление загрязнений путем влажной уборки,

проветривания, очистки воздуха с помощью фильтров и т.д. К постоянно действующим физическим методам защиты от биокоррозии относится поддержание правильного санитарно-гигиенического и оптимального температурно-влажностного режима.

Одним из наиболее эффективных и часто применяемых способов защиты строительных композитов от действия микроорганизмов является применение биоцидных добавок. Их вводят в состав материала при его изготовлении или пропитывают ими материалы.

Биоциды, которые используют для уничтожения микроорганизмов, можно разделить на две группы: фунгициды – для защиты материалов и изделий от повреждения грибами (главным образом, плесневыми); бактерициды – для защиты от гнилостных, слизеобразующих, кислотообразующих и других бактерий. В этой связи исследования, направленные на изучение биологического сопротивления композитов на основе известковых связующих, представляют значительный интерес.

Для проведения испытаний в качестве вяжущих нами были рассмотрены гашеная и негашеная известь, наполнителем служил кварцевый песок с модулем крупности $M_k=1,4$, в качестве фунгицидных добавок использовали добавки ЗАО «Еврохим-1». В качестве активных ингредиентов в добавках содержатся: метилизотиазолинон и бензилизотиазолинон для «Nuosept BM11», хлорацетамид для «Nuosept CA 24-E»; хлорметилизотиазолинон и метилизотиазолинон для «Nuosept 515N»; бензилизотиазолинон для «Nuosept BT20»; хлорметилизотиазолинон, метилизотиазолинон, этилендиоксидиметанол для «Nuosept B50 SM».

Образцы изготавливались в виде призм размером $1\times1\times3$ см. Испытания композитов на грибостойкость и фунгицидные свойства проводились в соответствии с ГОСТ 9.049-91. Сущность испытаний заключалась в выдерживании материалов, зараженных спорами плесневых грибов, в оптимальных для их развития условиях с последующей оценкой грибостойкости и фунгицидности. В качестве характеристик для оценки микробиологической стойкости материалов рассматривали обрастаемость грибами, которую определяли испытаниями образцов с использованием питательной среды Чапека-Докса (метод 3) и без дополнительных источников углеродного и минерального питания (метод 1). Результаты испытаний приведены в табл. 1 и 2.

Таблица 1

Устойчивость композитов на негашеной извести к воздействию микроорганизмов

№ состава	Компоненты	Содержание, мас. ч.	Степень роста грибов, баллы		Хар-ка по ГОСТу
			Метод 1	Метод 3	
1	Известь негашеная Кварцевый песок	100 300	2	4	Грибостоек
2	Известь негашеная Кварцевый песок «Nuosept BM11»	100 300 0,5	0	4	Грибостоек
3	Известь негашеная Кварцевый песок «Nuosept CA 24-E»	100 300 0,5	1	4	Грибостоек
4	Известь негашеная Кварцевый песок «Nuosept 515N»	100 300 0,25	0	3	Грибостоек
5	Известь негашеная Кварцевый песок «Nuosept BT20»	100 300 0,25	1	4	Грибостоек
6	Известь негашеная Кварцевый песок «Nuosept B50 SM»	100 300 0,5	0	4	Грибостоек

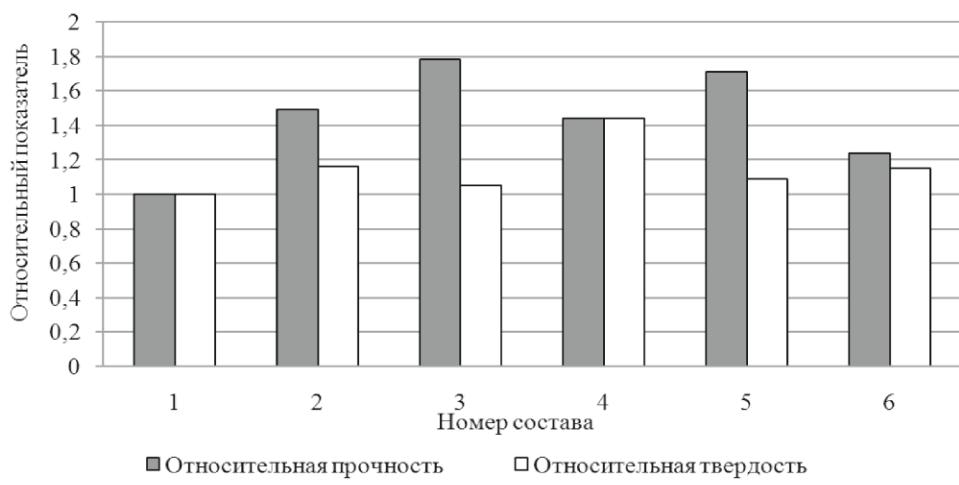
Таблица 2

Устойчивость композитов на гашеной извести к воздействию микроорганизмов

№ состава	Компоненты	Содержание, мас. ч.	Степень роста грибов, баллы		Хар-ка по ГОСТу
			Метод 1	Метод 3	
7	Известь гашеная Кварцевый песок	100 300	3	4	Негрибостоек
8	Известь гашеная Кварцевый песок «Nuosept BM11»	100 300 0,5	0	4	Грибостоек
9	Известь гашеная Кварцевый песок «Nuosept CA 24-E»	100 300 0,5	0	4	Грибостоек
10	Известь гашеная Кварцевый песок «Nuosept 515N»	100 300 0,25	1	4	Грибостоек
11	Известь гашеная Кварцевый песок «Nuosept BT20»	100 300 0,25	0	4	Грибостоек
12	Известь гашеная Кварцевый песок «Nuosept B50 SM»	100 300 0,5	1	4	Грибостоек

Из полученных результатов видно, что введение в состав композитов на основе негашеной и гашеной извести фунгицидных добавок способствует снижению обрастаемости грибами. При введении некоторых фунгицидов степень роста грибов снижается до 0 баллов, что указывает на эффективность использования этих добавок при изготовлении материалов и конструкций на основе извести.

Полученные составы строительных композитов на основе извести с повышенным биологическим сопротивлением могут найти применение в условиях воздействия биологически агрессивных сред. При воздействии агрессивных сред, включая и воздействие микроорганизмов, на строительные композиты, разрушительные процессы обычно начинаются с поверхности. Несомненно, что на скорость проникновения агрессивной среды будут влиять значительное число факторов, которые в конечном итоге и послужат характеристикой для оценки стойкости. Развитие процессов биокоррозии во многом будет зависеть от плотности и прочности строительного композита. В этой связи нами было исследовано влияние фунгицидных добавок на прочность и твердость известковых композитов.



a)

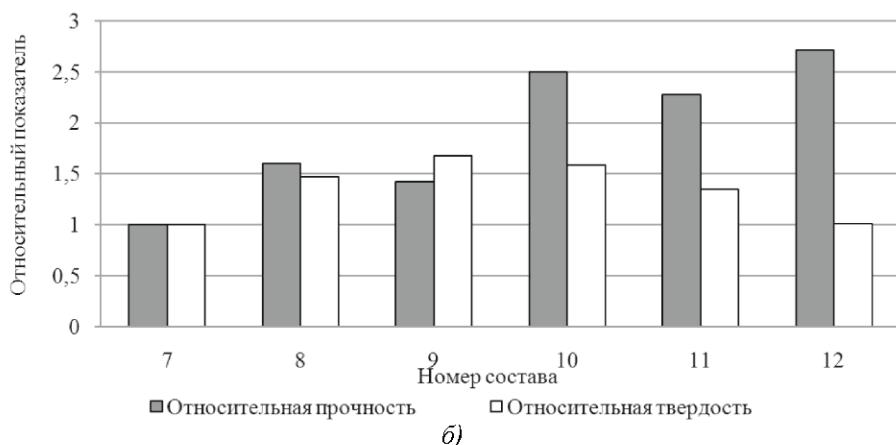


Рис. Изменение относительной прочности и твердости композитов на негашеной извести (а) и гашеной извести (б) при введении фунгицидной добавки

Из графиков видно, что введение в состав композита на негашеной и гашеной извести фунгицидных добавок способствует увеличению прочности и твердости исследуемых композитов. Очевидно, что фунгицидные соединения способствуют улучшению процессов структурообразования материалов.

Таким образом, из полученных данных следует, что композиты на основе негашеной и гашеной извести с фунгицидными добавками являются более прочными и более устойчивыми к воздействию биологически активных сред. Разработанные составы известковых композитов могут применяться в условиях воздействия биологических сред. Введение в состав известкового композита фунгицида не только увеличит срок его службы, но и расширит область применения за счет увеличения физико-механических показателей.

Список литературы

1. Биоповреждения: учеб. пособие для биол. спец. вузов / Под ред. В.Д. Ильичева. – М.: Высшая школа, 1987. – 352 с.
2. Соломатов В.И., Ерофеев В.Т., Смирнов В.Ф. и др. Биологическое сопротивление материалов. – Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2001. – 196 с.
3. Ерофеев В.Т., Хуторской С.В. Биокоррозия и биостойкость известковых композитов // Материалы III Междунар. науч.-техн. конф. «Биоповреждения и биокоррозия в строительстве». – Саранск, 2009. – С. 78-82.
4. Palmer R., Siebert J., Hirsch P. Biomass and organic acids in sandstone of a weathering building: production by bacterial and fungal isolates // Microbiol. Ecol, 1991, Vol. 21, № 3. – P. 253-266.
5. Popescu A., Ionescu-Homoriceanu S. Biodeterioration aspects at a brick structure and bioprotection possibilities // Ind. Ceram, 1991, Vol. 11, № 3. – P. 128-130.
6. Куатбаев К.К. Силикатные бетоны из побочных продуктов промышленности. – М.: Стройиздат, 1981. – 246 с.

Khutorskoy S.V. – post-graduate student

E-mail: sergeohut@rambler.ru

Erofeev V.T. – doctor of technical sciences, professor

E-mail: fac-build@adm.mrsu.ru

Mordovian State University

The organization address: 430005, Russia, Saransk, Bolshevikskay st., 68

Smirnov V.F. – doctor of biological sciences, professor

E-mail: protectfun@mail.ru

Nizhny Novgorod State University

The organization address: 603950, Russia, N. Novgorod, Gagarina st., 23

Increased biological resistance of composites based on lime with fungicidal additives

Resume

The purpose was to investigate the influence of fungicidal additives on mechanical, fungus-resistant and fungicidal properties of composites based on the construction of quicklime and hydrated lime.

At present the problem of biological corrosion is very important. Organisms susceptible to the ravages of almost all materials. The growth and development of materials to worsen the appearance of the material degrades its performance characteristics. Stability of the composite construction to biological corrosion will depend on the composition of its components.

Lime is widely used in construction for a very long time and was one of the first binders are widely used to bind the individual stones. Currently, it is based are made mortar, concrete, dry mix, however, lime composites are also subject biological corrosion.

Were tested for strength, hardness and accretion by microorganisms using standard techniques. The effect of additives on the fungicidal properties of composites based on lime, and tests on accretion of microorganisms. As a result of special additives produced more resistant to the biological effects lime composites, but this increased performance strength and hardness. More robust construction composites can be used in conditions of biologically aggressive media.

Keywords: quick lime, hydrated lime, strength, hardness biological resistance, fungicides.

References

1. Illichev V.D. Biodeteriorations: Tutorial for biol. specials universities. – M.: High school, 1987. – 352 p.
2. Solomatov V.I., Erofeev V.T., Smirnov V.F. and others. Biological resistance of materials. – Saransk, Publishers of the Mordovian university, 2001. – 196 p.
3. Erofeev V.T., Khutorskoy S.V. Biocorrosion biostability and lime composites. // Materiali Mezhdunar. nauch.-tekhn. konf. «Biodeteriorations and biocorrosion in construction». – Saransk, 2009. – 292 p.
4. Palmer R., Siebert J., Hirsch P. Biomass and organic acids in sandstone of a weathering building: production by bacterial and fungal isolates // Microbiol, Ecol, 1991, Vol. 21, № 3. – P. 253-266.
5. Popescu A., Ionescu-Homoriceanu S. Biodeterioration aspects at a brick structure and bioprotection possibilities // Ind. Ceram, 1991, Vol. 11, № 3. – P. 128-130.
6. Kuatbaev K.K. Silicate concrete by-product of the industry. – M.: Stroizdat, 1981. – 246 p.

УДК 691.32:54

Шевченко В.А. – кандидат технических наук, профессор

E-mail: kafsmi@mail.ru

Киселев В.П. – доктор технических наук, профессор

E-mail: Wkiselev001@yandex.ru

Панасенко Л.Н. – инженер

E-mail: piluglar@mail.ru

Иванова Л.А. – кандидат технических наук, доцент

E-mail: lusya54 @yandex.ru

Василовская Г.В. – кандидат технических наук, доцент

E-mail: vasgv21n@mail.ru

Сибирский федеральный университет

Адрес организации: 660011, Россия, г. Красноярск, пр. Свободный, д. 79

Добавка-ускоритель твердения для бетонов на основе отходов промышленности

Аннотация

Приведены результаты исследований свойств цементного теста и камня с добавкой солевых (минерализованных) стоков – отхода металлургической промышленности. Показано положительное влияние стоков на микроструктуру цементного камня, изменение фазового состава продуктов гидратации, прочность. Предложена комплексная добавка – ускоритель твердения на основе солевых стоков и ингибитора коррозии бетона для ее использования в железобетонных конструкциях, обеспечивающая прирост прочности бетона и не вызывающая коррозию арматуры.

Ключевые слова: цементный камень, ускоритель твердения, солевые стоки, фазовый состав, микроструктура, прочность, ингибиторы коррозии.

Введение

Современный строительный рынок располагает широкой номенклатурой различных химических добавок для цементных бетонов и растворов, большинство из которых представлены дорогостоящими продуктами отечественного и импортного производств. Наряду с химически чистыми и специально синтезируемыми продуктами в качестве химических добавок возможно применение крупнотоннажных отходов – попутных продуктов предприятий различных отраслей промышленности. С этой точки зрения научный и практический интерес представляют попутные продукты металлургического производства – аффинажа драгоценных металлов. К ним относятся жидкие (минерализованные) стоки, образующиеся в результате очистки маточных растворов аффинажного производства. Технология очистки стоков заключается в обработке их известковым молоком, отдувке в газовую фазу аммиака и фильтровании пульпы. В результате обезвреживания образуется раствор, содержащий в основном хлориды натрия и кальция, а также твердый продукт (kek), состоящий в основном из сульфата кальция и гидрооксидов железа. По вещественному составу в минерализованных стоках основными компонентами являются ионы Na^+ , Cl^- , Ca^{+2} и сухой остаток.

Анализ химического состава промышленных стоков показал, что они являются растворами солей-хлоридов, которые можно использовать в технологии бетонов как добавки-электролиты, ускоряющие и активизирующие процессы твердения цементных композиций, и как вещества, снижающие температуру замерзания воды, тем самым способствуя твердению бетонов и растворов при низких температурах.

Согласно теории авторов [2, 3], соли-электролиты способны вступать либо в реакцию присоединения, либо в обменные реакции с составляющими портландцементного клинкера или продуктами его гидратации с образованием труднорастворимых веществ или малодиссоциированных молекулярных комплексов, оказывая существенное влияние на процессы гидратационного твердения цемента. Участвуя в реакциях присоединения с C_3A цемента с образованием двойных солей, формируют плотную структуру цементного камня, способствуя повышению прочности и плотности бетона [7].

В связи с этим в работе была поставлена цель – изучить влияние солей-электролитов на основе отходов промышленности на свойства цементного камня: прочность, фазовый состав и микроструктуру – с точки зрения перспективы использования их в качестве добавки – ускорителя твердения в бетонах.

Основная часть

При изучении механизма действия солевых стоков в цементном тесте и бетоне была исследована химическая природа влияния стоков на процесс гидратации цемента и физическую модификацию его структуры.

Для исследований были использованы солевые стоки Красноярского завода цветных металлов, дополнительно упаренные для повышения концентрации солей, входящих в их состав. Состав и свойства промстоков представлены в табл. 1.

Таблица 1
Состав и свойства промстоков ОАО «Красцветмет»

Номер пробы	Наименование показателя				
	Содержание CaCl ₂ , г/л	Содержание NaCl, г/л	Концентрация солей, %	Плотность раствора, г/л	Температура замерзания, °C
1	103,8	171,6	23,5	1,171	- 20
2	112,1	171,6	26,6	1,20	- 21
3	239,8	132,0	28,4	1,31	- 23
4	217,6	163,2	29,2	1,30	- 24
5	155,4	188,5	28,0	1,23	- 21
6	186,2	189,4	29,0	1,30	- 24
7	165,4	162,8	26,5	1,24	- 23

В качестве вяжущего был использован портландцемент Красноярского цементного завода ПЦ М400 Д20.

Влияние минерализованных стоков на свойства цементного вяжущего было изучено по изменению нормальной густоты, сроков схватывания, прочности цементного камня, его фазового состава и микроструктуры.

В исследованиях была принята усредненная проба стоков с концентрацией солей 29 %, в которой соотношение между хлоридом кальция и хлоридом натрия составляло 1:1. Расход стоков назначали по активному веществу (от 1 до 5 % от массы цемента). По данным экспериментальных исследований определено, что нормальная густота цементного теста и сроки схватывания изменяются неравнозначно и зависят прямо пропорционально от расхода стоков (по активному веществу), как показано в табл. 2.

Таблица 2
Влияние расхода минерализованных стоков на свойства цементного теста и камня

Расход по активному веществу, % от массы цемента	Нормальная густота, %	Сроки схватывания, ч. – мин.		Прочность, МПа			
		начало	конец	При изгибе, сут.	При сжатии, сут		
-	26,25	3-00	4-55	5,14	6,16	46,5	68,4
1	26,25	2-25	3-48	5,49	6,47	51,2	74,6
2	26,50	1-50	3-40	6,21	7,15	55,4	80,1
3	27,00	1-30	3-20	6,48	7,64	57,7	83,5
4	27,13	1-05	2-05	6,98	8,01	60,1	86,2
5	27,25	0-25	0-55	7,16	8,12	60,9	86,9

Результатами исследований выявлено, что стоки не оказывают существенного влияния на водопотребность (нормальную густоту) цементного теста, но при этом

значительно сокращают сроки схватывания в 2-2,5 раза при их расходе от 3 до 5 % от массы цемента. Прочность цементного камня увеличивается максимально при расходе стоков 5 % от массы цемента, однако в этом случае сроки схватывания сокращаются до недопустимого предела, поэтому оптимальной дозировкой является расход в 2-4 % от массы цемента. Это указывает на возможность экономии вяжущего для получения равнопрочных цементных бетонов и растворов и сокращения продолжительности твердения до набора отпускной или проектной прочности [5].

Полученные данные о повышении физико-механических характеристик цементного камня в присутствии добавок-электролитов на основе жидких отходов промышленности подтверждаются результатами исследований фазового состава и микроструктуры цементного камня с помощью методов: дифференциально-термического, рентгенофазового анализов и сканирующей электронной микроскопии. Дифференциально-термический анализ проводился на приборе СТА-ТГ/ДСК марки STA 449 F1 Jupiter, рентгенофазовый анализ проводился с помощью дифрактометра D8 ADVANCE. Исследование микроструктуры образцов цементного камня проводили с помощью сканирующего электронного микроскопа JEOL JSM 7001F при ускоряющем напряжении 5 кВ и рабочем расстоянии – 6 мм. Сколы образцов напылялись Au на вакуумной установке JEOL JEE-420, при этом толщина покрытия составила 15 нм [4].

Наглядным примером модификации структуры цементного камня являются микрофотографии, представленные на рис. 1. На них видно, что микроструктура немодифицированного цементного камня (без добавок) выглядит неоднородной, рыхлой, со множеством пор, в которой новообразования представлены бесформенными округлыми агрегатами, состоящими из тончайших частиц геля. Гидрооксид кальция плохо закристаллизован и не имеет характерной для него формы. Размер агрегатов из гидратных частиц неравномерный, цементный камень содержит неодинаковые пустоты.

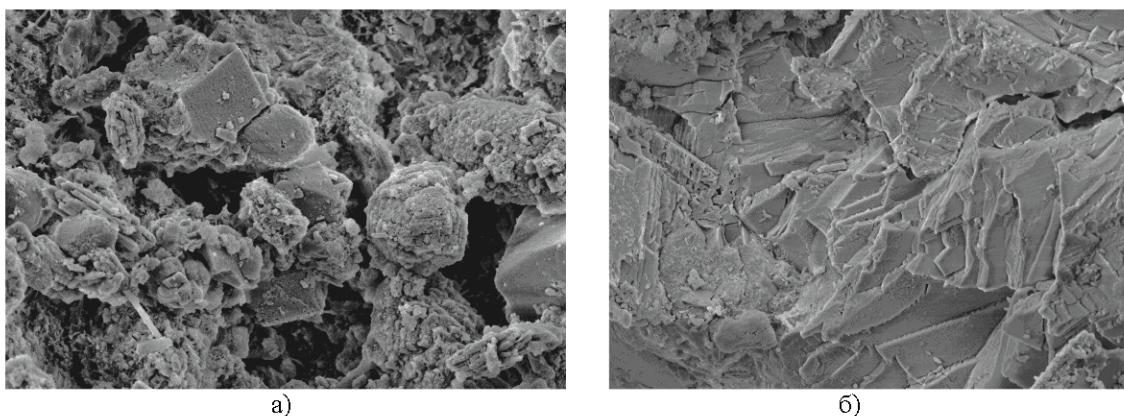


Рис. 1. Микроструктура цементного камня, увеличение $\times 5000$:
а) цементный камень без добавок; б) цементный камень, модифицированный хлоридами (стоками) в количестве 2 % от массы цемента

Введение в цементный камень солевых стоков изменяет морфологию кристаллов: они становятся пластинчатыми или подобными гофрированной фольге. Подобное изменение в морфологии кристаллов может быть следствием хемосорбции хлорид-ионов на поверхности гидратных фаз и их внедрения в решетку C-S-H. Микроструктура цементного камня, модифицированного минерализованными стоками, плотная с очень четкими пластинчатыми кристаллами. Поверхность скола образца, содержащего солевые стоки, представляет структуру из равномерно распределенных, хорошо закристаллизованных слоев пластинчатых кристаллов $\text{Ca}(\text{OH})_2$, заполняющих пространство между остатками исходных зерен и покрытых тонкодисперсными ГСК, которые образуют на поверхности войлокоподобную оболочку («шубу»). Пакеты из пластинчатых кристаллов $\text{Ca}(\text{OH})_2$ снижают объем крупных пор, а увеличение числа контактов между остатками цементных зерен и агрегатами из гидратных новообразований повышает однородность и плотность образующейся структуры.

Причиной модификации структуры цементного камня при введении в его состав солей-электролитов, по мнению ряда исследователей [1, 3], является химическое взаимодействие добавок и минералов клинкера с образованием дополнительных продуктов гидратации в виде двойных солей: гидрохлоралюминатов кальция (ГХАК – соль Фриделя), а следствие такого взаимодействия проявляется в изменении физико-механических характеристик – плотности и прочности цементного камня и бетона. Представленные результаты по прочности и состоянию микроструктуры цементного камня подтверждают это положение.

О степени гидратации в присутствии добавок и без них можно судить на основании ДТА по потере массы в образцах цементного камня (табл. 3).

Таблица 3

Степень гидратации образцов цементного камня

№ образца	Вид добавки	Остаточная масса / потери, % при T = 999,8 °C	
		3 сут	28 сут
1	-	90,55 / 9,45	87,64 / 12,96
2	стоки	83,16 / 16,84	79,47 / 20,53

Установлено, что степень гидратации, судя по потере массы на основании ДТА, более высокая в образцах с добавкой стоков как в начальные сроки, так и в 28 суток твердения.

Изменения в фазовом составе цементного камня представлены на дифрактограммах и термограммах (рис. 2 и 3). Из них видно, что принципиальным отличием является увеличение количества новообразований (продуктов гидратации) в составе с солевыми стоками, а также появление гидрохлоралюмината кальция, который идентифицируется на дифрактограмме по дифракционным линиям с d/n 7,809; 3,94; 2,877A. На термограмме присутствие гидрохлоралюмината, образовавшегося из C₃S и C₄AF в результате взаимодействия с хлоридами, содержащимися в солевых стоках, указывает эндотермический эффект дегидратации в интервалах температур 94...140 °C.

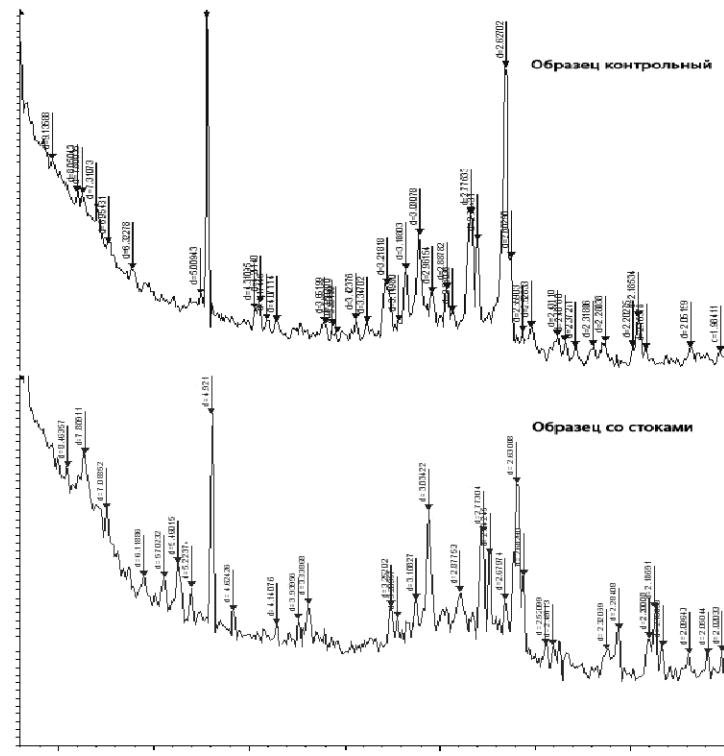


Рис. 2. Дифрактограммы цементного камня

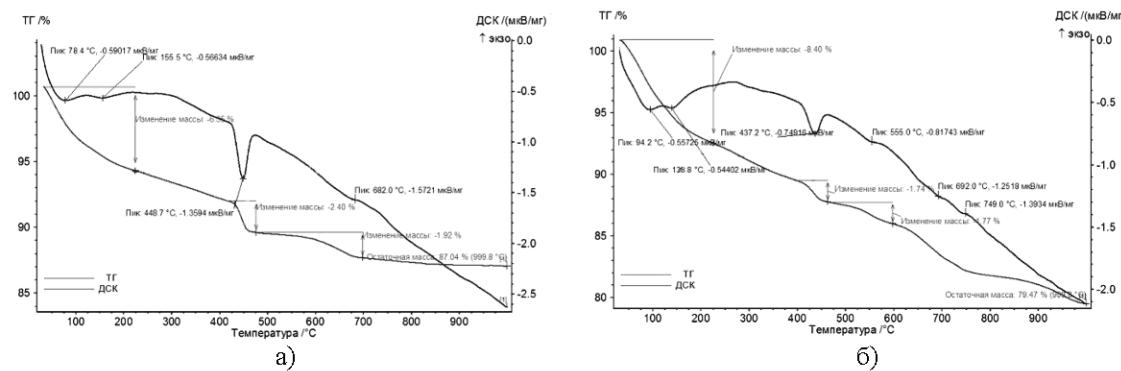


Рис. 3. Термограммы цементного камня: а) состав контрольный (без добавок); б) состав с добавкой солевых стоков

Таким образом, результатами физико-химических исследований выявлено образование в цементном камне с добавкой солевых стоков дополнительных двойных солей – гидрохлоралюминатов, которые способствуют модификации структуры цементного камня в сторону повышения его плотности и увеличения прочности.

Положительное влияние солевых стоков проявляется в повышении прочностных показателей бетонов, твердеющих в различных условиях: в нормальных и при пропаривании, как показано в табл. 4 и 5, причем в наибольшей степени эффективность стоков проявляется в составах с относительно высоким расходом цемента, что обеспечивает повышение прочности бетона в сравнении с составом без добавки на 19-26 %.

Таблица 4

Влияние расхода активного вещества стоков на прочность бетона

Расход цемента, кг/м ³	Расход активного вещества стоков, % массы цемента	Прочность при сжатии, МПа		
		после тепловлажностной обработки	на 28-е сут. после тепловлажностной обработки	через 28 сут. твердения в нормальных условиях
350	0	28,7	33,1	34,3
	2	33,9	38,7	40,8
400	0	34,6	41,2	42,4
	2	42,2	49,6	51,3
450	0	38,1	44,6	45,9
	2	46,9	55,8	57,8

Эффект солевых стоков как ускорителя твердения обеспечивает возможность сокращения расхода цемента для получения равнопрочных бетонов, как показано в табл. 5.

Таблица 5

Прочность бетонов со стоками при снижении расхода цемента

Расход цемента, кг/м ³	Сокращение расхода цемента, %	Прочность при сжатии, МПа		
		после ТВО	на 28-е сут. после ТВО	на 28 сут. нормального твердения
350 (без добавки)	-	28,7	33,1	34,3
333	5	31,6	34,8	36,1
315	10	29,4	32,7	34,6
298	15	27,1	31,4	32,7
280	20	26,2	30,1	31,4
450 (без добавки)	-	38,1	44,6	45,9
428	5	39,3	45,8	47,1
405	10	38,6	45,1	46,7
383	15	37,7	43,9	45,6
360	20	36,9	42,4	44,1

Из представленных данных видно, что получение равнопрочных бетонов с добавкой солевых стоков возможно с пониженным, на 10-20 % расходом цемента, что является весьма ощутимым экономическим эффектом.

При всех перечисленных положительных аспектах использование стоков в цементных бетонах может иметь и негативную сторону с точки зрения сохранности арматуры в пассивном, некорродирующем состоянии в железобетонных конструкциях при их длительной эксплуатации [6, 8]. В связи с этим была исследована возможность получения комплексной добавки на основе солевых стоков, которая при прочих положительных эффектах обеспечивала бы защитную способность бетона по отношению к стальной арматуре на протяжении длительного времени. Для этого произведен выбор ингибитора коррозии для совместного использования его со стоками в бетонах и железобетоне. По результатам эксперимента, проведенного с помощью метода математического планирования, наилучшие результаты с точки зрения повышения прочности и плотности бетона, а также минимальной стоимости показал нитрит натрия, который может вводиться в состав бетона в количестве 1,0-1,5 % от массы цемента. В бетоне, содержащем комплексную добавку, сталь находится в пассивном состоянии на протяжении длительного времени, причем без потенциальной возможности перехода из пассивного состояния в активное, как видно из рис. 4.

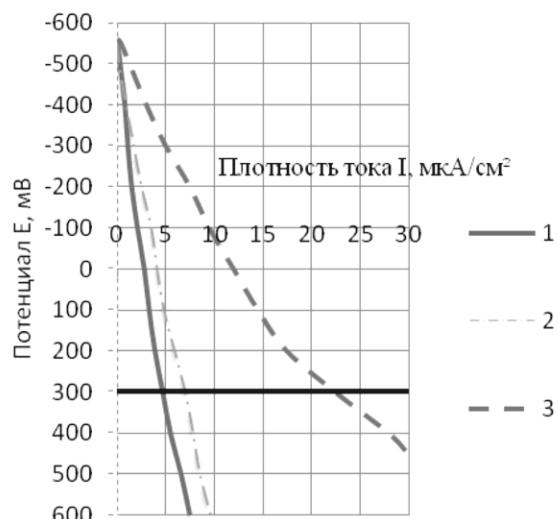


Рис. 4. Анодные поляризационные кривые стали в бетоне:
1 – без добавок; 2 – с добавкой солевых стоков и ингибитора коррозии;
3 – с добавкой солевых стоков

Анодные поляризационные кривые построены при электрохимических испытаниях армированных образцов с добавкой солевых стоков и с комплексной добавкой, содержащей, кроме стоков, ингибитор коррозии. Анализ кривых показывает, что в присутствии солевых стоков через 365 сут. в бетоне, содержащем только солевые стоки, сталь переходит в активное состояние, так как при потенциале + 300 мВ плотность тока в стальной арматуре практически достигает 25 мкА/см². В бетоне с комплексной добавкой через 365 сут. после изготовления плотность тока в стальной арматуре не превышает 10 мкА/см², что свидетельствует об ее устойчивом пассивном состоянии. Следовательно, такая комплексная добавка может использоваться в железобетонных конструкциях без риска развития коррозии арматуры и снижения эксплуатационных характеристик.

Заключение

1. Показана возможность использования солевых стоков – попутного продукта аффинажа цветных металлов – в качестве добавки-ускорителя твердения цементных бетонов.
2. Для бетонных, неармированных изделий, твердеющих в нормальных условиях или в условиях тепловлажностной обработки, использование стоков обеспечивает прирост прочности бетона на 19-26 % без увеличения расхода цемента.

3. Положительный эффект прироста прочности от использования стоков дает возможность сокращения расхода цемента на 10-20 % при получении равнопрочных бетонов.

4. В бетонах для железобетонных конструкций целесообразным является совместное использование со стоками добавки ингибитора коррозии, что обеспечивает не только повышение прочности, но и сохранение арматуры в пассивном состоянии на протяжении длительного времени.

5. В целом, использование стоков в технологии бетонов обеспечивает возможность иметь доступную, экономичную химическую добавку, позволяющую получать ощутимый технический и экономический эффект при одновременном экологическом эффекте за счет снижения выбросов промышленных отходов в окружающую среду.

Список литературы

1. Рамачандран В.С. Добавки в бетон: справоч. пособие. – М.: Стройиздат, 1988. – 575 с.
2. Батраков В.Г. Модифицированные бетоны. Теория и практика. – М.: Стройиздат, 1998. – 768 с.
3. Ратинов В.Б., Розенберг Т.Н. Добавки в бетон. – М.: Стройиздат, 1989. – 187 с.
4. Горшков В.С. Методы физико-химического анализа вяжущих веществ. – М.: Высшая школа, 1981. – 285 с.
5. Шевченко В.А., Назиров Р.А., Панасенко Л.Н. Химические добавки для бетонов на основе жидкых отходов промышленности: монография. – Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2011. – 178 с.
6. Алексеев С.Н. Ингибиторы коррозии стали в железобетонных конструкциях. – М.: Стройиздат, 1985. – 272 с.
7. Батраков В.Г. Повышение эффективности бетона химическими добавками // Бетон и железобетон, 1988, № 9. – С. 27-29.
8. Кастроных Л.И. Добавки в бетоны и строительные растворы. Учебно-справочное пособие. – Ростов н/Д.: Феникс, 2005. – 221 с.

Shevchenko V.A. – candidate of technical sciences, professor

E-mail: kafsmi@mail.ru

Kiselev V.P. – doctor of technical sciences, professor

E-mail: Wkiselev001@yandex.ru

Panasenko L.N. – engineer

E-mail: piluglar@mail.ru

Ivanova L.A. – candidate of technical sciences, associate professor

E-mail: lusya54@yandex.ru

Vasilovskaya G.V. – candidate of technical sciences, associate professor

E-mail: vasgv21n@mail.ru

Siberian Federal University

The organization address: 660011, Russia, Krasnoyarsk, Svobodny, st. 79

An additive-accelerant for concrete hardening on the base of industrial waste

Resume

Research has been carried out on the study of mineralized flow effectiveness – waste of metallurgy – as an accelerator additive for concrete hardening. It has been found out that these flows intensify the process of cement hydration and a set of concrete durability especially in initial period. In the presence of flows the microstructure of the cement stone is modified as for the increase in its density.

To prevent the reinforcement corrosion development in the presence of the salt flaws a complex accelerator is suggested including a corrosion inhibitor in addition to the flows. The products phase composition of the new formation of cement stone with the complex accelerator

changes with an emergence of additional products of hydration – hydrochlorinealuminates and calcium hydronitroaluminates, which lead to an additional increase in durability and density of the cement stone and concrete. The use of the accelerant broadens the nomenclature of non-deficit available chemical accelerants and provides: an increase in concrete durability without excessive consumption of binding materials; reduction in cement consumption for obtaining full strength concrete; an increase in the set of concrete durability in initial periods. The use of mineralized (salt) flows in concrete technology allows to improve ecological safety at the expense of industrial waste emission reduction into the surrounding environment.

Keywords: cement stone, concrete, hardening accelerator, salt flow, phase composition, microstructure, durability, corrosion inhibitors.

References

1. Ramachandran V.S. Concrete Additives: Reference Book. – M.: Stroyizdat, 1988. – 575 p.
2. Batrakov V.G. Modified Concrete. Theory and Practice. – M.: Stroyuzdat, 1998. – 768 p.
3. Ratinov V.B., Rozenberg T.N. Concrete Additives. – M.: Stroyizdat, 1989. – 187 p.
4. Gorshkov V.S. Methods of Physical and Chemical Analysis of the Binding Materials. – M.: Vysshaya Shkola, 1981. – 285 p.
5. Shevchenko V.A., Nazirov R.A., Panasenko L.N. Concrete Chemical Additives on the Base of Liquid Industrial Waste: Monography. – Krasnoyarsk: Siberian Federal University, 2011. – 178 p.
6. Alexeev S.N. Inhibitors of Steel Corrosion in Reinforced Concrete Construction. – M.: Stroyizdat, 1985. – 272 p.
7. Batrakov V.G. An Increase in Concrete Effectiveness by Chemical Additives // Concrete and Reinforced Concrete, 1988, № 9. – P. 27-29.
8. Kastornych L.I. Concrete Additives and Building Mortars. Reference Book. – Rostov on Don.: Fenix, 2005. – 221 p.

УДК 625.861

Ильина О.Н. – кандидат технических наук, доцент

E-mail: ilina@kgasu.ru

Коновалов Н.В. – аспирант

E-mail: darknik@mail.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

Дорожно-строительный материал на основе местных минеральных материалов, обработанных комплексным вяжущим

Аннотация

Одним из перспективных направлений в строительстве и реконструкции автомобильных дорог, в том числе и сельских, является максимальное использование местных дорожно-строительных материалов. Ввиду отсутствия качественного и прочного щебня в Республике Татарстан строителям предлагается обрабатывать его различными вяжущими веществами.

В статье приведены результаты лабораторно-экспериментальных исследований по обработке местного карбонатного щебня и грунта комплексным вяжущим, в состав которого входит активная минеральная добавка – диатомит. Установлено, что введение добавки диатомита позволяет улучшить физико-механические свойства обработанных материалов и сократить расход основного вяжущего – цемента.

Разработаны варианты конструкций дорожных одежд, применительно к сельским автомобильным дорогам низких категорий, предложены возможные варианты технологии устройства слоев из разработанного материала.

Ключевые слова: автомобильная дорога, минеральный материал, портландцемент, диатомит, обработанный материал, конструкции дорожной одежды, технология устройства дорожной одежды.

На современном этапе строительства и реконструкции автомобильных дорог все большую актуальность имеют технологии и методы, при которых максимально используются местные дорожно-строительные материалы. В качестве местных дорожно-строительных материалов в Республике Татарстан представлены: пески, песчано-гравийные смеси, крупнообломочные материалы, представленные преимущественно малопрочными известняковыми породами. Обработка местных минеральных материалов и укрепление грунтов вяжущими веществами является актуальной задачей для транспортного строительства.

В качестве вяжущих материалов могут применяться органические, неорганические и комплексные вяжущие [1]. Применение органических вяжущих, в частности битума, заметно препятствует использованию природной цементирующей способности малопрочных известняков. Замена битума цементом в слоях дорожной одежды устранила основной недостаток слоев, обработанных битумом, – повышенную склонность к пластическим деформациям [2]. При укреплении известняков неорганическими вяжущими установлено, что известняки по своей природе не инертны, а входят в активное физико-химическое взаимодействие с цементом, оказывая взаимное положительное влияние на процессы гидролиза и твердения цемента. Цемент в цементно-известняковых смесях является основным компонентом, обеспечивающим в определенных условиях коренное изменение природных свойств используемого известняка. При этом продукты гидролиза и гидратации цемента в соответствующем количестве в смеси образуют с частицами известняка сложный и весьма разветвленный цементно-известняковый каркас, прочность которого выше прочности отдельных микроагрегатов [2].

На данный момент перед строителями стоит задача экономии дорогостоящих вяжущих, как правило, для экономии цемента применяются различные добавки, позволяющие сократить процент основного вяжущего в смеси. Для обработки

известнякового щебня и грунта нами предложено комплексное минеральное вяжущее, в состав которого входит добавка диатомита.

Диатомит – природный наноструктурированный материал, представляющий собой кремнистую породу, сложенную мельчайшими опаловыми створками древних диатомовых водорослей – диатомей. Размер створок структуры фрактального характера порядка 100 нм. Диатомит является активной минеральной добавкой осадочного происхождения. При смешивании его с портландцементом оказывает пущоланический эффект. Наличие активной пущолановой добавки качественно не меняет характера взаимодействия клинкерных минералов с водой. Однако скорость гидролиза и гидратации возрастает. Это объясняется, прежде всего, тем, что в тесте из пущоланового портландцемента на единицу по массе клинкера приходится больше воды, чем в тесте из портландцемента, и, таким образом, происходит более быстрая гидратация зерен клинкера. Кроме того, активная добавка, связывая гидроксид кальция в нерастворимые соединения, снижает его концентрацию в водном растворе твердеющей цементной массы и тем ускоряет гидролиз содержащихся в клинкере силикатов кальция. Реакция между продуктами гидратации клинкера и активными компонентами гидравлической добавки – вторичные процессы. Они заключаются прежде всего во взаимодействии $\text{Ca}(\text{OH})_2$, с активным кремнеземом добавки и образовании гидросиликатов с общей формулой CSH(B) , по Богту или C-S-H(I) , по Тейлору: $m\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{SiO}_2\text{акт} + n\text{H}_2\text{O} = m\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2\cdot p\text{H}_2\text{O}$ [3]. Смеси на портландцементе и пущолановых добавках характеризуются большей способностью к пластической деформации во влажных условиях, чем смеси на портландцементе. Технологические выгоды от введения добавки диатомита в смесь включают повышение ее непроницаемости и химической стойкости, улучшение сопротивления трещинообразованию и увеличение предела прочности.

В настоящее время продукция на базе диатомита широко используется во многих отраслях промышленности, в том числе в качестве активной минеральной и реологической добавки в портландцементах для сухих строительных смесей. Известны месторождения диатомита в Ульяновской области, в Среднем Поволжье, на Дальнем Востоке, Пензенской, Ростовской, Свердловской, Костромской, Калужской и других областях России.

В Испытательном дорожном научно-производственном центре Института транспортных сооружений Казанского государственного архитектурно-строительного университета проведены экспериментально-лабораторные исследования по обработке местного известнякового щебня марки М400 и грунта супеси комплексным минеральным вяжущим. Исследования проводились в соответствии с ГОСТ 23558 [4] и ГОСТ 10180 [5]. В качестве минерального материала использовался известняковый щебень М400 ГОСТ 8267 Ийского месторождения карбонатных пород Республики Татарстан. Гранулометрический состав щебеночной смеси подобран в соответствии с ГОСТ 23558 по фракциям 0-20мм. Комплексное вяжущее: портландцемент М400 Ново-Ульяновского завода ГОСТ 10178 в количестве 4-6 % и диатомит производства компании «Диамикс» Ульяновской области, г. Инза ТУ 5761-001-25310144-99 в количестве 5-15 %. Поисковые исследования по подбору состава смесей и определению физико-механических свойств материалов проводились по стандартной методике на образцах $d=h=7,14$ см в возрасте 7 и 28 суток. Сравнительные лабораторные результаты испытаний образцов обработанных материалов по прочности при сжатии и растяжении при изгибе показали марку М40 и М60, марку по морозостойкости F15 для щебеночной смеси и М10, М20 для укрепленного грунта. В таблице приведены результаты экспериментально-лабораторных исследований.

Зависимость коэффициента водостойкости и прочности при сжатии и изгибе водонасыщенных образцов грунта от содержания диатомита, а также зависимость прочности на сжатие и прочности на изгиб водонасыщенных образцов обработанной щебеночной смеси от содержания диатомита приведены на рис. 1 и рис. 2. Введение добавки диатомита в количестве 5-15 % позволяет улучшить физико-механические свойства обработанных материалов и сократить расход основного вяжущего – цемента – с 8-10 % до 5 %.

Таблица
Результаты экспериментально-лабораторных исследований

Состав*, %	$R^7_{\text{сж}}$, МПа		$R^{28}_{\text{сж}}$, МПа		$R^7_{\text{изг}}$, МПа	W^{28} , %	K_B^{28}	Марка по прочности ГОСТ 23558	Марка по морозостойкости ГОСТ 23558
	сух	вод	сух	вод					
Щ-100, Ц-6, Д-0	4,74	3,45	5,68	4,94	0,93	2,04	0,87	M40	F5
Щ-100, Ц-4, Д-5-15	3,98- 4,46	3,55- 3,75	5,72- 5,80	5,16- 5,60	0,94- 0,98	1,81- 1,96	0,9- 0,97	M40	F15
Щ-100, Ц-6, Д-5-15	4,42- 5,45	4,12- 4,63	6,18- 7,85	5,44- 7,75	1,12- 1,32	1,60- 2,79	0,86- 0,97	M40-M60	F15
Щ-100, Ц-5, Д-0-15	6,09	4,79	6,68	5,70	1,42	3,54	0,85	M40	F5
Щ-100, Ц-6, Д-0	4,95- 5,71	4,75- 4,79	6,85	6,10- 6,90	1,51- 1,69	1,39- 2,82	0,89- 0,96	M60	F15
Г-100, Ц-6, Д-0	1,25	1,06	2,14	1,72	0,22	2,08	0,8	M10	F10
Г-100, Ц-6, Д-5-15	1,34- 1,47	1,15- 1,43	2,02- 2,33	1,97- 2,27	0,36- 0,40	1,00- 1,82	0,97- 0,98	M20	F10

* Щ – щебень, Ц – цемент, Д – диатомит, Г – грунт

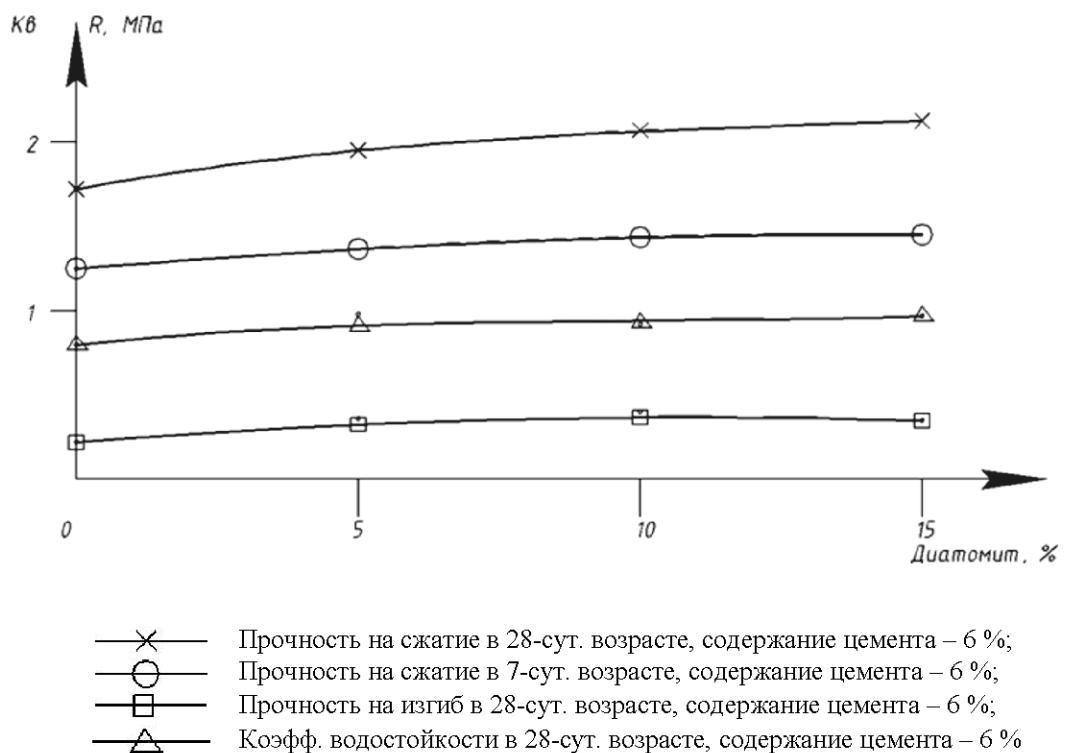


Рис. 1. Зависимость коэффициента водостойкости, прочности на сжатие и прочности на растяжение водонасыщенных образцов обработанного грунта от содержания диатомита

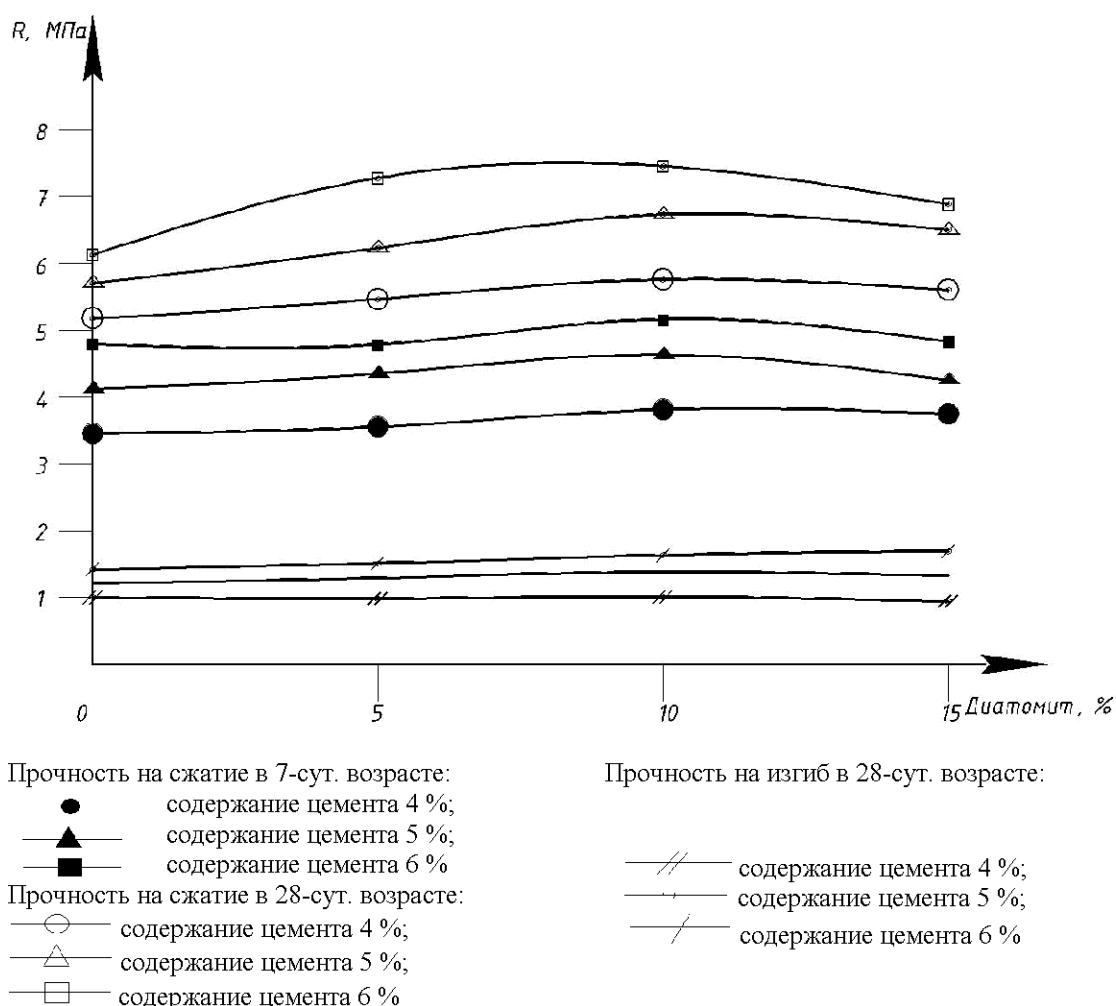
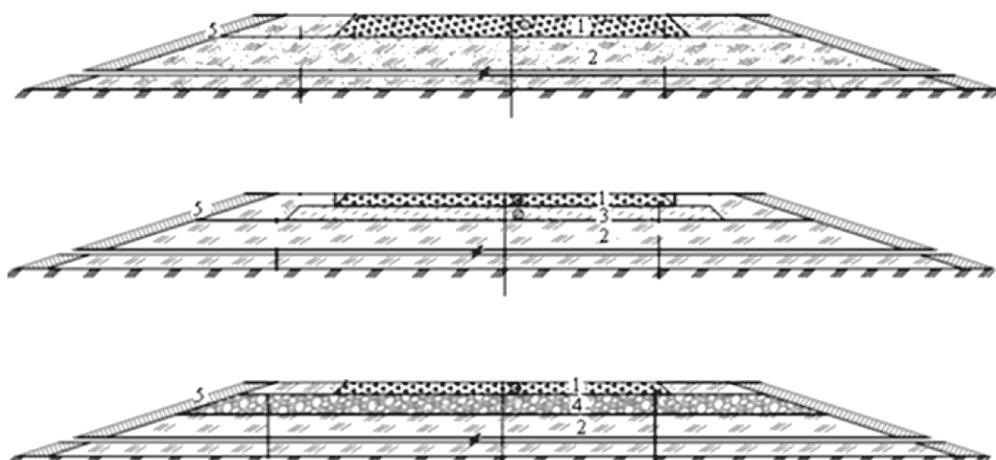


Рис. 2. Зависимость прочности на сжатие и прочности на изгиб водонасыщенных образцов обработанной щебеночной смеси от содержания диатомита

Разработаны и рассчитаны конструкции дорожных одежд сельских автомобильных дорог Республики Татарстан [6] с требуемым модулем упругости $E_{tr}=100$ МПа и $E_{tr}=150$ МПа [7] и применением местных минеральных материалов, обработанных комплексным наноструктурированным минеральным вяжущим (рис. 3).

В качестве вариантов технологий устройства слоев дорожной одежды из разработанных материалов можно предложить два основных направления: обработка материала в смесительной установке и на трассе, в качестве смесительной установки – ДС-50Б, в качестве механизмов, производящих обработку материала на трассе, – навесная фреза фирмы Wirtgen WS 250 и стабилизатор фирмы Wirtgen WR 2500 SK. Преимущество применения стабилизатора 2500 SK в том, что в его конструкции реализована возможность ввода сухого вяжущего непосредственно в смесительный барабан механизма, что повышает однородность обработки материала и снижает пылеобразование при выполнении работ.

Рассчитаны основные показатели экономической эффективности капитальных вложений в строительство сельских автомобильных дорог по разработанным конструкциям дорожных одежд и технологиям устройства. Применение таких конструкций позволяет достичь экономии сметной стоимости строительства на 40-60 % и увеличить протяженность строительства дорог в 1,5-2,5 раза, в сравнении с сельскими автомобильными дорогами с традиционными дорожными одеждами.



1 – Щебеночная смесь, обработанная комплексным минеральным вяжущим;
2 – грунт земляного полотна; 3 – грунт, укрепленный комплексным минеральным вяжущим;
4 – песчано-гравийная смесь; 5 – растительный грунт

Рис. 3. Конструкции дорожных одежд сельских автомобильных дорог Республики Татарстан

На основании полученных результатов можно сделать вывод о целесообразности применения разработанных материалов в дорожном строительстве. Положительная динамика физико-механических показателей материалов, в состав которых введен диатомит, оправдывает его применение в области дорожно-строительных материалов. Замена традиционной конструкции дорожной одежды на конструкцию со слоями из разработанных материалов позволяет снизить стоимость дорожной одежды, что, в свою очередь, приводит к увеличению протяженности автомобильных дорог.

Список литературы

1. Славуцкий А.К., Некрасов В.К., Ромаданов Г.А. и др. Автомобильные дороги: Одежды из местных материалов: Учеб. пособие для вузов. / Под ред. А.К. Славуцкого. 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Транспорт, 1987. – 255 с.
2. Дагаев Б.И. Основания дорожных одежд из малопрочных известняков. – М.: Транспорт, 1988. – 69 с.
3. Волженский А.В., Буров Ю.С., Колокольников В.С. и др. Минеральные вяжущие вещества: (технология и свойства). Учебник для вузов. 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1979. – 476 с.
4. ГОСТ 23558-94. Смеси щебено-травянисто-песчаные и грунты, обработанные неорганическими вяжущими, для дорожного и аэродромного строительства. – М.: Изд-во стандартов, 1995. – 13 с.
5. ГОСТ 10180-90. Методы определения прочности по контрольным образцам. – М.: Изд-во стандартов, 1990, Стандартинформ, 2006. – 31 с.
6. СТО 4800-001-57253637-2011. «Проектирование сельских автомобильных дорог в Республике Татарстан» / ГУ «Главтатдортранс». – Казань, 2011. – 21 с.
7. ОДН 218.046-01 Проектирование нежестких дорожных одежд./ Росавтодор. – М., 2001. – 111 с.

Ilin O.N. – candidate of technical sciences, associate professor

E-mail: ilina@kgasu.ru

Konovalov N.V. – post-graduate student

E-mail: darknik@mail.ru

Kazan State University of Architecture and Engineering

The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Road-building material on the basis of local mineral materials treated with complex astringent

Resume

The development of the road network – the key issue of the road workers at all times. Civil engineering – is a very materials consumption industry. In the absence of the Republic of Tatarstan quality stone material proposed to handle local light carbonate rubble complex binder. The structure of complex mineral binder included cement, active mineral supplement – diatomite. Diatomaceous earth – a natural nano-material, a siliceous rocks composed of tiny opalescent wings of ancient diatoms – diatoms. Upon mixing it with the Portland cement has puzzolanic effect. Introduction of diatomite can reduce the amount of basic binder - cement and improve the physical and mechanical properties of the treated material.

In the Test Road Research and Production Center of the Institute of transport facilities Kazan State Architectural University conducted an experimental laboratory research on the treatment of rubble and soil grade 400 such complex binder. Analysis of the results obtained during the experimental laboratory studies, allows to draw conclusions about the appropriateness of diatomite in road construction. Introduction of diatomite has a positive effect on physical and mechanical properties of the material.

Developed and designed pavement structure of rural roads using the resulting material. Applications designed to reduce the cost of material of the pavement in comparison with conventional designs by 40-60 %.

Keywords: road, the mineral material, Portland cement, diatomite, processed material, pavement structure, the technology unit of the pavement.

References

1. Slavutsky A.K., Nekrasov V.K., Romadanov G.A. et al Highways: Clothes made of local materials: Textbook. manual for high schools. / Ed. A.K. Slavutsky. 3rd ed., rev. and add. – M.: Transport, 1987. – 255 p.
2. Dagaev B.I. The grounds of the low-strength pavement limestone. – M.: Transport, 1988. – 69 p.
3. Volzhensky A.V., Burov Y.S., Kolokolnikov V.S., e. other. Mineral binders: (technology and properties). Textbook for high schools. 3rd ed., Rev. and add. – M.: Stroyizdat, 1979. – 476 p.
4. GOST 23558-94. Mixes rubble-gravel-sand and soils treated with inorganic binders for road and airfield construction. – M.: Publishing House of Standards, 1995. – 13 p.
5. GOST 10180-90. Methods for determining the strength of the check samples. – M.: Publishing House of Standards, 1990, Standartinform, 2006. – 31 p.
6. SRT 4800-001-57253637-2011. «Design of rural roads in the Republic of Tatarstan» / GU «Glavtadortrans». – Kazan, 2011. – 21 p.
7. ODN 218.046-01 Design of non-rigid pavements. / Road Service. – M., 2001. – 111 p.

УДК 69.05

Петропавловских О.К. – старший преподаватель

E-mail: olga_konst@mail.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1

Плотников И.В. – генеральный директор

E-mail: sp-volga@list.ru

ООО «Спайдер Проджект-Поволжье»

Адрес организации: 420095, Россия, г. Казань, ул. III. Усманова, д. 32 а

Современные методы организации, планирования и управления в мостостроении

Аннотация

Преимущество современных технологий организации, планирования и управления строительством заключается в том, что они позволяют эффективно выполнять проекты, обеспечивать взаимопонимание между участниками строительства, позволяя достигнуть запланированных результатов. Современный подход к планированию является основой принятия организационно-технологических решений и невозможен без использования современных информационных технологий моделирования объекта организации строительно-монтажных работ. Программа Spider Project является одной из программ, предназначенных для разработки таких моделей.

Ключевые слова: организация строительства, планирование, управление проектами, расписание проекта, календарный график, Spider Project, ресурсы, строительные машины и механизмы, строительные материалы.

Современные условия производства работ требуют строгого соблюдения сроков, определенных в контрактных обязательствах. Срыв сроков производства работ по контракту наказывается штрафными санкциями, поэтому без планирования исполнения отдельных этапов организации работ и проекта организации строительства в целом, грамотного и системного подхода к управлению исполнения строительных работ, выполнение плановых задач и соблюдение контрактных сроков проблематично из-за несогласованных действий различных служб как самой строительной организации, так и внешних участников строительства.

При проектировании и строительстве мостовых сооружений необходимо определить потребность в финансовых, материальных и трудовых ресурсах. Графики производства работ, расчет потребности материалов, машин и механизмов, трудовых ресурсов производятся на этапах проектирования и строительства. Для организации взаимодействия подрядных и субподрядных организаций, коммерческих служб применяется различное программное обеспечение, такое как: Spider Project, Microsoft Project, Primavera и другие. Календарный план строительства определяет последовательность и сроки выполнения подготовительных и основных работ. Срок сдачи объекта в эксплуатацию определяют: условия строительства, увязка строительно-монтажных работ, учет состава и количества основных ресурсов, природные и климатические условия. При разработке календарных планов при строительстве мостовых сооружений необходимо предусматривать использование передовых технологий, выполнение требований технических условий, правил безопасности труда и охраны окружающей среды [1]. Разработка календарного графика организации строительства мостового сооружения в программе Spider Project начинается с создания иерархической структуры работ (ИСР). Иерархическая структура работ – это структура операций проекта, полученная в результате декомпозиции целей. Фаза (элемент ИСР) характеризуется достижением одного или нескольких результатов. Результат – это измеримый законченный процесс работы, который должен быть произведен для завершения проекта или фазы. Каждый следующий уровень иерархии наиболее детально отражает тот или иной вид строительных работ. Фазы нижнего уровня ИСР разбиваются на исполняемые операции [2]. Так, например, при организации строительства моста фазами могут быть:

возведение опор, монтаж пролетного строения, сооружение подходов к мосту и т.д. Соответственно, каждая из перечисленных фаз может разбиваться на множество мелких операций. При этом предусматривается поточное выполнение работ (операций) на каждой фазе. Например, может быть обеспечен последовательный переход специализированных звеньев по мере завершения соответствующих видов работ: по забивке свай, бетонированию ростверков, монтажу тела опоры, от одной опоры к другой. Кроме того, при организации строительно-монтажных работ важно учитывать рациональность технологии возведения строительных конструкций, условия удобства монтажа пролетных строений. Если строительная организация уже исполняла подобные комплексы работ, то в базе данных организации могут оказаться типовые фрагменты проектов или компьютерные модели для заданного стандартизированного объема работ.

В период с 2005-2007 гг. при участии сотрудников кафедры «Мосты и транспортные тоннели» Казанского государственного архитектурно-строительного университета и Научно-технического центра «Мосты» осуществлялся технический надзор при строительстве четвертой транспортной дамбы в г. Казани Республики Татарстан. Мост представляет собой два самостоятельных моста с односторонним движением, объединённых 45-метровым пилоном в виде буквы «М» в единую конструкцию. Первая очередь моста была сдана через полтора года после постройки и открыта 29 июля 2005 года к празднованию Тысячелетия города Казани, вторая очередь открыта 30 августа 2007 года. Длина моста с дорожными переходами составляет 1524 м. Общая стоимость строительства составила 3,39 млрд. руб. Финансирование осуществлялось за счёт федеральных и республиканских средств. Мост был запроектирован ОАО «Гипротрансмост» и позднее получил название мост Миллениум. Использование новейшего программного обеспечения при организации строительства моста Миллениум в г. Казани, а именно применение программного пакета Spider Project, позволило сдать объект в эксплуатацию в заданные сроки при заданном качестве выполнения работ (рис. 1).



Рис. 1. Укрупненный календарный график строительства мостового перехода через р. Казанка

Календарный график организации строительства, выполненный с применением программы Spider Project, позволяет задать на каждый вид работ как плановые объемы и плановую длительность, так и фактические объемы и длительность. Программа позволяет учитывать технологические ограничения на порядок исполнения работ или иными словами взаимосвязи операций. При назначении ресурсов на выполнение строительных работ в программе Spider Project имеется возможность использовать базы данных (справочники). Справочники могут содержать квалификацию трудовых ресурсов, производительность машин и механизмов, мультиресурсы (группа ресурсов, которая на каких-то назначениях должна работать только вместе, например, водитель с машиной).

Следует отметить, что программа Spider Project позволяет проектировать организацию поставок и использования строительных материалов на объекте в форме календарного графика, совмещенного с диаграммой и в табличной форме (рис. 2).

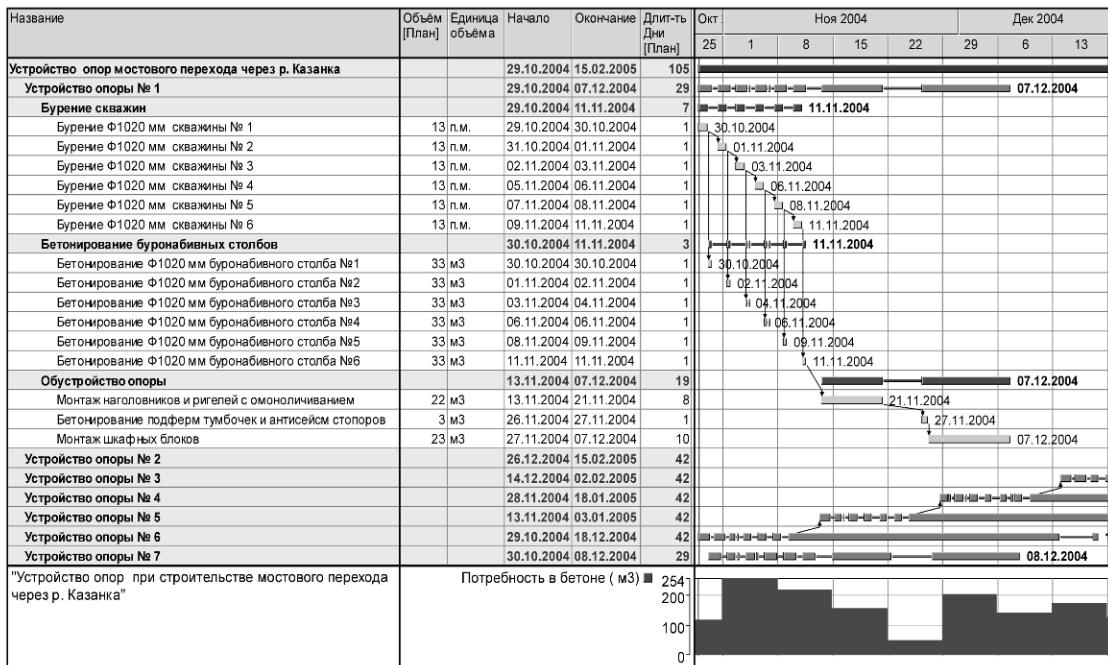
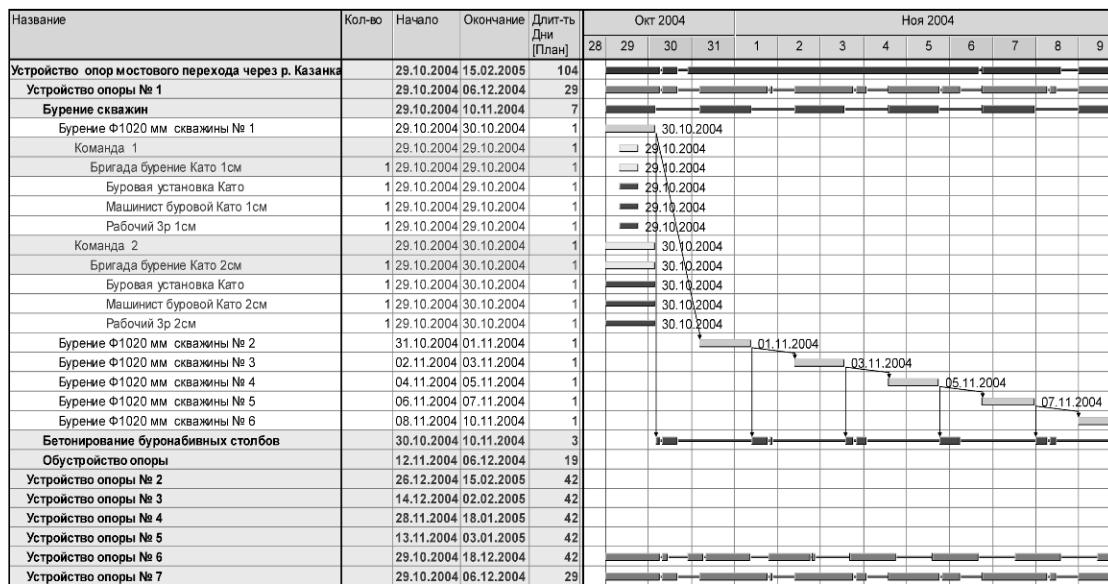
Рис. 2. График потребности в бетоне (м³ по дням)

Рис. 3. График назначения ресурсов на исполнение операций – длительность операции рассчитывается с учетом производительности ресурсов

Как правило, ресурсы проекта ограничены, поэтому программа Spider Project позволяет ввести количество ресурсов каждого вида, которое может быть использовано на работах проекта, а также начальное количество материалов и финансовых средств (рис. 3). Эта информация необходима для расчета расписания исполнения проекта с учетом ограниченности ресурсов, графиков поставок материалов и финансирования строительства (рис. 4).

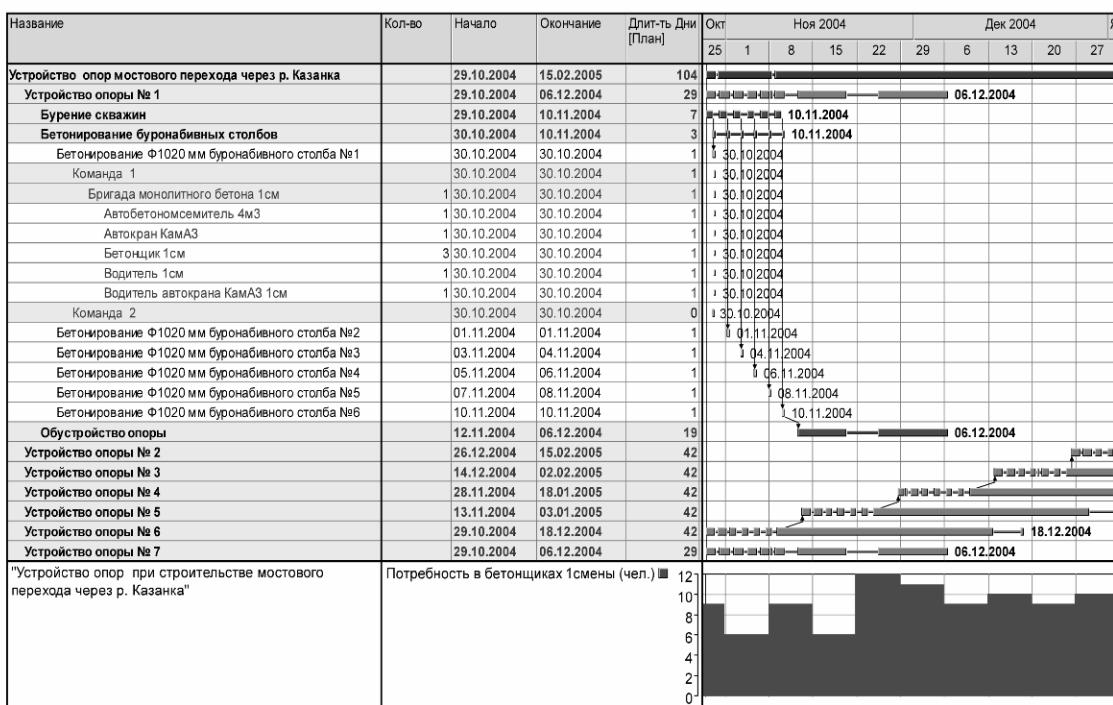


Рис. 4. График потребности в бетонщиках – по неделям

Название	Начало	Окончание	Длить-ть [Часы] [План]	Окт 2004		Ноя 2004				
				28.10.2004	29.10.2004	30.10.2004	31.10.2004	01.11.2004	02.11.2004	03.11.2004
Строительство мостового перехода через р. Казанка	29.10.2004	15.02.2005	2 284							05.11.2004
Автобетономесимель 4м3	29.10.2004	15.02.2005	1 983							
Бетонирование Ф1420 мм буровнабивного столба №1	29.10.2004	30.10.2004	9		30.10.2004					
Бетонирование Ф1020 мм буровнабивного столба №1	30.10.2004	30.10.2004	3		30.10.2004					
Бетонирование Ф1020 мм буровнабивного столба №1	30.10.2004	30.10.2004	3		30.10.2004					
Бетонирование Ф1020 мм буровнабивного столба №1	30.10.2004	30.10.2004	8		30.10.2004					
Бетонирование Ф1420 мм буровнабивного столба №1	30.10.2004	30.10.2004	4		30.10.2004					
Бетонирование Ф1020 мм буровнабивного столба №1	30.10.2004	30.10.2004	8		30.10.2004					
Бетонирование Ф1420 мм буровнабивного столба №2	31.10.2004	01.11.2004	2			01.11.2004				
Бетонирование Ф1420 мм буровнабивного столба №2	31.10.2004	01.11.2004	11			01.11.2004				
Бетонирование Ф1020 мм буровнабивного столба №2	01.11.2004	01.11.2004	9			01.11.2004				
Бетонирование Ф1020 мм буровнабивного столба №2	01.11.2004	01.11.2004	9			01.11.2004				
Бетонирование Ф1020 мм буровнабивного столба №2	01.11.2004	01.11.2004	2			01.11.2004				
Бетонирование Ф1020 мм буровнабивного столба №2	01.11.2004	01.11.2004	2			01.11.2004				
Бетонирование Ф1020 мм буровнабивного столба №2	02.11.2004	02.11.2004	2				02.11.2004			
Бетонирование Ф1020 мм буровнабивного столба №3	02.11.2004	02.11.2004	2					02.11.2004		
Бетонирование Ф1020 мм буровнабивного столба №3	03.11.2004	03.11.2004	5						03.11.2004	
Бетонирование Ф1020 мм буровнабивного столба №3	03.11.2004	03.11.2004	5							04.11.2004
Бетонирование Ф1020 мм буровнабивного столба №3	03.11.2004	04.11.2004	6							04.11.2004
Бетонирование Ф1020 мм буровнабивного столба №3	03.11.2004	04.11.2004	6							04.11.2004
Автобетономесимель 8м3										
Автокран 2.5т										
Автокран 3.5т										
Автокран КамАЗ	29.10.2004	15.02.2005	2 130							
Автокран КС-5363										
Автокран СКТ-40	29.10.2004	07.01.2005	697							
Агрегаты окрас высокого давления										
Бетонщик 1см	30.10.2004	14.02.2005	1 059							

Рис. 5. Табличный отчет по использованию ресурсов

При этом у возобновляемых ресурсов (ИТР, рабочие, строительные машины и оборудование) можно задать стоимость часа работы, а также потребление материалов за час работы. Для материалов задается стоимость за единицу (рис. 5).

Что касается управления финансовыми затратами при строительстве объекта, то при проектировании календарного графика выполнения работ на каждой операции можно заложить стоимостные составляющие. Например, стоимости использования возобновляемых ресурсов; стоимости расходуемых материалов, фиксированные статьи затрат, не зависящие от использования ресурсов.

Такая модель календарного графика может быть использована как для первоначального или укрупненного планирования объекта, так и для более детальной проработки при организации строительства.

Перечисленные шаги позволяют разработать план реализации проекта с учетом наличия ресурсов, возможностей поставок, производства ресурсов и финансирования работ. Одновременно получаются график поставок, график финансирования, графики загрузки ресурсов. Далее перечисленную информацию следует дополнить разработкой отчетности, распределения ответственности, проведением анализа рисков, разработкой системы управления качеством и стимулирования персонала.

Необходимо отметить, что перечисленные процессы носят итеративный характер. Если оказывается, что составленный график производства работ, графики поставок и финансирования неудовлетворительны, корректируются исходные ограничения, и процессы планирования повторяются до тех пор, пока полученное решение не признается удовлетворительным [2] (рис. 6).

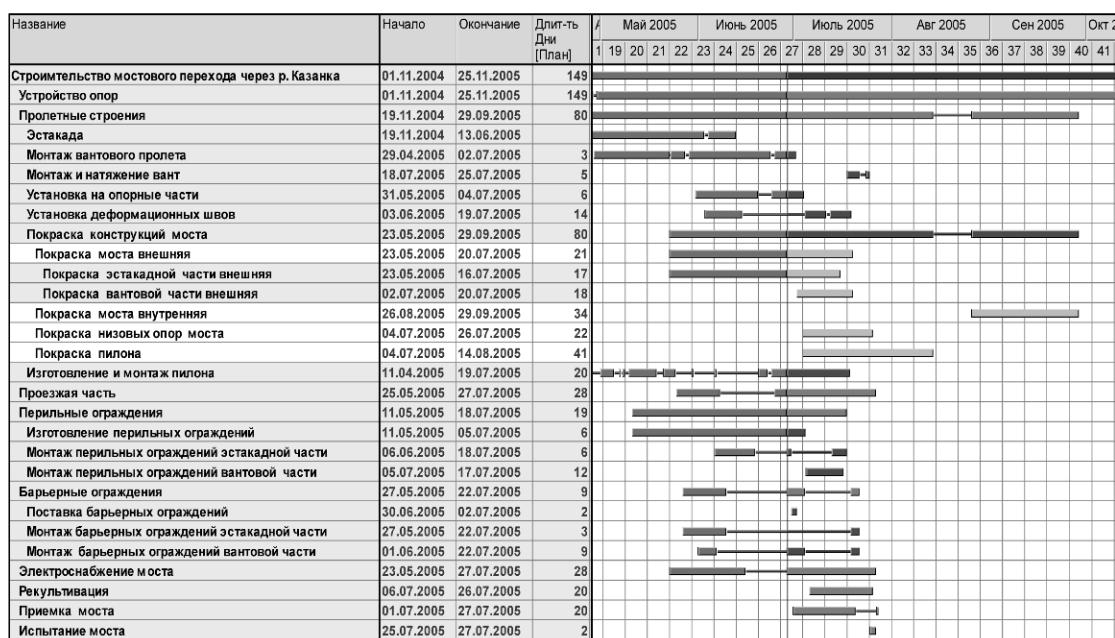


Рис. 6. Календарный график с внесением фактически выполненных работ

Обычными средствами для достижения удовлетворительного результата при проектировании календарного графика организации строительства являются:

1) *Ресурсы*. Можно изменить исходное количество ресурсов проекта или изменить их состав.

2) *Назначения ресурсов*. Spider Project отображает ресурсно-критический путь – те операции проекта, задержка завершения которых приводит к задержке завершения проекта в целом при данном составе ресурсов. Изменяя состав и количество ресурсов, назначенных на исполнение ресурсно-критических операций, можно сократить длительность проекта.

3) *Взаимосвязи работ*. Для сокращения длительности проекта полезно проанализировать взаимосвязи критических работ. Иногда возможно вместо последовательного исполнения работ допустить их параллельное исполнение, хотя и с некоторым сдвигом во времени.

4) *График поставок и финансирования*. Расписание исполнения проекта рассчитывается с учетом графиков поставок материалов и финансирования проекта. Если анализ показал, что какие-либо операции задерживаются из-за отсутствия материалов или финансирования, можно пересмотреть график поставок и финансирования (рис. 7).

Описанная технология, технология Spider планирования и организации строительства позволяет планировать и использовать современные методы организации строительства, исходя из запланированных объемов работ и производительностей назначенных ресурсов, встроенных баз данных, моделировать поставки и строительное производство, и многое другое.

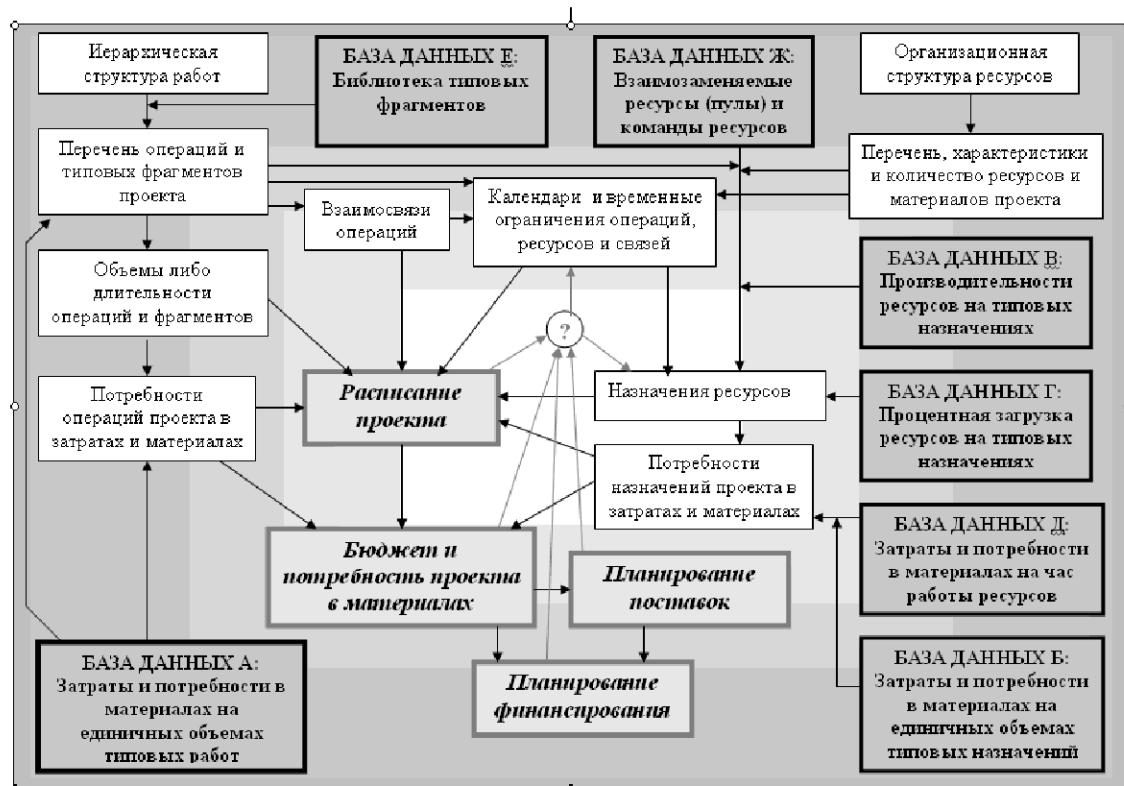


Рис. 7. Схема планирования организации строительства объекта

Организация строительства мостовых сооружений – это рациональное сочетание средств и технологических условий производства, обеспечивающее максимальную эффективность их использования. Практический опыт применения современных методов организации и управления строительства с помощью Spider Project при строительстве моста Миллениум в г. Казани РТ показал эффективность использования таких программ для строительных организаций. Стоит отметить, что грамотная организация работ позволила им:

во-первых, сэкономить финансовые затраты за счет своевременного исполнения строительных работ и сокращения накладных расходов;

во-вторых, контролировать выполнение контрактных обязательств по обеспечению стройки поставками материалов и привлечения рабочей силы;

в-третьих, оперативно реагировать на текущие изменения, неизбежно возникающие в процессе строительства моста, и вести учет возможных рисков.

Список литературы

1. Владимирский С.Р., Еремеев Г.М., Миленин В.А., Смирнов В.Н. Организация, планирование и управление в мосто- и тоннелестроении. Учебник для вузов ж.д. транспорта / Под ред. С.Р. Владимирского. – М.: Маршрут, 2002. – 416 с.
2. Сурнина Е.К., Овчинников И.Г., Пискунов А.А. Петропавловских О.К. Основы менеджмента в мосто- и тоннелестроении: Учебное пособие. – Казань: КГАСУ, 2009. – 158 с.
3. Программный комплекс «Spider Project», демо-версия.

Petropavlovskih O.K. – senior lecturer

E-mail: olga_konst@mail.ru

Kazan State University of Architecture and Engineering

The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Plotnikov I.V. – general director

Limited Liability Company «Spider Project-Volga»

The organization address: 420043, Russia, Kazan, Sh. Usmanova st., 32

Modern methods of organization, planning and management in bridge

Resume

Modern approach to planning is a basis of organizational and technological decisions and cannot be realized without utilizing modern information technologies in modeling of building and construction works object. One of the programs designed for building such models is Spider Project.

During years 2005-2007 in building of fourth transportation dam in Kazan, technical supervision was conducted with the employees of Kazan State University of Building and Architecture department of «Bridges and transport tunnels» and Technical and Scientific center «Bridges» participation. Using a newest software in organization of Millennium bridge building in Kazan, namely software package Spider Project, allowed to complete a building in time and with required quality of performed work.

A practical experience of using building organization and management modern methods by means of Spider Project software in building of Millennium bridge in Kazan shows the efficiency of utilizing such programs by building companies. It necessary to notice that proper organization of work has allowed them:

First, to save financial expenditure by timely accomplished building work and overhead cost reduction;

Secondly, to control the performance of contract obligations on providing construction site by materials and attraction of man power;

Thirdly, to effectively react on current changes during a bridge building and to account possible risks.

Keywords: construction management, planning, project management, project schedule, schedule, Spider Project, resources, construction machinery, construction materials.

References

1. Vladimirschi S.R., Eremeev G.M., Milenin V.A., Smirnov V.N. Organization, planning and management of bridge and tunnel construction. Textbook for high schools zh.d. transporta / Ed. S.R. Vladimirschi. – M.: Route, 2002. – 416 p.
2. Surnina E.K., Ovchinnikov I.G., Piskunov A.A., Petropavlovskih O.K. Principles of Management in bridge and tunnel construction: the manual. – Kazan: KGASU, 2009. – 158 p.
3. The program complex «Spider Project», demo-version.

УДК 625.768.6

Самодурова Т.В. – доктор технических наук, профессор

E-mail: tvs@vmail.ru

Бакланов Ю.В. – аспирант

E-mail: baklanovmail@mail.ru

Воронежский государственный архитектурно-строительный университет

Адрес организации: 394006, Россия, г. Воронеж, ул. 20-летия Октября, д. 84

Влияние солнечной радиации на температурный режим дорожного покрытия

Аннотация

Рассмотрена задача оценки воздействия солнечной радиации на температурный режим покрытия автомобильной дороги. Предложена методика расчета эквивалентной температуры, для учета влияния солнечного излучения на температурный режим покрытия автомобильной дороги. Разработана программа, позволяющая рассчитать эквивалентную температуру. Расчет может производиться для любой даты и для любого времени суток. Представлены результаты моделирования в виде графиков, отражающих влияние погодных и дорожных параметров на эквивалентную температуру.

Ключевые слова: автомобильная дорога, температура дорожного покрытия, эквивалентная температура, радиационный баланс.

Введение

Основными задачами федеральной целевой программы «Развитие транспортной системы России (2010-2015 годы)» являются обеспечение транспортной безопасности и развитие интегрированной системы контроля безопасности на транспорте [1]. Как известно, самым низким по уровню безопасности дорожного движения является зимний период года. Образование скользкости на покрытии автомобильной дороги вызывает резкое уменьшение сцепных качеств дорожного покрытия с колесами движущихся транспортных средств. В нашей стране дорожные службы производят ликвидацию зимней скользкости на покрытии путем обработки уже сформировавшегося слоя льда или уплотненного снега противогололедными или фрикционными материалами. Данный способ является весьма затратным, так как требует значительного количества химических реагентов для восстановления сцепных качеств покрытия. Одним из путей уменьшения затрат, как финансовых, так и ресурсных, является переход на профилактику образования зимней скользкости, это позволит значительно повысить уровень безопасности дорожного движения в холодное время года. Температура дорожного покрытия является основным дорожным параметром, определяющим образование скользкости на автомобильной дороге.

В дневное время существенный вклад в формирование температуры дорожного покрытия оказывает солнечная радиация. В солнечный день можно наблюдать более теплое покрытие по сравнению с температурой воздуха, а зимой иногда и положительную температуру покрытия автомобильной дороги, в то время как температура воздуха остается отрицательной. Подобное явление радиационного нагрева может оказывать как положительное, так и отрицательное воздействие на содержание автомобильных дорог в зимний период года. Положительное влияние связано с возможностью применения меньшего количества противогололедных материалов или даже отказом от их использования в дневные часы. Это будет определяться прогнозом погоды и дорожными условиями для рассматриваемого участка автомобильной дороги. Отрицательное воздействие будет заключаться в появлении влаги на поверхности дорожного покрытия из-за растаявших снежно-ледяных отложений на проезжей части или обочине. Эта влага из-за прекращения притока солнечного тепла (после захода солнца) или его ослабления (например, увеличение облачности или скорости ветра) при отрицательной температуре воздуха может преобразовываться в лед, тем самым образуя скользкость на дорогах. Числовые значения температуры покрытия могут быть получены либо путем ее измерения специальными дорожными датчиками, либо расчетным путем с помощью специальной математической модели. Описание такой модели и результаты, полученные при расчетах с ее использованием, приведены в данной статье.

1. Расчет температурного воздействия суммарной солнечной радиации на температуру дорожного покрытия

Для учета влияния солнечной радиации на температуру дорожного покрытия в строительной теплофизике вводят понятие эквивалентной температуры среды [2, 3]:

$$T_{\text{экв}} = \rho \frac{I}{a_H}, \quad (1)$$

где ρ – коэффициент поглощения поверхности дороги, I – суммарная солнечная радиация при облачности в n баллов, $\text{Вт}/\text{м}^2$, a_H – суммарный коэффициент теплообмена.

Для учета облачности используют формулу:

$$I = I_c [1 - (a + bn)n], \quad (2)$$

где a и b – эмпирические коэффициенты; I_c – суммарная солнечная радиация при безоблачном небе, приходящая на наклонную поверхность.

Суммарная солнечная радиация, приходящая на склон, представляет собой сумму прямой и рассеянной солнечной радиации для данного же склона [4]:

$$I_C = S_C + D_C, \quad (3)$$

где S_c, D_c – потоки прямой солнечной и рассеянной радиации на поверхность склона;

$$S_c = S_m [\cosh \Theta \cdot \sin \alpha \cdot \cos(A - a) + \sinh \Theta \cdot \cos \alpha], \quad (4)$$

где S_m – поток солнечной радиации на перпендикулярную к лучам поверхность, A – азимут солнца, a – азимут склона, h_Θ – высота солнца, α – угол наклона склона;

$$S_m = \frac{S_0 \sinh \Theta}{\sinh \Theta + c}, \quad (5)$$

где c – коэффициент прозрачности атмосферы; S_0 – солнечная постоянная;

$$D_c = D \cos^2 \frac{\alpha}{2}, \quad (6)$$

где D – поток рассеянной солнечной радиации на перпендикулярную к лучам поверхность:

$$D = 0,38cS_m. \quad (7)$$

При учете влияния только суммарной солнечной радиации на температуру дорожного покрытия в дневные часы, теплообмен, происходящий на поверхности дорожного покрытия, учитывается в граничном условии при решении задачи нестационарной теплопроводности [5, 6]. Граничное условие можно записать в следующем виде:

$$-\lambda \frac{\partial T}{\partial x} = \alpha_H [T_n(t) - T_c(t)], \quad (8)$$

где $T_n(t)$ – температура покрытия в данный момент времени; $T_c(t)$ – температура воздушной среды около поверхности дорожного покрытия; λ – теплопроводность покрытия:

$$T_c(t) = T_n(t) + T_{\text{экв}}(t). \quad (9)$$

2. Реализация математической модели для расчета эквивалентной температуры

Представленная в работах авторов математическая модель была реализована в программной среде Borland Delphi 7 в виде программы, которая позволяет рассчитать температурный режим конструкции дорожной одежды с граничными условиями, в которые входит эквивалентная температура. Она может быть посчитана для конкретного участка автомобильной дороги.

Расчет производится по метеорологическим (температура воздуха, облачность, скорость ветра) и дорожным (географические координаты расположения участка дороги, продольный уклон, азимут участка, коэффициент поглощения дорожного покрытия) параметрам, которые вводятся с клавиатуры пользователем или подгружаются из баз данных.

С помощью разработанной программы была проведена серия вычислительных экспериментов, направленных на исследование зависимости изменения эквивалентной

температуры покрытия от различных факторов. Ниже приведены результаты вычислительных экспериментов.

Влияние времени года на эквивалентную температуру

Результаты вычисления эквивалентной температуры в течение зимних месяцев представлены на рис. 1.

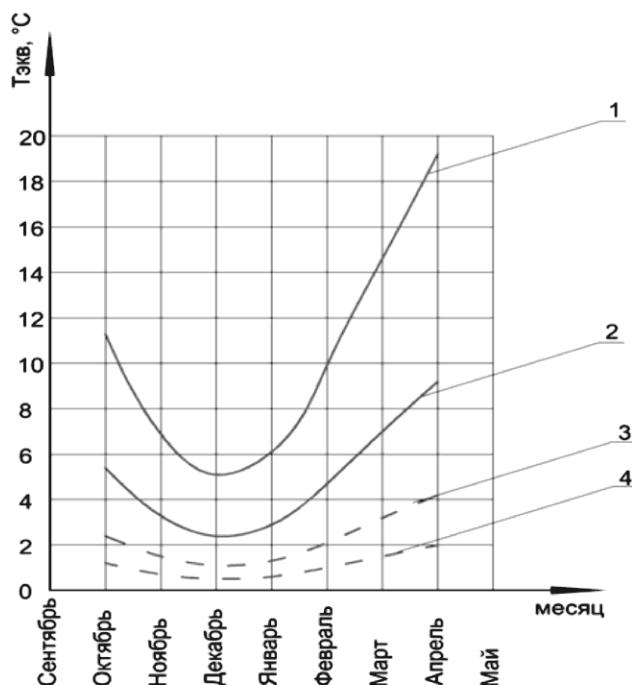


Рис. 1. Изменение эквивалентной температуры дорожного покрытия по месяцам;
 1 – облачность 0 баллов и скорость ветра 0 м/с; 2 – облачность 0 баллов и скорость ветра 6 м/с;
 3 – облачность 10 баллов и скорость ветра 0 м/с; 4 – облачность 10 баллов и скорость ветра 6 м/с

Расчет производился для географических координат города Воронежа на 15 число каждого месяца и 14 часов дня. Значения эквивалентной температуры среды в разные месяцы при одинаковых исходных данных отличаются. Это происходит из-за вращения земли вокруг солнца и вокруг своей оси. В декабре и январе величина эквивалентной температуры минимальна, что и показано на графике, а весной (в марте) происходит быстрое увеличение притока тепла, а следовательно, и эквивалентной температуры. В осенние месяцы октябрь-ноябрь происходит уменьшение эквивалентной температуры по сравнению с весенними месяцами, но при этом эти значения остаются чуть выше, чем в декабре-январе.

В дальнейшем для наглядности зависимости эквивалентной температуры от дорожных и метеорологических параметров приведены по результатам расчета для марта месяца. Программа позволяет рассчитывать эти значения для конкретного месяца, а также для динамических рядов изменения температуры покрытия под воздействием погодных факторов.

Зависимость эквивалентной температуры от времени суток

График изменения эквивалентной температуры среды над дорожным покрытием в течение суток представлен на рис. 2. Как показывает анализ графиков, максимальное влияние солнечной радиации приходится на оклополуденное время (приблизительно на 13-14 часов дня). При постоянной облачности и скорости ветра эквивалентная температура плавно возрастает в первой половине дня, после чего начинает убывать до захода Солнца.

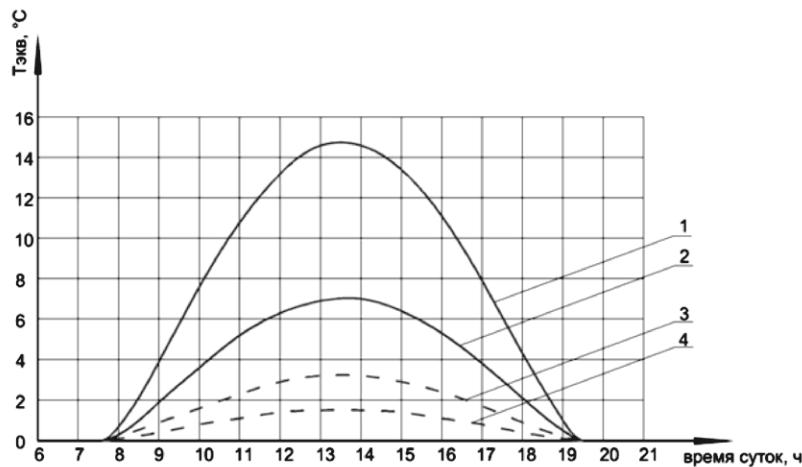


Рис. 2. Изменение эквивалентной температуры дорожного покрытия в течение дня:

- 1 – облачность 0 баллов и скорость ветра 0 м/с; 2 – облачность 0 баллов и скорость ветра 6 м/с;
3 – облачность 10 баллов и скорость ветра 0 м/с; 4 – облачность 10 баллов и скорость ветра 6 м/с

Влияние местоположения рассматриваемого участка автомобильной дороги на эквивалентную температуру

На рис. 3 представлен график зависимости эквивалентной температуры от географической широты выбранного участка дороги. Как видно из рисунка, чем ближе выбранный участок дороги расположен к экватору, тем большему воздействию солнечной радиации он подвергается. Это происходит из-за того, что солнечные лучи проходят в этом случае меньшее расстояние и в меньшей мере рассеиваются в атмосфере. При этом нужно отметить, что влияние облачности на разных широтах является неодинаковым, это обусловлено коэффициентом, который учитывает влияние облачности на приход суммарной солнечной радиации. Для каждой широты этот коэффициент принимает свое определенное значение [4].

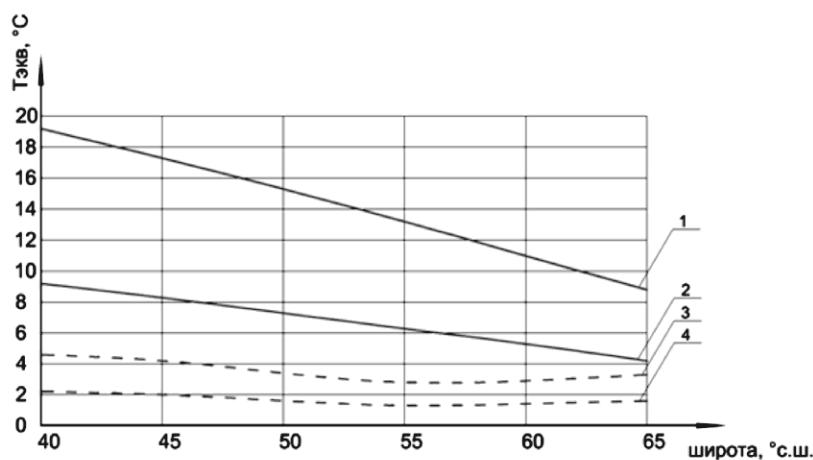


Рис. 3. Изменение эквивалентной температуры дорожного покрытия в зависимости от изменения географической широты рассматриваемого участка автомобильной дороги:

- 1 – облачность 0 баллов и скорость ветра 0 м/с; 2 – облачность 0 баллов и скорость ветра 6 м/с;
3 – облачность 10 баллов и скорость ветра 0 м/с; 4 – облачность 10 баллов и скорость ветра 6 м/с

Влияние облачности и скорости ветра на эквивалентную температуру

Как показывает анализ результатов расчета, приведенных на рис. 1 и 2, облачность оказывает существенное влияние на величину эквивалентной температуры. При сплошной облачности происходит уменьшение прямой солнечной радиации по сравнению с ее обычным значением в ясную погоду. А так как эквивалентная температура среды зависит от суммарной солнечной радиации, то значения

эквивалентной температуры в ясную и облачную погоду могут различаться в 5-6 раз. Таким образом, облачность является одним из основных погодных параметров, влияющих на величину эквивалентной температуры среды.

Был произведен анализ влияния скорости ветра на величину эквивалентной температуры среды, который показал, что скорость ветра также оказывает определенное воздействие на величину эквивалентной температуры. Чем выше скорость ветра, тем меньшее значение принимает эквивалентная температура среды. Это связано с влиянием ветра на величину конвективной составляющей суммарного коэффициента теплообмена. Эквивалентная температура в безветренную погоду и при скорости ветра в 6 м/с отличается в 2-3 раза.

Зависимость эквивалентной температуры от азимута и продольного уклона выбранного участка автомобильной дороги

В результате расчетов было установлено, что максимальное влияние азимута на эквивалентную температуру среды у покрытия происходит в околополуденное время (1-2°C). При появлении облачности приток солнечной радиации резко уменьшается, и влияние азимута на рассматриваемую величину значительно ослабевает и продолжает уменьшаться при увеличении скорости ветра.

Величина эквивалентной температуры зависит от продольного уклона участка дороги. Это связано с тем, что из-за изменения наклона поверхности меняется угол падения солнечных лучей. Чем меньше угол падения солнечных лучей к поверхности, тем меньшее количество солнечной радиации приходится на эту поверхность. Наибольшее количество солнечной радиации приходится на поверхность, перпендикулярную направлению солнечных лучей, наименьшее количество – на вертикальные поверхности, ориентированные на север. Влияние продольного уклона на эквивалентную температуру может составлять до 2 °C в ясную погоду. С появлением облаков и ветра наблюдается уменьшение этой величины, и продольный уклон практически не влияет на эквивалентную температуру среды у покрытия.

Зависимость эквивалентной температуры от состояния дорожного покрытия

Все дорожные покрытия имеют различную шероховатость, цвет и сделаны из разных материалов, а значит, они обладают и различными коэффициентами поглощения. Таким образом, эквивалентная температура среды над дорожными покрытиями из разных материалов или с различным сроком эксплуатации будет разная. Ее величина зависит от коэффициента поглощения.

В таблице приведены значения коэффициента поглощения для некоторых типов дорожного покрытия [3].

Таблица
Значение коэффициента поглощения поверхности дорожного покрытия

Материал и состояние поверхности покрытия	Коэффициент поглощения
Старое сухое цементобетонное покрытие	0,65
Старое мокрое цементобетонное покрытие	0,73
Новое сухое цементобетонное покрытие	0,76
Асфальтобетонное покрытие гладкое, серое	0,82
Асфальтобетонное покрытие (темно-серое)	0,89

Влияние коэффициента поглощения поверхности дорожного покрытия на эквивалентную температуру представлено на рис. 4. Из графика видно, что эквивалентная температура среды над асфальтобетонным покрытием будет выше, чем над цементобетонным при одинаковых прочих условиях. С увеличением облачности влияние коэффициента поглощения дорожного покрытия уменьшается, и различие между эквивалентными температурами для различных типов покрытий становится меньше и продолжает уменьшаться при увеличении скорости ветра.

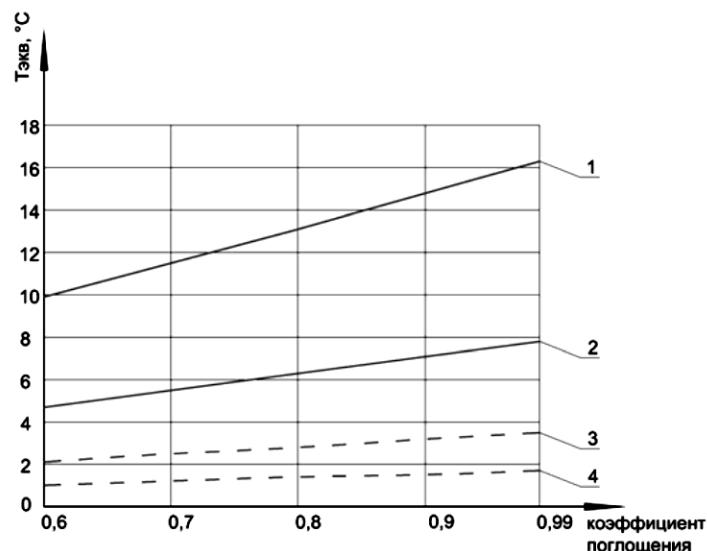


Рис 4. Зависимость эквивалентной температуры дорожного покрытия от коэффициента поглощения поверхности участка автомобильной дороги:

- 1 – облачность 0 баллов и скорость ветра 0 м/с; 2 – облачность 0 баллов и скорость ветра 6 м/с;
3 – облачность 10 баллов и скорость ветра 0 м/с; 4 – облачность 10 баллов и скорость ветра 6 м/с

Полученные результаты позволяют учесть влияние прямой солнечной радиации на температурный режим дорожного покрытия в зимний период. Исследования будут продолжены для учета радиационных потерь дорожного покрытия в ночные часы. Детальный учет граничных условий позволит повысить точность расчета температуры покрытия, спрогнозировать образование скользкости на различных участках дороги, а также уточнять нормы распределения противогололедных реагентов не по температуре воздуха, а с учетом температуры дорожного покрытия.

Заключение

Авторами статьи представлена модель для расчета эквивалентной температуры по дорожным и метеорологическим данным, разработан алгоритм и программа ее реализации. Проведена серия вычислительных экспериментов по изучению воздействия погодных и дорожных параметров на величину эквивалентной температуры. Результаты расчета позволяют оценить влияние погодных и дорожных параметров на температуру дорожного покрытия.

Список литературы

- ФЦП «Развитие транспортной системы России (2010-2015 годы)». URL: http://rosavtodor.ru/information/Osnovnye_dokumenty/ftsp Razvitiye_transportnoy_sistemy_rossii_2010_2015_godyi.html (дата обращения: 15.11.2012).
- Богословский В.Н. Строительная теплофизика (теплофизические основы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха): учебник для вузов. Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: Высшая школа, 1982. – 415 с.
- Горецкий Л.И. Теория и расчет цементобетонных покрытий на температурные воздействия. – М.: Издательство «Транспорт», 1965. – 284 с.
- Кондратьев К.Я. Актинометрия. – Л.: Гидрометеорологическое издательство, 1965. – 690 с.
- Самодурова Т.В., Бакланов Ю.В. Влияние дорожных и погодных факторов на температурный режим дорожного покрытия в зимний период // Дороги и мосты, 2011, № 1. – С. 166-178.
- Самодурова Т.В., Тропынин Е.Н. Моделирование состояния дорожного покрытия в зимний период // Дороги и мосты, 2009, № 2. – С. 137-148.

Samodurova T.V. – doctor of technical sciences, professor

E-mail: tvs@vmail.ru

Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering

Baklanov Y.V. – post-graduate student

E-mail: baklanovmail@mail.ru

Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering

The organization address: 394006, Russia, Voronezh, 20 years of October st., 84

The influence of solar radiation on the temperature mode of the road pavement

Resume

The aim of the work is to investigate the influence of solar radiation on the highway pavement temperature regime. Road pavement temperature is a determining factor of the winter slipperiness formation. The authors propose the procedure for calculating the equivalent ambient temperature in the boundary conditions of the non-stationary heat equation. Such approach allows consider the sunlight influence on the road surface temperature. A program has been developed for automatic calculations the equivalent temperature is performed on meteorological parameters (air temperature, overcast, wind speed) and road parameters (geographical location and the azimuth of a road segment, a longitudinal slope, an absorption coefficient of the road pavement). The calculation can be done for any date and for any time of the day.

On the basis of the modeling results change of the equivalent temperature in the months of producing works on winter road maintenance has been studied. The diurnal course of the equivalent temperature and its change depending on the geographical width of the considered highway segment has been analyzed. Meteorological and road parameters which make the greatest impact on the studied size have been revealed. The results of the investigation are presented for clear demonstration in the form of graphs.

Keywords: highway, road surface temperature, equivalent temperature, radiative balance.

References

1. FP «Development of Russian Transport System (2010-2015)». URL: http://rosavtodor.ru/information/Osnovnye_dokumenty/ftsp_razvitiie_transportnoy_sistemyi_rossii_2010_2015_godyi.html (reference date: 15.11.2012).
2. Bogoslovskiy V.N. Building thermophysics (thermal bases of heating, ventilation and air conditioning): the textbook for high schools. 2th edition, revised and enlarged. – M.: Vyssh. shkola, 1982. – 415 p.
3. Goretskiy L.I. Theory and calculation of cement-concrete pavements taking into account thermal effects. – M.: Izdatelstvo «Transport», 1965. – 284 p.
4. Kondratiev K.Y. Actinometry. – L.: Gidrometeorologicheskoye izdatelstvo, 1965. – 692 p.
5. Samodurova T.V., Baklanov Y.V. Influence of road and weather factors on the temperature mode of the road pavement in winter // Roads and bridges. 2011, № 1. – P. 166-178.
6. Samodurova T.V., Tropynin E.N. Modelling of road pavement condition in winter period // Roads and bridges. 2009, № 2. – P. 137-148.



УДК 628.4

Барышева О.Б. – кандидат технических наук, доцент

E-mail: obbars@mail.ru

Хабибуллин Ю.Х. – кандидат технических наук, доцент

E-mail: a0an@mail.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1

Исследование процессов сжигания твердых бытовых отходов численными методами

Аннотация

В работе исследуется физико-математическая модель сгорания твердых бытовых отходов (ТБО) и образования диоксинов и их предвестников. Модель основана на базе химической термодинамики и формальной химической кинетики. Исследования процессов горения проводятся с учетом кинетики химических реакций. Работа позволяет оптимизировать режимные параметры установки по термической утилизации ТБО для минимизации выхода токсических веществ.

Ключевые слова: диоксины, хлорбензол, хлорфенол, кинетика, равновесие, неравновесие, моделирование, пиролиз, ТБО.

Для исследования процессов утилизации ТБО была принята схема (рис. 1). ТБО загружаются на колосниковую решетку, предварительно нагрев на ней. Здесь происходит физическое выпаривание воды и органики. При плохом смешении горючего с воздухом, вблизи решетки, существуют области, обедненные кислородом, где при относительно низких температурах происходит пиролиз, который приводит к дальнейшему образованию воды и более низкомолекулярных органических соединений. Часть из них выносятся в газовую fazу, а другие – могут оставаться в конденсированном состоянии и продолжать термически разлагаться. Как только органические соединения контактируют с кислородом при достаточно высоких температурах, начинается процесс горения, который продолжается до тех пор, пока весь имеющийся в наличии кислород не израсходуется (при избытке горючего) или не израсходуется органика (при недостатке горючего). Время пребывания газообразных веществ в системе существенно меньше, чем твердых веществ, остающихся на решетке. Твердые или жидкые малые частицы, находящиеся на решетке, могут либо сгорать, либо в результате дальнейших пиролитических реакций превращаются во все более ненасыщенные структуры, образуя в конечном итоге углерод. Для увеличения полноты сгорания в камеру сгорания вводят избыточное количество кислорода, но это приводит к увеличению выхода диоксина. Т.е. ненасыщенные высокоароматические органические соединения покидают зону горения и адсорбируются на поверхности частиц дыма при сравнительно низких температурах. В окислительной среде, содержащей соляную кислоту, происходит каталитическое окисление органических соединений на поверхности и одновременно хлорирование в присутствии медиодержащих соединений. Образующиеся хлорированные фенолы могут конденсироваться с образованием молекул диоксинов.

Естественно, описанные выше процессы образования диоксинов являются упрощенными.

Измерение концентраций различных продуктов сгорания по тракту установки для сжигания ТБО указывает на образование все более хлорированных веществ, при взятии проб в направлении от выхода из камеры сгорания к выходной трубе. Большинство диоксинов образуется последовательно с процессом сжигания или в теплообменниках, а также установках очистки и контроля. Роль самой камеры сгорания состоит в поставке молекул – предвестников образования диоксинов. Определяя условия для минимизации процессов образования этих предвестников, можно ограничить тем самым и эмиссию диоксинов.

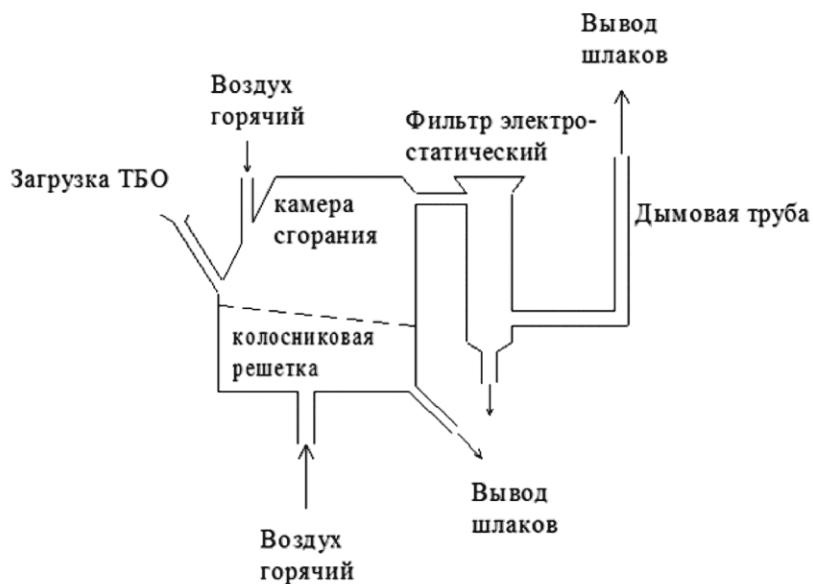


Рис. 1. Принципиальная схема утилизации ТБО

Для определения режимных параметров, обеспечивающих минимальный выход диоксинов, необходимо надежное прогнозирование состава и свойств продуктов термической переработки ТБО.

Для большинства установок, в которых процессы протекают при высокой температуре, свойственны различного рода неравновесные эффекты: неравновесное изменение состава продуктов сгорания, нагрева или разложения. Подобные процессы описываются в рамках формальной химической кинетики и заключаются в определении состава рабочего тела по заданному механизму и константам скоростей реакций. Принимается, что все превращения в газовой фазе – элементарны, то есть протекают в одну стадию. Любые химические взаимодействия могут быть представлены совокупностью этих элементарных стадий [1].

Наиболее вероятны химические реакции трех типов: моно-, би- и тримолекулярные. В общем виде уравнение химической реакции представляется в следующем виде:

$$\sum_{i=1}^n v'_{ij} B_i \rightleftharpoons \sum_{i=1}^n v''_{ij} B_i, j = 1, \dots, m, \quad (1)$$

где $B_i (i = 1, \dots, n)$ – компонент (реагирующая система состоит из n – компонентов, между которыми протекают m обратимых химических реакций, то есть протекающих как в прямом, так и в обратном направлении); v'_{ij}, v''_{ij} – стехиометрические коэффициенты j -й реакции.

Основным законом формальной химической кинетики является закон действующих масс, согласно которому скорость изменения содержания i -го компонента по прямому направлению j -й реакции есть соотношение:

$$W_{ij}^+ = \left(v''_{ij} - v'_{ij} \right) k_j^+ \prod_{k=1}^n C_k^{v_{kj}}. \quad (2)$$

Аналогично для обратного направления:

$$W_{ij}^- = \left(v'_{ij} - v''_{ij} \right) k_j^- \prod_{k=1}^n C_k^{v_{kj}}, \quad (3)$$

где k_j^+, k_j^- – константы скорости j -й реакции в прямом и обратном направлении, C – концентрации компонентов.

В формальной химической кинетике константы скоростей как прямых, так и обратных химических реакций обычно принято представлять в аррениусовой форме, так для прямого направления:

$$k_j^+ = A_j^+ T^{n_j^+} \exp \left[-E_j^+ / (R_0 T) \right], \quad (4)$$

где A_j^+, n_j^+, E_j^+ – коэффициенты характеризующие прямое направление j -й реакции: предэкспоненциальный множитель, температурный коэффициент и энергию активации. В зависимости (4) размерность A_j^+ определяется порядком реакции, n_j^+ – безразмерная величина, E_j^+ имеет размерность обычно [кал/моль]. В этом случае $R_0 = 1,987$ кал/(моль · К). Коэффициенты A_j^+, n_j^+, E_j^+ – определяются эмпирически.

Константы скорости прямого и обратного направления реакций связаны через константы равновесия последних:

$$K_{pj} = k_j^+ / k_j^-. \quad (5)$$

В формальной химической кинетике предусматривается принцип независимости протекания элементарных химических реакций в реагирующей смеси. То есть общая скорость изменения любого компонента в смеси равна алгебраической сумме скоростей его изменения в результате протекания всех элементарных реакций, идущих при постоянном объеме:

$$\frac{dC_i}{dt} = W_i = \sum_{j=1}^m W_{ij}^+ + \sum_{j=1}^m W_{ij}^-, \quad (6)$$

где $i = 1, \dots, n$, $j = 1, \dots, m$, n – число индивидуальных веществ; m – количество химических реакций.

Химическая реакция характеризуется порядком, который равен сумме показателей степеней при всех концентрациях, стоящих в правой части кинетического уравнения. Размерность константы скорости определяется порядком реакции. Методы решения уравнений химической кинетики описаны в литературе [2].

В качестве исходных данных была задана: исходная смесь, температура, давление, начальный шаг интегрирования, время процесса.

Для исследуемого модельного состава принимался кинетический механизм, описанный в источнике [1, 2].

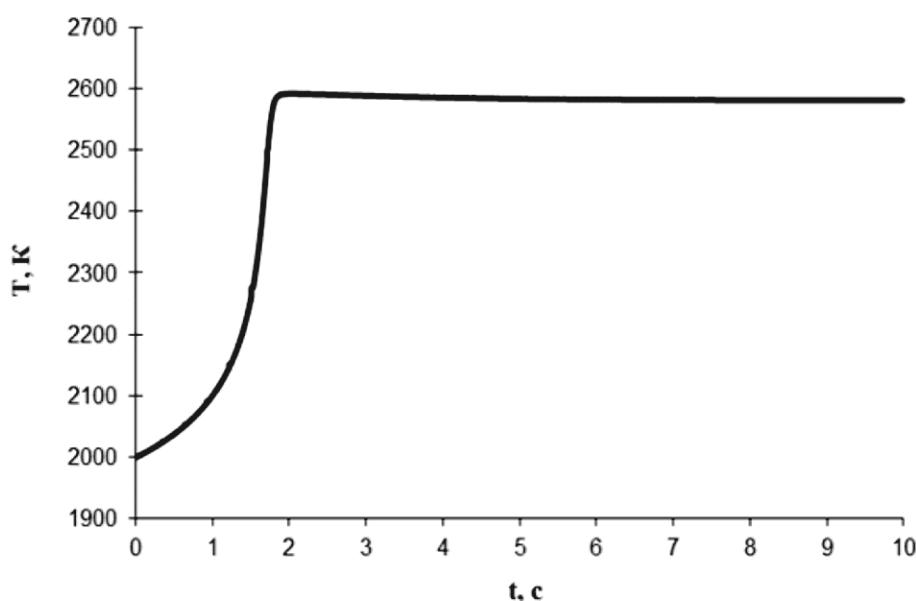


Рис. 2. Зависимость температуры от времени

На рис. 2 представлено изменение температуры в зависимости от времени при горении ТБО в воздухе, обогащенном кислородом до 40 % по объему (теплотворная способность ТБО 3000 ккал/кг). График демонстрирует выход температуры на стационарный режим, соответствующий температуре смеси, полученной в результате термодинамического расчета.

При расчете неравновесного горения ТБО с участием предвестников образования хлорсодержащих углеводородов в качестве начального приближения использовался состав [1]. В качестве исходного принимался состав, полученный в результате термодинамического расчета [2]. Для указанного набора индивидуальных веществ был выбран химический механизм [1].

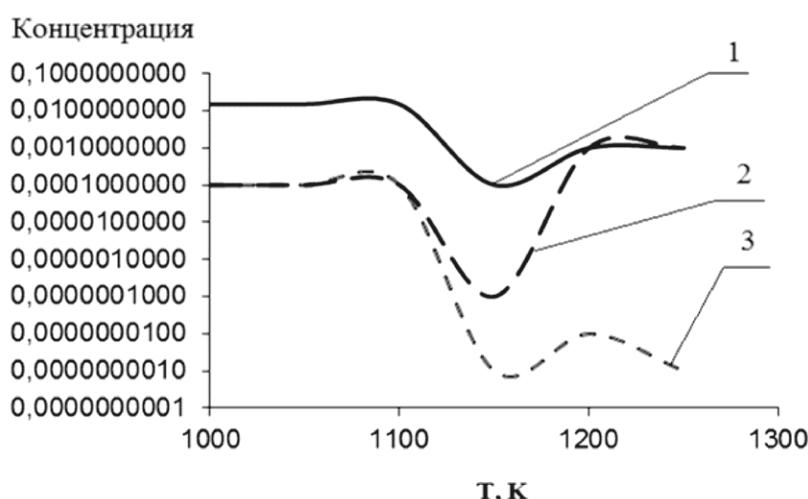


Рис. 3. Зависимость концентрации от температуры при разложении ТБО:
1 – CH_4 , 2 – C_6H_5Cl , 3 – C_2Cl_4 .

Выбор данного механизма и индивидуальных веществ определялся имеющимися сведениями в литературе по константам скоростей газофазных реакций. На рис. 3 приведены изменения концентраций отдельных веществ, свойственных продуктам разложения ТБО. Из рис. 3 видно, что разложение представленных на графике веществ практически осуществляется в очень узком температурном интервале.

С целью определения условий минимизации эмиссии диоксинов необходимо расширить кинетический механизм химических реакций путем включения большего количества промежуточных веществ, тогда можно получить еще более точные данные.

Список литературы

- Крюков В.Г., Наумов В.И., Демин А.В., Абдуллин А.Л., Тринос Т.В. Горение и течение в агрегатах энергоустановок: моделирование, энергетика, экология. – М.: «Янус-К», 1997. – 306 с.
- Алемасов В.Е., Драгалин А.Ф., Черенков А.С. Основы теории физико-химических процессов в тепловых двигателях и энергетических установках. – М.: Химия, 2000. – 520 с.

Barysheva O.B. – candidate of technical sciences, associate professor
E-mail: obbars@mail.ru

Khabibullin Iu.Kh. – candidate of technical sciences, associate professor
E-mail: a0an@mail.ru

Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya str., 1

Research of processes of burning of solid municipal waste by numerical methods

Resume

When developing effective methods of processing of **solid municipal waste** (SMW) the great value has forecasting of structure of products of processing of SMW and properties of high-temperature processes. It is connected, in particular, by that the plants using thermal methods of neutralization of solid industrial and household waste, can be sources of emissions of extremely toxic substances, in particular, polychlorinated Dibenzo-p-dioxine (PCDD) and polychlorinated Dibenzofurane (PCDF). Formation of these substances decides as availability of dioxine directly in the thermal reactor, and as a result of reactions of organic carbon on molecular chlorine, hydrochloric acid or on the chlorine which is a part of organic compounds. In low-temperature zones of a path of combustion gases ($T=550\ldots700$ K) in the presence of catalysts in the form of metal surfaces of a path, surfaces of particles of flying ashes additional synthesis of dioxine is possible.

Measurement of concentration of various products of combustion on an installation path for burning of **solid municipal waste** indicates formation of more and more chlorinated substances, when sampling in the direction from an exit from the combustion chamber to an output pipe. From here it is possible to draw a conclusion that the majority of dioxine is formed consistently with process of burning or in heat exchangers, and also cleaning and control installations. The role of the combustion chamber consists in delivery of molecules – harbingers of formation of dioxine. Defining conditions for minimization of processes of formation of these harbingers, it is possible to limit to that and emission of dioxine.

As such harbingers aromatic hydrocarbons, benzene chlorides and chlorophenols can be.

Keywords: solid municipal waste, thermal utilization, toxic gaseous substances, dioxine.

References

1. Kriukov V.G., Naumov V.I., Demin A.V., Abdullin A.L., Trynos T.V. Burn and a current in units of power installations: modeling, power, ecology. – M: «Janus-K», 1997. – 306 p.
2. Alemasov V.E., Dregalin A.F., Cherenkov A.S. Physical and chemical processes theory of heat engines and energy units. – M.: Chem., 2000. – 520 p.

УДК 661.2

Медведева Г.А. – кандидат технических наук, доцент

E-mail: medvedevaga79@mail.ru

Ахметова Р.Т. – доктор технических наук, профессор

E-mail: rachel13@list.ru

Пятко Ю.Н. – аспирант

E-mail: pyatco_yulya@mail.ru

Сафин И.Ш. – ассистент

E-mail: rachel13@list.ru

Строганов В.Ф. – доктор химических наук, профессор

E-mail: str@mail.ru

Ахметова А.Ю. – студент

E-mail: rachel13@list.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1

Утилизация отходов теплоэнергетики в водостойкие композиционные материалы

Аннотация

Разработаны и исследованы технологии пропитки расплавом серы композиционных материалов из крупнотоннажных отходов нефтегазового комплекса и теплоэнергетики. Показано, что использование модифицирующей добавки силиката натрия приводит к улучшению реологических свойств серного расплава, существенно повышает прочностные, водостойкие и теплоизоляционные свойства получаемых материалов, что позволяет расширить область применения разработанных материалов и использовать их в качестве теплоизоляции в наружных стенах.

Ключевые слова: композиционные материалы, сера, золошлаковые отходы ТЭЦ, реологические свойства.

Проблема сбора и утилизации отходов производства и потребления является одной из старейших в истории человечества. В настоящее время основной целью обращения с отходами производства является предотвращение их вредного воздействия на здоровье человека и окружающую природную среду. Условия существования и развития жизни на земле определяются экологическими факторами, то есть элементами среды, значительно влияющими на организмы. В настоящее время мировым сообществом в полной мере осознается масштаб угрозы экологического загрязнения земли и атмосферы техногенными отходами. Использование техногенных продуктов в производстве строительных материалов способствует решению следующих основных задач: экономии энергосырьевых ресурсов, утилизации отходов, улучшению экологической обстановки в регионах.

Многотоннажным отходом является сера газонефтеперерабатывающего комплекса. В России значительные количества попутной серы скопились в отвалах нефте- и газоперерабатывающих заводов. В Татарстане ежегодно образуется более 300 т. серных отходов на Минибаевском ГПЗ, свыше 100 тыс. т. серы на Нижнекамском НПЗ.

Среди промышленных отходов одно из первых мест по объемам занимают золы и шлаки от сжигания твердых видов топлива (уголь разных видов, горючие сланцы, торф) на тепловых электрических станциях. Ежегодно в России образуется около 70 млн. т. ЗШО. Существенной проблемой является нахождение путей их применения – многотоннажные золошлаковые отходы тепловых электростанций занимают значительные площади и создают угрозу экологической безопасности Республики Татарстан. Использование их в качестве компонентов силикатных бетонов ограничено ввиду высокопористой структуры получаемых материалов, которая определяет их низкие показатели по водостойкости [1]. Прочность таких материалов также невысока.

Устранить указанные недостатки можно, сформировав на поверхности изоляционный слой из гидрофобного и прочного материала. Одним из эффективных методов повышения стойкости конструкций к различным агрессивным воздействиям среды и, следовательно, повышения их долговечности является уплотнение поровой структуры

строительных материалов пропиткой. Для этой цели используют довольно разнообразные пропиточные композиции. В последнее время большое внимание уделяется изучению технологии пропитки строительных материалов мономерами типа стирола, метилметакрилата и др. [2-3]. Мономеры, применяемые для пропитки бетонов, наряду с положительными свойствами (низкая вязкость, высокая прочность после полимеризации и т. п.) обладают такими отрицательными свойствами, как летучесть, взрывоопасность паров, токсичность, которые в некоторых случаях сильно усложняют практическое применение этого способа. Кроме того, мономеры очень дороги. Дефицитность этих материалов в промышленности ограничивает их использование в строительстве. Поэтому изыскание новых, более дешевых и доступных для строительства пропиточных композиций является важной и актуальной задачей. Одним из решений такой задачи является использование расплава серы для пропитки строительных материалов.

Известны серные композиционные материалы с высокими водостойкими прочностными свойствами [4], а также технологии получения водостойких покрытий путем пропитки в серном расплаве [5]. Таким образом, можно повысить водостойкие и прочностные свойства древесины, керамики, бетона. Однако в литературе отсутствуют сведения по пропитке в серном расплаве цементных бетонов, модифицированных золошлаковыми отходами. Такая поверхностная обработка, на наш взгляд, позволила бы существенно повысить водостойкие и прочностные свойства модифицированных силикатных бетонов и, тем самым, расширить области утилизации золошлаковых отходов теплоэнергетики и серных отходов нефтеперерабатывающего комплекса.

В работе использовались следующие материалы:

- цемент, класс прочности 42,5 Н (ГОСТ 31108-2003. Цементы общестроительные. Технические условия);

- сера – отход Нижнекамского нефтеперерабатывающего завода. По химическому составу эти отходы содержат 99,9 % серы, т.е. практически представляют собой товарный продукт;

- строительный песок (ГОСТ 8736-93. Песок для строительных работ);

- золошлаковые отходы ТЭЦ-2 г. Казани следующего состава (масс. %):

SiO_2 – 47,7-52,2;

$\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{TiO}_2$ – 21,24-25,28;

$\text{CaO} + \text{MgO}$ – 4,3;

Fe_2O_3 – 5,2-5,9;

R_2O – 1,84-19,03;

SO_3 – 0,2.

- силикат натрия (ГОСТ 13078-81).

Образцы композиций готовили путем смешения исходных компонентов (цемент: песок: ЗШО) в заданных соотношениях и заливкой в формы размером 2x2x6 см. Оптимальным, с точки зрения прочностных свойств материала, является соотношение цемент:наполнитель (песок и ЗШО), равное 1:3.

После распалубки форм полученные изделия сушили в сушильном шкафу в течение часа при температуре 100⁰С и затем осуществляли пропитку в серном расплаве при температуре 140⁰С.

Очевидно, что для повышения прочностных и водостойких свойств необходимо получить более глубокий защитный серный слой. Пропитывающие свойства серного расплава зависят от его вязкости. Термическое поведение серного расплава известно. Так, при нагревании серы до 159⁰С расплав имеет наименьшую вязкость, обусловленную раскрытием молекулы серы и образованием восьмиатомных серных радикалов. Дальнейшее повышение температуры инициирует полимеризацию и образование полимерной серы с числом атомов серы в цепи до миллиона. Вязкость резко повышается и такой расплав не может проникать в бетон.

При введении модификатора жидкого стекла вязкость серного расплава несколько понижается в широком температурном интервале, что свидетельствует о существовании короткоцепных радикалов и отсутствии полимеризации даже при более высоких температурах. Таким образом, происходит повышение пропитывающей способности

расплава в более широком температурном интервале и на поверхности бетона формируется более плотный защитный слой.

Результаты испытаний полученных материалов на физико-механические показатели представлены на рисунках.

На рис. 1 представлены графики зависимости предела прочности при сжатии исходных образцов без пропитки, пропитанных серой и образцов, пропитанных серой, модифицированных силикатом натрия. По сравнению с исходными образцами из силикатного бетона прочность пропитанных в серном расплаве образцов повысилась. Так, образцы бетона, наполненного песком, имеют прочность при сжатии 32,5 МПа, то есть после пропитки прочность повысилась в 9 раз. Значения прочности при сжатии образцов цемент: ЗШО после пропитки также стали выше ($R_{сж}$ повысилась в 4 раза).

Введение в расплав модифицирующей добавки силиката натрия (жидкого стекла) положительно сказывается на прочностных свойствах конечных материалов. Прочность образцов, содержащих золошлаковые отходы, увеличивается и принимает максимальное значение при содержании ЗШО 66 % (рис. 1). По всей видимости, при этом количестве ЗШО в структуре образца формируются поры таких размеров, при которых модифицированный серный расплав может свободно проникать в бетон. За счет этого образуется беспористая плотная структура и механические свойства изделия повышаются.

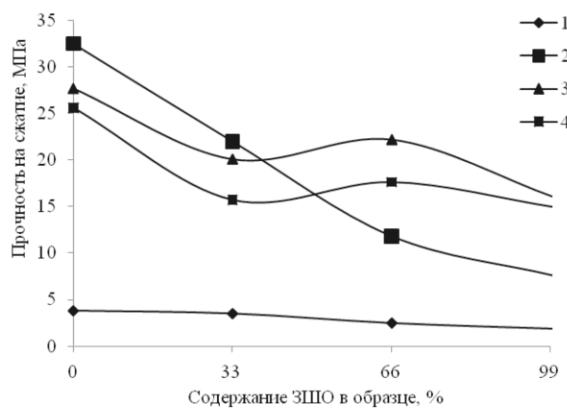


Рис. 1. Зависимость прочности образцов от процентного содержания ЗШО:
1 – без пропитки серой; 2 – пропитанные чистой серой;
3 – образцы, пропитанные в $S+Na_2SiO_3$ – 1 %; 4 – образцы, пропитанные в $S+Na_2SiO_3$ – 3 %

На рис. 2 представлены графики зависимости водопоглощения исходных образцов без пропитки, пропитанных серой и образцов, пропитанных серой, модифицированных силикатом натрия.

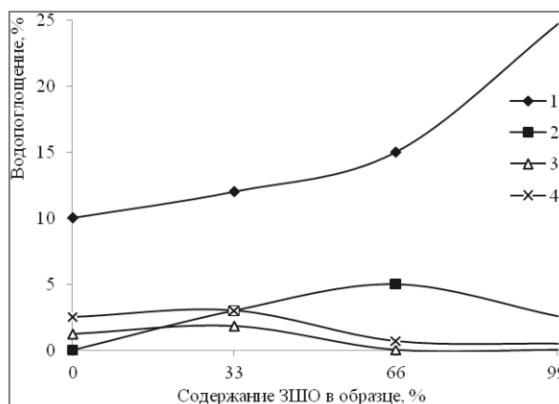


Рис. 2. Зависимость водопоглощения образцов от процентного содержания ЗШО:
1 – без пропитки серой; 2 – пропитанные чистой серой;
3 – образцы, пропитанные в $S+Na_2SiO_3$ – 1 %; 4 – образцы, пропитанные в $S+Na_2SiO_3$ – 3 %

Можно наблюдать, что при введении модифицирующей добавки – силиката натрия – водостойкие свойства строительных композиционных материалов повышаются. Водопоглощение образцов бетона на золошлаковом наполнителе, пропитанных в расплаве серы, понизилось до 12 %. А водопоглощение образцов, пропитанных в модифицированном расплаве серы, приближается к нулю.

Плотность силикатного бетона, модифицированного золошлаковыми отходами, после пропитки также повышается (рис. 3). Если плотность исходных образцов составляет 1,1-1,7 г/см³, пропитанных в серном расплаве 1,8-2,2 г/см³, то в модифицированном серном расплаве 2-2,6 г/см³.

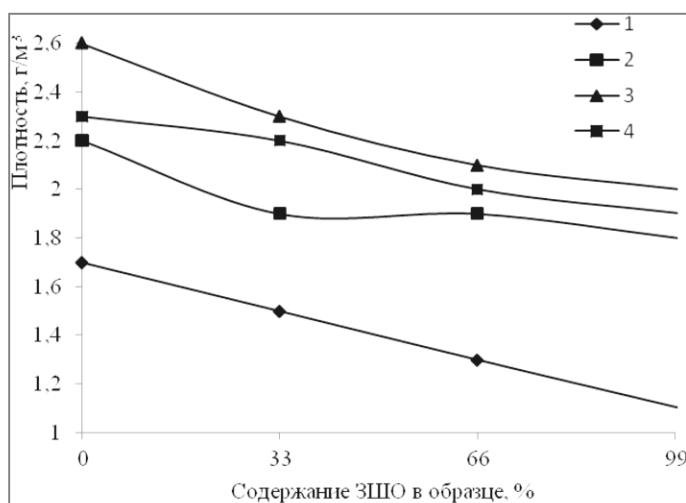


Рис. 3. Зависимость плотности образцов от процентного содержания ЗШО: 1 – без пропитки серой; 2 – пропитанные чистой серой; 3 – образцы, пропитанные в S+Na₂SiO₃ – 1 %; 4 – образцы, пропитанные в S+Na₂SiO₃ – 3 %

Испытания на теплофизические свойства (рис. 4) показали уменьшение теплопроводности образцов с повышением доли в них ЗШО.

Как следует из зависимости «теплопроводность – количество ЗШО в образце», с повышением доли золошлаковых отходов теплопроводность бетона существенно понижается (с 0,187 до 0,16 Вт/(м °C) – для образцов исходного бетона и с 0,2658 до 0,1066 Вт/(м °C) – для образцов, пропитанных в серном расплаве, модифицированном Na₂SiO₃).

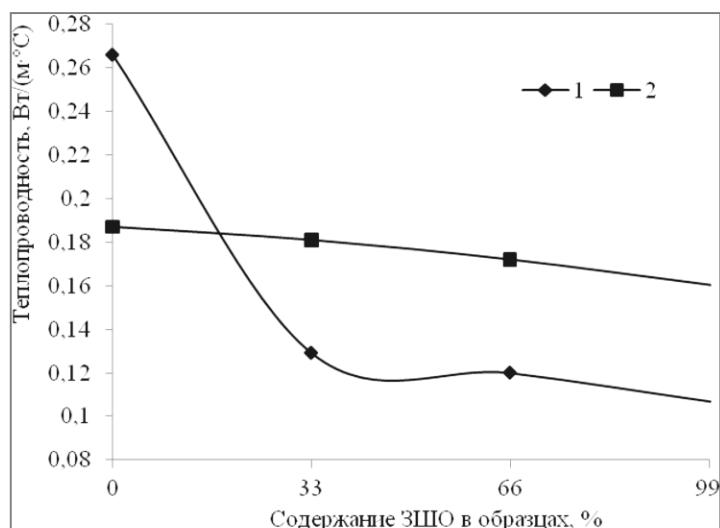


Рис. 4. Зависимость теплопроводности образцов от процентного содержания ЗШО: 1 – образцы, пропитанные в S+Na₂SiO₃; 2 – образцы без пропитки серой

На микрофотографиях образцов, пропитанных в серном расплаве, отмечается появление на поверхности светлого слоя, обусловленного формированием плотного защитного слоя серы. В приповерхностном слое отмечается появление зеленоватой окраски, характерной для сульфидов, что можно объяснить частичным химическим взаимодействием серы и компонентов цемента (например, гидроксида кальция) с образованием сульфида кальция. Образцы обладают покрытием с большей глубиной пропитки (толщиной до 1 см), поэтому имеют повышенную прочность, плотность и низкое водопоглощение.

Рентгенофазовыми исследованиями установлено, что поверхностное покрытие состоит, главным образом, из кристаллического кварца, ромбической серы и сульфида кальция.

Таким образом, при введении модификатора – жидкого стекла – уменьшается вязкость серного расплава, происходит повышение пропитывающей способности расплава в более широком температурном интервале, а на поверхности бетона формируется более плотный защитный слой.

Введение в состав цементного бетона золошлаковых отходов позволяет улучшить теплоизоляционные свойства бетона, что объясняется формированием высокопористой структуры. Такие материалы имеют крайне низкую прочность и высокое значение водопоглощения, что делает их не пригодными для использования в качестве теплоизоляционных материалов в строительстве. Технология получения защитного водостойкого и упрочняющего покрытия на бетоне методом пропитки в серном расплаве, модифицированном Na_2SiO_3 , существенно повышает прочностные, теплоизоляционные и водостойкие свойства материалов, что позволяет расширить область применения разработанных материалов, например, в качестве теплоизоляции в наружных стенах.

Список литературы

1. Ананьев В.М., Левченко В.Н. Использование золы-уноса в качестве добавки при производстве тяжелого бетона // Строительные материалы, 2006, № 11. – С. 32-33.
2. Патуров В.В. Полимербетоны. – М.: Стройиздат, 1987. – 286 с.
3. Баженов Ю.М. Бетонополимеры. – М.: Стройиздат, 1983. – 472 с.
4. Юсупова А.А., Ахметова Р.Т., Первушин В.А., Хацринов А.И. Повышение водостойких свойств композиционных материалов пропиткой в модифицированном серном расплаве // Вестник Казанского технологического университета, 2011, № 17. – С. 102-106.
5. Королев Е.В., Прошин А.П., Хрулев В.Т. Строительные материалы на основе серы. – Пенза-Саранск: Изд-во Морд. ун-та, 2003. – 372 с.

Medvedeva G.A. – candidate of technical sciences, associate professor

E-mail: medvedevaga79@mail.ru

Akhmetova R.T. – doctor of technical sciences, professor

E-mail: rachel13@list.ru

Pyatco Y.N. – post-graduate student

E-mail: pyatco_yulya@mail.ru

Safin I.S. – assistant

E-mail: rachel13@list.ru

Stroganov V.F. – doctor of technical sciences, professor

E-mail: str@mail.ru

Akhmetova A.Y. – student

E-mail: rachel13@list.ru

Kazan State University of Architecture and Engineering

The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Utilization of the heat power wastes in waterproof composite materials

Resume

The use of wastes in the building construction materials industry helps to achieve the following objectives: saving energy and raw resources, waste management, environmental improvement in the regions.

A slag of the heat power plants and sulfur of the oil and gas complex are on a first place among the industrial wastes. The using of slag waste as a component of silicate concrete is limited because of a high porous structure of the product materials, which determines their low levels of water resistance and durability.

It is possible to eliminate the above drawbacks by forming surface insulation layer by impregnating into sulfur melt. It is especially effective using modifiers of the sulfur melt which lead to the low of viscosity and improvement of impregnating ability of the melt. The efficiency of the use of zinc chloride for this purpose is shown. The depth of impregnation of concrete samples increased significantly. The durability of the modified sulfur-impregnated melt concrete samples increased almost 6 times, water absorption decreased by 5 times, the thermal conductivity significantly decreased. X-ray investigations revealed that the surface coating consists mainly of quartz crystal, rhombic sulfur and calcium sulfide.

These factors lead to extending of the developed materials applications and use them like insulation in exterior walls.

Keywords: composition materials, sulfur, ash and slag wastes, rheological properties.

References

1. Ananyev V.M., Levchenko V.N. The use of fly ash as an additive in the manufacture of heavy concrete // Stroitelnyye materialy, 2006, № 11. – P. 32-33.
2. Paturoyev V.V. Polymer concrete. – M.: Stroyizdat, 1987. – 286 p.
3. Bazhenov Yu.M. Concretepolymer. – M.: Stroyizdat, 1983. – 472 p.
4. Yusupova A.A., Akhmetova R.T., Pervushin V.A., Khatsrinov A.I. Improvement of waterresistant of composite materials impregnating of the modified sulfur melt // Vestnik KTU, 2011, № 17. – P. 102-106.
5. Korolev E.V., Proshin A.P., Khrulev V.T. Building materials on sulfur base. – Penza-Saransk: Izd-vo Mord. univ., 2003. – 372 p.



УДК 332.146

Романова А.И. – доктор экономических наук, профессор

E-mail: aiso@kgasu.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

Развитие рынка строительных услуг как условие инвестиционного роста региона

Аннотация

Строительная отрасль региона и рынок строительных услуг сегодня подвержены сильным изменениям в политике проведения строительства, что отражается в подорванной базе стройиндустрии, серьезной кадровой проблеме, выраженной низкой квалификацией работников, привлекаемых из ближнего и дальнего зарубежья, и снижении значимости крупных строительных компаний, несущих ответственность за качество работ и сроки их исполнения. Обеспечить социально-экономическое развитие административно-территориальной единицы, осуществить воспроизводство всех существующих пространственных территорий и производительных сил возможно только в том случае, если строительное производство и рынок строительных услуг будут развиваться в соответствии с целостным и комплексным планированием всего ее территориального пространства согласно главному условию устойчивого развития – минимизации ущерба для будущих поколений.

Ключевые слова: развитие региона, рынок строительных услуг, территориальное планирование, жилой фонд.

Исследования по трансформации экономических отношений в России и регионах и связанных с ними проблемам эффективности инвестиций, функционирования ремонтно-строительного комплекса проводились в нашей стране в течение многих лет, но и по сегодняшний день являются остроактуальными, а ситуация кризиса лишь усиливает потребность в скором и бюджетном решении этих проблем на уровне регионов. Для успешного развития регионального жилищного фонда в условиях острой нехватки инвестиций и высокого уровня износа необходима разработка концепции, позволяющей осуществлять эффективное регулирование этих процессов. Последовательно раскрыть отличительные черты активного развития регионального жилищного строительства с градостроительной и экономической точки зрения можно, используя основные принципы регионального управления, существующие методики анализа и прогнозирования аварийности жилищно-коммунального комплекса, результаты технико-экономического анализа производственно-хозяйственной деятельности и анализа инвестиционной привлекательности коммунальных предприятий.

Острый современной проблемой является капитальный ремонт и частичная модернизация жилищного фонда первых массовых серий, возведенных за период с 1957 по 1970 гг., который можно классифицировать как старый жилищный фонд, находящийся в удовлетворительном состоянии. Специалисты подчеркивают, что обязательным ремонтно-реконструктивным мероприятием в фонде жилых домов первых массовых серий должно быть повышение тепловой эффективности за счет утепления всех ограждающих конструкций и модернизации систем инженерного оборудования, в соответствии с нормативными требованиями по теплозащите и энергосбережению.

В свою очередь, дома, построенные в период 1971-2000 гг., которые можно классифицировать как устаревший жилищный фонд, для своего времени были достаточно экономичными и максимально соответствовали требованиям действовавших в то время норм. Тем не менее, за последние 20-30 лет капитальный ремонт жилых объектов ни разу не производился. И если сами здания еще имеют эксплуатационный ресурс, то инженерные системы требуют замены. Сохранение устаревшего жилищного фонда, его эффективное использование невозможно без проведения своевременных восстановительных мероприятий, к числу которых относятся капитальный ремонт, модернизация и реконструкция [1].

К основным мероприятиям реконструкции и модернизации устаревшего жилищного фонда можно отнести перепланировку жилых помещений, расширение жилой площади за счет вспомогательных помещений, улучшение освещенности жилых помещений и т.п.

Следует согласиться с мнением ученых, считающих, что целью модернизации нового жилищного фонда, срок эксплуатации которого не превышает пяти лет, является обеспечение применения существующих инноваций. Действительно, проведения капитального ремонта в таких домах не требуется, так как срок амортизации их не истек, и техническое состояние соответствует современным требованиям, однако применение инноваций в данной группе будет крайне обосновано. Например, в области энергетики эффективно использование альтернативных источников энергии. Что касается модернизации самого жилищного фонда, целесообразно развитие мансардного строительства и пристройки подъездов.

Стратегической задачей строительства нового жилищного фонда является обязательное применение всех существующих жилищно-коммунальных инноваций, применение которых позволит повысить эффективность функционирования ЖКХ и будет содействовать развитию рынка жилья и жилищного строительства. Несомненно, с целью снижения эксплуатационных издержек проекты новых типов домов должны опираться на новейшие достижения строительной науки и техники.

Особой проблемой является большая часть пятиэтажного жилого фонда, возведенного в 50-60-х годах, которая находится в состоянии физического износа от 30 до 60 %. По мнению специалистов, в ближайшие 15-20 лет на этом уровне износа окажется весь пятиэтажный фонд республики (речь идет о Республике Татарстан).

В свою очередь, моральный износ пятиэтажных жилых зданий опережает их физический износ. Почти во всех сериях имеются незначительные различия в принятых инженерных решениях. В них, как правило, предусмотрено только три типа квартир – одно-, двух- и трехкомнатные с жилой площадью соответственно 18-20, 26-30 и 36-40 м².

В результате опросов, проведенных среди жильцов таких домов, выяснилось, что факторами, снижающими уровень комфортности проживания, они считают сквозняки, холод и плохую вентиляцию санузлов. Ремонт кровли, наружных стен и сантехнических систем жилых домов занимают первое место по приоритетности при ремонте, поскольку их состояние зачастую является неудовлетворительным, а старая и неэффективная система отопления способствуют дальнейшему разрушению других конструкций здания.

Несомненно, маленькая площадь и теснота квартир также значительно снижают уровень комфортности проживания. Размещение туалета и душа в одном блоке можно считать крупным недостатком. В таких квартирах мало кладовых, узкие коридоры, а в некоторых домах имеются даже проходные комнаты. Небольшое количество трехкомнатных квартир, а также отсутствие четырех- и пятикомнатных квартир является большой проблемой.

Также в ходе эксплуатации были выявлены многочисленные недостатки сооружений, связанные с конструктивными решениями и качеством строительства.

К наиболее типичным проблемам таких жилых домов можно отнести недостаток в следующих строительных услугах [5]:

- в связи с коррозией трубопроводов сантехнические системы находятся в плачевном состоянии. Стальные водопроводные трубы теряют свою водопропускную способность, поскольку в них наблюдается осаждение результатов коррозии;
- наблюдается гниение оконных переплетов и отслоение краски, так как системы отвода воды от окон и с кровли являются недостаточными. Бетон элементов балконов и козырьков над входами сильно растрескивается. Прогиб несущих плит перекрытий значительно превышает нормы;
- в помещениях коллективного пользования не соблюдаются требования противопожарной безопасности, поскольку в подвалах отсутствуют противопожарные стены и высота коридоров ниже установленных норм. Выходы из подвалов расположены рядом с выходом из дома;
- неоптимальная звукоизоляция между комнатами и квартирами снижает общую комфортность проживания в здании;

- в наружных стенах панельных зданий отмечаются влажностные повреждения, поскольку дождевая вода проникает в конструкцию панелей и слой теплоизоляции элементов «сэндвич» через трещины в бетонных швах;
- вода, проникающая через швы в панелях (рассматриваются панельные здания), приводит к повреждению внутренних помещений;
- низкий уровень проветриваемости кровельных конструкций панельных зданий приводит к тому, что в нижней поверхности кровельного покрытия происходит конденсация внутренней влаги и дождевой воды, проникающей через кровлю в конструкции основания.

Экономическая сторона проблемы состоит в отсутствии стратегического подхода к вопросу накопления денежных средств для целей воспроизводства жилья, в их отсутствии в требуемом объеме, а, следовательно, в поиске путей формирования необходимых фондов. Экономические методы регулирования в этой социально значимой отрасли должны отличаться от директивных, присущих планово-распределительной системе, так как периодически возникающая ситуация кризиса лишь усиливает потребность в скором и бюджетном решении этих проблем на уровне регионов [1, 3].

Развитие строительного комплекса и рынка строительных услуг в условиях рыночных отношений, осложненных сложным протеканием посткризисного периода после 2008 года, подчеркивает его высокую роль в экономике страны, способного решать комплексные инвестиционные проблемы, связанные с обновлением основных фондов и модернизацией значимых предприятий региона. Административные территории могут рассматриваться не только через количественно-качественные показатели (население, инфраструктура жизнеобеспечения, производственные мощности и т.п.), но и характеризоваться в разрезе пространственных связей, таких как: макрорегион, регион, микрорегион, региональный центр, район, районные центры, город. Однако пространственное планирование в современных условиях невозможно подчинить быстрому и неравномерно развивающемуся глобальному процессу урбанизации всех территорий, поэтому под воздействием внешних и внутренних факторов удержание линейного управления пространственными территориями, согласно многообразию схемы управленческих решений «центр вышестоящего уровня → центру нижестоящего уровня», ослабляется, но остается как основная функция специально уполномоченных органов государственного и местного самоуправления по регулированию процессов развития соответствующих территорий.

Традиционная схема территориального планирования строительных услуг, в первую очередь, включает в себя исследование основных количественно-качественных характеристик современного состояния административно-территориальной единицы. На основании проведенных исследований:

1. устанавливается необходимость проведения мероприятий по реконструкции или совершенствованию градостроительной организации территории: возможного развития планировочной структуры, функционального зонирования с зонами развития гражданского или промышленного строительства, сельского хозяйства, системы особого режима природопользования, а также рекреационной и туристской инфраструктуры;

2. разрабатываются предложения по развитию социально-культурного потенциала района (дошкольного образования, общего образования, начального профессионального образования, системы здравоохранения, культурного обслуживания, физкультуры и спорта, розничной торговли, общественного питания, бытового обслуживания), развитию транспортной сети, инженерной инфраструктуры (развитие объектов и сетей теплоснабжения и сетей электроснабжения, систем водоснабжения и водоотведения), необходимых природоохранных мероприятий (охрана атмосферного воздуха, водных ресурсов (подземных и поверхностных вод), по управлению отходами производства и потребления, санитарно-защитных зон объектов, охране лесов);

3. определяется последовательность выполнения мероприятий по территориальному планированию;

4. рассчитываются технико-экономические показатели схемы территориального планирования.

Пространственная организация территории обеспечивает устойчивое функционирование и развитие всех отраслей экономики с решением вопросов долгосрочного территориального прогнозирования и формирования благоприятных условий для жизнеобеспечения населения. Следовательно, пространственное планирование затрагивает вопросы, связанные с использованием земель и рынком недвижимости, формированием инфраструктуры жизнеобеспечения и развитием жилищно-коммунального хозяйства.

Процессы расселения и миграции идут одновременно с процессом урбанизации, что приводит к изменениям социально-экономической ситуации и неравномерности развития населенных пунктов, что отражается на удорожании жилищного строительства и коммерциализации застройки, усложнении эксплуатации дорожно-транспортной сети и инженерно-технических коммуникаций, повышении экологических проблем.

В последние годы изменения в институциональной базе касаются градостроительства, местного самоуправления и земельных отношений. Система реализации планирования и проектирования определена через генеральные планы пространственного планирования различных регионов и районов, агломераций и муниципальных образований, включающие проекты по планировке районов (регионов). Генеральные планы различаются между собой масштабами и объемами, сроками его реализации и ресурсными возможностями хозяйствующего субъекта.

Разработка и внедрение генеральных планов осуществляются:

- на стадии схем через порядок федерального и регионального регулирования пространственной организации территории;
- на стадии генпланов в соответствии с правилами градорегулирования;
- на стадии планов районов согласно правилам землепользования и застройки, а также в соответствии с требованиями технологических строительных регламентов и норм по благоустройству и эксплуатации объектов застройки.

Отметим, что с градостроительной точки зрения проблемой жилищного фонда 50-60-х годов постройки является то, что он занимает большие кварталы на лучших городских территориях [5]. При этом в кварталах полностью отсутствуют стоянки автомобилей (крайне актуальная сегодня проблема) как для отдельных, так и для общеквартальных объектов, что вызывает необходимость реконструкции и благоустройства территорий.

В целом, значительное количество эксплуатационных недостатков типовых жилых зданий свидетельствует о том, что внедрение их в массовое строительство было осуществлено без экспериментальной проверки планировочных и конструктивных решений в натуральных условиях, а также без научной проработки всех вопросов, связанных с особенностями массового домостроения.

В свою очередь, по мнению специалистов, капитальные конструкции большинства рассматриваемых зданий не исчерпали свой физический ресурс. Более того, в некоторых жилых домах наличие запасов прочности несущих элементов позволяет надстроить здания одним-двумя этажами без усиления конструкций.

В настоящее время в республике, как и во многих городах страны, проводится работа по капитальному ремонту пятиэтажных зданий. Однако, в соответствии с нашим мнением, а также мнением разработчиков Региональной программы реконструкции жилых домов первых массовых серий в Санкт-Петербурге, отсутствует комплексность подходов в решении накопившихся проблем, связанных с необходимостью повышения плотности застройки и комфортности жилья, улучшением конструктивных и теплотехнических свойств зданий.

Зарубежный опыт показал, что реконструкция экономически оправдана только при условии комплексной реконструкции кварталов, позволяющей получить на освоенных территориях дополнительное жилье в виде надстроек и нового строительства. При этом варианты реконструкции, осуществляемые на инвестиционных условиях, должны определяться физическим состоянием жилого фонда, резервами и инвестиционной привлекательностью территорий, финансовыми возможностями заказчика.

Одновременно с преобразованием жилых кварталов в целях их последующего надлежащего функционирования должны вестись работы по модернизации магистральных инженерных сетей и сооружений, а также реконструкции и новому строительству объектов коммерческого и социального назначения районного значения.

При этом в целях налаживания комплексности процесса преобразования жилой квартал предлагается рассматривать в качестве одного и неделимого инвестиционного лота. Степень участия потенциального инвестора в финансировании реновации прочих внутриквартальных объектов определяется степенью прибыльности преобразования жилого квартала.

Введение нового жилья путем реализации процессов комплексного преобразования жилого фонда 50-60-х годов и ранее застройки станет хорошим подспорьем в решении поставленных задач в рамках реализации национального жилищного приоритета.

Для успешного реформирования системы воспроизводства регионального жилищного фонда в условиях острой его нехватки и высокого уровня износа необходима разработка и реализация концепции, охватывающей все стадии процессов, протекающих в жилищной сфере, и позволяющей осуществлять эффективное регулирование этих процессов. При этом методы регулирования должны отличаться от директивных, присущих планово-распределительной системе. Они должны быть нацелены на достижение установленных ориентиров и обеспечивать общее направление развития процессов воспроизводства жилищного фонда.

Список литературы

1. Романова А.И., Хабибулина А.Г. Методика аккумуляции денежных средств частных инвесторов в рамках реализации программ воспроизводства жилого фонда и оплаты жилищно-коммунальных услуг // Известия КГАСУ, 2011, № 3 (17). – С. 235-246.
2. Романова А.И., Добросердова Е.А. Инвестиционное развитие строительного комплекса региона на основе проектного финансирования // Известия КГАСУ, 2012, № 4 (22). – С. 459-464.
3. Романова А.И. Метод диагностики результатов производственно-хозяйственной деятельности предприятий сферы жилищно-коммунальных услуг // Известия КГАСУ, 2012, № 3 (21). – С. 198-202.
4. Романова А.И., Мухаррамова Э.Р., Ахметов Ш.Р. Выявление кризисной ситуации на предприятиях рынка строительных услуг // Вестник ИНЖЭКОНа, 2010, № 6. – С. 157-161.
5. Галимов Н.Р., Черво А.В., Юнусов И.И. Управление инвестиционными ресурсами в системе жилищной программы: исторический аспект. Монография. – Казань: КГАСУ, 2008. – 47 с.

Romanova A.I. – doctor of economical sciences, professor
E-mail: aiso@kgasu.ru

Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Development of the market for construction services as a condition of investment growth in the region

Resume

According to the survey of the state of housing in the region mean physical deterioration of the housing stock is much higher than the permissible value, therefore, a priority of the investment growth in the region is to develop the market for construction services, and on this basis, the derating of physical deterioration of the housing stock up to 20% and below. Deterioration of thermal properties of a residential building is one of many manifestations of the

parties general physical deterioration of the building. Restoring the quality parameters of housing, of course, would change the qualitative parameters of the living environment of the region, changing the face of neighborhood or city that is today one of the major social and economic problems of society and the state. To solve these problems, a new approach to the management of the housing area of the region as a single socio-economic complex.

Keywords: development of the region, the market for construction services, land use planning, housing.

References

1. Romanova A.I., Khabibulin A.G. Method of accumulation of funds from private investors in the framework of the program of reproduction housing and payment of utility services // Proceedings KGASU, 2011, № 3 (17). – P. 235-246.
2. Romanova A.I., Dobroserdova E.A. Investment development of construction in the region on the basis of the project financing // Proceedings KGASU, 2012, № 4 (22). – P. 459-464.
3. Romanova A.I. The diagnostic method is a result of industrial and business enterprises of housing and communal services // Proceedings KGASU, 2012, № 3 (21). – P. 198-202.
4. Romanov A.I., Muhamramova E.R., Akhmetov Sh.R. Identification of the crisis on the market for construction services companies // Bulletin ENGECON, 2010, № 6. – P. 157-161.
5. Galimov N.R., Chervo A.V., Yunusov I.I. Management of investment resources in the system housing program: the historical aspect. Monograph. – Kazan, 2008. – 47 p.

УДК 640:352

Хаметов Т.И. – доктор экономических наук, профессор

Букин С.Н. – аспирант

E-mail: sergei.abcdefg@yandex.ru

Пензенский государственный университет архитектуры и строительства

Адрес организации: 440028, Россия, г. Пенза, ул. Г. Титова, д. 28

Выделение значимых факторов, влияющих на эффективность системы управления объектами жилищно-коммунального хозяйства

Аннотация

Цель работы – разработка механизма упорядочения факторов разных качественных групп в порядке возрастания общего признака.

Использованы методы PESTL-анализа и контент-анализа. На первом этапе (PESTL-анализ) выделены группы факторов, оказывающих влияние на развитие системы управления объектами ЖКХ на уровне муниципального образования. На втором этапе для устранения субъективных оценок при ранжировании отобранных факторов исследования был применен контент-анализ.

Обосновано использование системы Google для определения абсолютной частоты упоминания единиц счёта. Осуществлён первоначальный отбор наиболее весомых групп факторов, оказывающих влияние на систему управления объектами ЖКХ.

Ключевые слова: объекты ЖКХ, система управления, PEST-анализ, контент-анализ, группы факторов.

Жилищно-коммунальное хозяйство (ЖКХ), по мнению авторов, представляет собой систему отраслей народного хозяйства (с преобладанием жилищной отрасли), обеспечивающую удовлетворение потребностей людей в жилищно-коммунальных услугах (ЖКУ), находящуюся в сфере государственного регулирования и местного управления. Система управления объектами ЖКХ – комплекс организационных структур, необходимых для обеспечения эффективного использования объектов ЖКХ и поддержания баланса интересов государства, поставщиков и потребителей коммунальных услуг. К объектам ЖКХ относятся: жилищный фонд; объекты инженерной инфраструктуры, благоустройства, санитарной очистки территории. Субъектами управления ЖКХ являются организации, учреждения, органы, осуществляющие управление экономическими объектами, процессами, отношениями [1].

Эффективность системы управления можно определить не только как соотношение результатов и затрат, но и как степень соответствия полученных результатов ожиданиям субъектов. Эти ожидания зависят не только от произведенных затрат ресурсов, времени, капитала, но и, в не меньшей степени, от информации о результатах функционирования аналогичных или подобных объектов в сопоставимых условиях [2].

Жилищно-коммунальное хозяйство как отрасль народного хозяйства существует и развивается под воздействием различных факторов. Факторы могут оказывать влияние как непосредственно, так и опосредованно. В свою очередь, воздействие, оказываемое фактором на систему управления объектами ЖКХ, может быть как негативным, так и позитивным. Степень воздействия фактора зависит от величины, интенсивности, качественной составляющей фактора. Главная задача исследования – разработка механизма упорядочения факторов разных качественных групп в порядке возрастания общего признака (ранжирование).

Анализ наиболее важных факторов, оказывающих влияние на эффективность системы управления объектами ЖКХ, выполнен авторами в два этапа: на первом этапе осуществлено объединение факторов в группы на основе содержательной интерпретации каждого фактора (PEST-анализ); на втором этапе проведена количественная оценка влияния отобранных факторов (контент-анализ).

Основная задача PEST-анализа [3, 4, 5, 6] – выявление политических (Political), экономических (Economic), социальных (Social) и технологических (Technological)

факторов внешней среды, которые влияют на сферу деятельности предприятия (группы предприятий) определённой отрасли. В данной работе использован PESTL-анализ – классический PEST-анализ, дополненный группой правовых (legal) факторов.

Были выделены четыре основные группы факторов, оказывающих наибольшее влияние на эффективность системы управления объектами ЖКХ на уровне муниципального образования.

I. Политико-правовые:

– *Нормативно-правовая база* (Муниципальные органы определяют цели, условия и порядок деятельности подведомственных предприятий и учреждений, осуществляют отраслевую координацию. Муниципальный административный орган по управлению ЖКХ осуществляет контроль за работой управляющих компаний);

– *Бюрократия и коррупция* (Бюрократия определяется степенью влияния государственного аппарата в сфере ЖКХ. Коррупция – использование должностными лицами своего служебного положения в целях получения личной выгоды);

– *Развитие правовых отношений между субъектами ЖКХ* (Соблюдение правовых норм субъектами муниципального ЖКХ. Субъектами в данном случае являются органы местного самоуправления, обслуживающие и управляющие организации, собственники жилищного фонда, товарищества собственников жилья, жилищные и жилищно-строительные кооперативы).

II. Экономические:

1) Финансово-экономические:

– *Уровень инвестиционной привлекательности регионального ЖКХ* (Желание инвесторов вкладывать финансовые средства в развитие муниципального ЖКХ);

– *Обеспеченность собственным капиталом* (Собственный капитал необходим для содержания существующих объектов ЖКХ и претворения в жизнь стратегий по развитию коммунальной сферы);

– *Привлечение инвестиций в сферу ЖКХ* (Заключение концессионных соглашений, организация государственно-частных партнёрств и др.).

2) Организационно-экономические:

– *Конкуренция между предприятиями ЖКХ* (Многие предприятия сферы ЖКХ являются естественными монополистами (Газпром, РАО ЕЭС, местные монополисты: предприятия водоснабжения, ТЭЦ). Бороться за потребителя должны управляющие компании и подрядные организации);

– *Контроль качества оказываемых услуг* (Система контроля качества как посыл к улучшению показателей качества продукции);

– *Уровень квалификации работников* (Способность производственного персонала выполнять поручения определённого уровня сложности);

– *Структура муниципального ЖКХ* (Наличие средних, мелких и крупных предприятий и управляющих компаний, их процентное соотношение);

– *Профессиональные союзы*. (Отстаивание интересов, совместное решение проблем, коллективное влияние на социально-экономические, политico-правовые и иные аспекты развития жилищно-коммунального комплекса).

III. Социальные факторы:

– *Демографическая структура населения* (Соотношение между различными группами людей. Выделяют половые, возрастные, семейные, доходные, конфессиональные, языковые группы. Из перечисленных групп первые три оказывают наибольшее влияние на систему управления объектами ЖКХ);

– *Активность населения* (В современных российских условиях люди реально могут влиять на обустройство придомовых территорий, политику управляющих компаний. Однако для достижения результата жалобы и обращения должны быть массовыми).

IV. Технологические факторы:

– *Состояние коммунальной инфраструктуры* (Исправные коммунальные сети – основа качественных ЖКУ. По мере износа инфраструктуры увеличивается количество аварий. Возникает необходимость в ремонтных работах, требующих дополнительных

затрат. При этом нельзя не учитывать неудобства, вызванные отключением воды или электроэнергии);

– *Фондоооруженность* (Степень оснащенности работников предприятий сферы материального производства основными производственными фондами (средствами));

– *Трудоемкость выполнения работ* (Трудоемкость продукции представляет собой затраты рабочего времени на производство единицы продукции в натуральном выражении по всей номенклатуре выпускаемой продукции или оказываемых услуг);

– *Наличие производственных мощностей* (Максимальный возможный выпуск продукции производственной единицей (комплекс предприятий муниципального ЖКХ, отдельное предприятие, подразделение) за определенный период);

– *Уровень внедрения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ* (Влияет на степень проникновения новых изобретений в производство);

– *Износ основных фондов* (Износ основных фондов приводит к потребности в модернизации и замене фондов);

– *Внедрение новых технологий* (Применение информационных систем, систем дистанционного снятия показаний приборов учёта; использование полимерных труб, качественных теплоизоляционных материалов, современного насосного оборудования и др. Влияет на себестоимость конечной продукции, качество, скорость проведения работ).

Необходимо отметить, что факторы федерального и регионального уровней (политическая и экономическая стратегии государства, налоговая политика государства, развитие производственно-экономических связей между регионами и др.) выходят за рамки проводимого исследования, поэтому не рассматривались. Правовые и политические факторы объединены в одну группу, поскольку сферы влияния политики и права неразрывно связаны между собой.

Для устранения субъективных оценок при ранжировании выделенных четырёх групп факторов на втором этапе исследования был применен контент-анализ.

Контент-анализ используется отечественными исследователями как смешанный количественно-качественный анализ текстов, проводимый в целях выявления числовых закономерностей и их последующей содержательной интерпретации [7, 8, 9, 10]. Этот метод получил широкое распространение в таких сферах, как политика, лингвистика, психология, педагогика, маркетинг и в меньшей степени в исследованиях экономического характера. При этом работы, связанные с использованием поисковых систем в контент-анализе, авторам не встречались.

Необходимо отметить, что не все документы могут стать объектом контент-анализа. Требуется, чтобы исследуемое содержание позволило задать однозначное правило для надежного фиксирования нужных характеристик (принцип формализации), а также, чтобы интересующие исследователя элементы содержания встречались с достаточной частотой (принцип статистической значимости). Чаще всего в качестве объектов исследования контент-анализа выступают сообщения печати, радио, телевидения, протоколы собраний, письма, приказы, распоряжения и т.д., а также данные свободных интервью и открытые вопросы анкет.

Контент-анализ факторов, влияющих на развитие системы управления объектами ЖКХ, проводился в пять этапов.

На первом этапе определяется совокупность изучаемых источников и задаётся набор критериев, которым должно отвечать каждое упоминание.

В данной работе поиск осуществлялся в сети Интернет – универсальной и легкодоступной информационной базе. Основное достоинство работы в сети Интернет – большое количество документов, касающихся ЖКХ, и отзывов людей разных возрастных, профессиональных и социальных групп. В соответствии с общей формулировкой закона больших чисел «совместное действие большого числа одинаковых и независимых случайных факторов приводит к результату, в пределе не зависящему от случая» [11].

Анализируя возможности наиболее популярных систем поиска в России (Яндекс и Google), авторы солидарны с имеющимися мнениями [12, 13, 14, 15] о целесообразности использования Google. Основное преимущество – ориентированность Google на поиск по

информационным запросам (предметы, понятия). Наряду с этим использование Яндекса предпочтительно для поиска по запросам в коммерческой сфере (услуги, предприятия, магазины).

Кроме того, использование системы Google имеет ряд преимуществ перед классической процедурой контент-анализа:

- 1) с помощью формы «Расширенный поиск» можно задавать определённые критерии поиска;
- 2) высокая скорость получения результатов;
- 3) большой объём анализируемых источников;
- 4) возможность использования логических операторов, масок;
- 5) возможность ограничения поиска заголовком страницы.

Основной недостаток машинного анализа текстов – предоставление результатов в общем виде без анализа контекстуального употребления запрашиваемых словосочетаний.

В данном исследовании были заданы следующие критерии поиска:

- поиск результатов только на русском языке;
- тип сообщений – «все результаты» (любые материалы, содержание которых соответствует запросу: пресса, видео, новости, блоги и др.);
- соответствие наименования запроса общему смыслу материала (поиск по релевантности);
- время появления сообщений – последний год.

На втором этапе проводится выделение единиц анализа.

В качестве минимальной единицы анализа и счёта в данной работе выбрана тема (единица, характеризующая объект), совпадающая с названием фактора, влияющего на развитие системы управления объектами ЖКХ (Ф). Темы объединены в подкатегории. Содержание и название подкатегории совпадает с группой факторов (ГР).

На третьем этапе выделяются единицы счёта.

В проводимом исследовании единицы счёта отражают существенные черты смысловых единиц. Форма записи единиц счёта соответствует требованиям, предъявляемым к запросам в поисковой системе Google (простота, релевантность, значимость), а процедура анализа сводится к подсчету частоты упоминания смысловых единиц.

На четвёртом этапе осуществляется подсчёт смысловых единиц. Результаты подсчёта следует представить в табличной форме (табл.).

Таблица

**Факторы, оказывающие влияние на эффективность системы управления
объектами муниципального ЖКХ (дата: 15 марта 2013 года)**

Обозначение	Факторы	Запрос	Единицы счёта	
			Частота упоминания абсолютная, раз	Частота упоминания относительная, %
ГР I	Политико-правовые		97 900	15
Ф 1	Нормативно-правовая база ЖКХ	[нормативно-правовая база муниципальн [*] ЖКХ]	59 700	9
Ф 2	Бюрократия и коррупция	[бюрократия и коррупция ЖКХ]	19 000	3
Ф 3	Развитие правовых отношений между субъектами ЖКХ	[правовые отношения между субъектами муниципальн [*] ЖКХ]	19 200	3

Продолжение таблицы

ГР II	Финансово-экономические		115 110	18
Ф 1	Уровень инвестиционной привлекательности регионального ЖКХ	[инвестиционная привлекательность муниципальн* ЖКХ]	29 200	4
Ф 2	Обеспеченность собственным капиталом предприятий ЖКХ	[собственный капитал муниципальн* предприятий ЖКХ]	9 610	2
Ф 3	Привлечение инвестиций в сферу ЖКХ	[инвестиции сферы муниципальн* ЖКХ]	76 300	12
ГР III	Организационно-экономические		224 700	34
Ф 4	Конкуренция между предприятиями ЖКХ	[конкуренция между предприятиями муниципальн* ЖКХ]	19 000	3
Ф 5	Контроль качества оказываемых услуг	[контроль качества услуг предприятий муниципальн* ЖКХ]	43 000	7
Ф 6	Уровень квалификации работников	[квалификация работников муниципальн* ЖКХ]	26 500	4
Ф 7	Структура муниципального ЖКХ	[Структура муниципальн. ЖКХ]	121 000	18
Ф 8	Профессиональные союзы	[профессиональные союзы муниципальн* ЖКХ]	15 200	2
ГР IV	Социальные		132 500	20
Ф 1	Демографическая структура населения	[демографическая структура населения ЖКХ]	24 500	4
Ф 2	Активность населения	[активность населения ЖКХ]	108 000	16
ГР IV	Технологические		87 652	13
Ф 1	Состояние коммунальной инфраструктуры	[состояние коммунальной инфраструктуры муниципальн* ЖКХ]	31 200	4,7
Ф 2	Фондооружённость	[фондооружённость работников муниципальн* ЖКХ]	85	0,01≈0
Ф 3	Трудоёмкость выполнения работ	[трудоёмкость выполнения работ муниципальн* ЖКХ]	627	0,09≈0
Ф 4	Наличие производственных мощностей	[производственные мощности муниципальн* ЖКХ]	22 400	3,3
Ф 5	Уровень внедрения НИОКР	[внедрение проектов НИОКР муниципальн* ЖКХ]	1 730	0,2≈0
Ф 6	Износ основных фондов	[износ основных фондов муниципальн* ЖКХ]	8 050	1,2
Ф 7	Внедрение новых технологий	[Внедрение новых технологий муниципальн* ЖКХ]	22 300	3,3
Итого:			657 862	100

Примечание к таблице: в графе «Запрос» в квадратных скобках приводятся (дословно) используемые поисковые запросы. При формировании запросов использовался один из инструментов поиска Google – маска «*». Назначение маски в данном случае – поиск с учётом всех окончаний прилагательного «муниципальный».

На пятом этапе проводится анализ данных таблицы.

По абсолютной частоте все факторы можно объединить в три группы: до 10 000 упоминаний, 10 000-50 000 упоминаний и выше 50 000. Факторы технологической группы упоминаются реже остальных групп, что вполне логично, поскольку основные проблемы ЖКХ в России вызваны несовершенством системы управления объектами в

этой сфере. В последнюю группу следует отнести такие факторы, как: нормативно-правовая база ЖКХ, привлечение инвестиций в сферу ЖКХ, структура муниципального ЖКХ и активность населения в сфере ЖКХ.

Необходимо отметить, что помимо организации структуры данных приведённая таблица позволяет наглядно представить группы факторов и своим содержанием раскрывает сущность единиц счёта и подкатегорий. Кроме того, таблицу можно использовать в качестве основы для построения иерархической модели системы управления (дерево свойств).

Обобщая вышесказанное, отметим, что предлагаемый способ проведения отбора факторов целесообразно применять в исследованиях, связанных с изучением сложных социально-экономических систем (в том числе и ЖКХ). Зачастую основная трудность заключается в сложности формализации процессов внутри таких систем. Экспертная оценка большого количества факторов представляет собой сложную, трудоёмкую и в некоторых случаях не осуществимую на практике процедуру (по ряду специфических вопросов сложно найти требуемое количество компетентных специалистов и затруднительно в сжатые сроки качественно осуществить все процедуры выбранного экспертного метода).

Предлагаемый способ проведения анализов позволяет быстро и эффективно выбрать наиболее весомые группы факторов, оказывающих влияние на результативный признак в разнообразных экономических исследованиях, с последующим детальным анализом и формализацией.

Список литературы

1. Субъект управления. // 2003-2012 гг. Glossword.info. URL: <http://glossword.info/index.php/list/34-ekonomicheskij-slovar-/4,C,U,.xhtml/> (дата обращения: 14.03.2013).
2. Букин С.Н., Хаметов Т.И. Определение показателей эффективности управления объектами жилищно-коммунального хозяйства в составе земельно-имущественного комплекса // Сб. научных трудов «Материалы VIII Международной научно-практической конференции». – Пенза: ПГУАС, 2012. – С. 27-30.
3. Gerald Michaluk. The marketing director's role in business planning and corporate governance. Padstow: Publishing house «Great Britain by TJ International Ltd, Padstow, Cornwall, UK», 2007. – 296 p.
4. Литвинова Е.М. Анализ конкурентной обстановки строительной организации в городе Москва // Вестник академии, 2011, № 2. – С. 95-98.
5. Канунников А.В. Инструменты стратегического управления промышленными предприятиями // Социально-экономические явления и процессы, 2012, № 2. – С. 63-70.
6. Хажокова С. С. Факторы, оказывающие воздействие на функционирование и развитие региональной экономики // Новые технологии, 2011, № 2. – С. 146-150
7. Ядов В. А. Стратегия социологического исследования. – М.: Изд-во: «Академкнига ИКЦ», 2003. – 596 с.
8. Дмитриев Д.В. Кластерный и контент-анализ инновационного развития промышленного производства Пермского края // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Социально-экономические науки. 2011, № 9. – С. 16-25.
9. Сюлина А.В., Плотникова Е.Б. Тема частно-государственного партнёрства в печатных СМИ: опыт контент-анализа // Вестник Пермского университета. Философия. Психология. Социология, 2010, Т. 1. № 2. – С. 121-126.
10. Контент-анализ // Википедия. Свободная энциклопедия. URL: <http://ru.wikipedia.org/wiki/Контент-анализ> (дата обращения: 15.03.2013).
11. Закон больших чисел // Википедия. Свободная энциклопедия. URL: http://ru.wikipedia.org/wiki/Закон_больших_чисел (дата обращения: 19.05.2013).
12. Интернет-маркетинг от первого лица // 2010-2013 Игорь Кириченко – веб-аналитика, SEO. URL: <http://www.webideal.ru/article/kachestvo/> (дата обращения: 16.03.2013).

13. Google и Яндекс – общие моменты в развитии и становлении поисковых систем // KtoNaNovenkogo.ru, 2009-2013 гг. URL: <http://ktonanovenkogo.ru/seo/search/google-gugl-istoriya-poiskovoj-sisteme.html#google-gugl-1> (дата обращения: 16.03.2013).
14. Возможности Google-поиска // VisMech.ru. URL: <http://vismech.ru/google/vozmozhnosti-google-poiska/> (дата обращения: 16.03.2013).
15. Базовые возможности поиска через Яндекс // 1998-2013 Яндекс. URL: <http://help.yandex.ru/search/> (дата обращения: 16.03.2013).

Khametov T.I. – doctor of economic sciences, professor

Bookin S.N. – post-graduate student

E-mail: sergei.abcdefg@yandex.ru

Penza State University of Architecture and Construction

The organization address: 440028, Russia, Penza, G. Titova st., 28

Allocation of the significant factors affecting the efficiency of the system of management of objects of housing and communal services

Resume

Housing and communal services as a branch of national economy exist and develop under the influence of different factors. These factors may influence both directly and indirectly. In its turn the influence of the factor upon the system of housing and communal services management may become negative as well as positive. The extent of the factor influence depends on the magnitude (quantity), intensity and qualitative structure of the factor. The aim of this research is to work out the classification mechanism of different qualitative groups of factors in accordance with their general characteristics increase.

The analyses of the most important factors affecting efficiency of housing and communal services system of management will be carried out in two steps: in the first step the joining of the factors into groups on the base of content interpretation of each factor (PEST-analysis) will be carried out; in the second step the qualitative evaluation of the chosen factors influence is done.

The main task of the PEST-analysis is to real political, economic, social and technological factors of the environment which influence the sphere of an enterprise (or a group of enterprises) activities in a certain field. PEST-analyses being classical PEST analyses added by a group of legal factors are used in this work.

To eliminate any subjective evaluation of the chosen factors at their ranging the content analysis was used in the second step. Content analysis is used by native researchers as combined quantitative and qualitative text analysis that is carried out with the aim to reveal numerical regularity and their further content interpretation.

The offered directions for carrying out the factors analysis are advisable for the primary choice of the most convincing groups of factors sharing the greatest influence on the resultative characteristics in different economic investigations with their further detailed analysis and formalization.

Keywords: objects of housing and communal services, system of management, PEST-analyses, content analysis, a group of factors.

References

1. Subject of Management // 2003-2012, Glossword.info. URL: <http://glossword.info/index.php/list/34-ekonomicheskij-slovar-/4,C,Y,.xhtml/> (date of reference: 14.03.2013).
2. Bukin S.N., Khametov T.I. Definition of Management Efficiency of Communal Services Objects within Land and Territory Structure // Collection of proceedings «Materials of 8-th International Scientific research conference». – Penza: PGUAS, 2012. – P. 27-30.
3. Gerald Michaluk. The marketing director's role in business planning and corporate governance. Padstow: Publishing house «Great Britain by TJ International Ltd, Padstow, Cornwall, UK», 2007. – 296 p.

4. Litvinova E.M. The analyses of Competitive Circumstances at Construction Enterprise in Moscow // Academy Vestnic, 2011, № 2. – P. 95-98.
5. Kanunnikov A.V. Instruments of Strategic Management of Industrial Enterprises // Social and Economic Phenomena and Features, 2012, № 2. – P. 63-70.
6. Hashokova S.S. Factors Affecting Functioning and Development of Regional Economy // New Technology, 2011, № 2. – P. 146-150.
7. Yadov V.A. Social Survey Strategy. – M.: Izd-vo: «Academkniga IKS», 2003. – 596 p.
8. Dmitriev D.V. Cluster and Content Analysis of Innovation Development of Industrial Production in Perm Region // Vestnic of Perm National Research Polytechnic University. Social and Economic Sciens. 2011, № 9. – P. 16-25.
9. Siulina A.V., Plotnicova E.B. Private and State Partnership in Publishing Mass Media: the Experience of Content Analysis // Vestnic of the University of Perm. Philosophy. Psychology. Sociology, 2010, T. 1, № 2. – P. 121-126.
10. Content Analyses // Wikipedia. Free Encyclopedia. URL: <http://ru.wikipedia.org/wiki/Контент-анализ> (date of reference: 15.03.2013).
11. The law of large numbers // Wikipedia. Free Encyclopedia. URL: http://ru.wikipedia.org/wiki/Закон_больших_чисел (date of reference: 19.05.2013).
12. Internet Marketing from the first person // 2010-2013 Igor Kurichenko – web-analitica, SEO. URL: <http://www.webideal.ru/article/kachestvo/> (date of reference: 16.03.2013).
13. Google и Yandex – general moments in formation and development of search system // KtoNaNovenkogo.ru, 2009-2013. URL: <http://ktonanovenkogo.ru/seo/search/google-gugl-istoriya-poiskovoj-sisteme.html#google-gugl-1> (date of reference: 16.03.2013).
14. Changes of Google Search // VisMech.ru. URL: <http://vismech.ru/google/vozmozhnosti-google-poiska/> (date of reference: 16.03.2013).
15. Basic Changes of Search by means of Yandex // 1998-2013 Yandex. URL: <http://help.yandex.ru/search/> (date of reference: 16.03.2013).

УДК 539.3

Каюмов Р.А. – доктор физико-математических наук, профессор
E-mail: kayumov@rambler.ru

Шакирзянов Р.А. – кандидат технических наук, профессор
E-mail: rashitagl@mail.ru

Шакирзянов Ф.Р. – кандидат физико-математических наук, ассистент
E-mail: faribox@mail.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, Зеленая, д. 1

Богачев М.И. – кандидат технических наук, научный сотрудник
E-mail: rogex@yandex.com

**Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет
«ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)**
Адрес организации: 197376, С.-Петербург, ул. Профессора Попова, д. 5

Адаптация методов строительной механики к моделированию поведения челюсти с имплантатом¹

Аннотация

Предлагается методика определения предельной нагрузки, приложенной через имплантаты на нижнюю челюсть человека. Двусторонняя ее оценка проводится на основе статической и кинематической теорем теории предельного равновесия. В качестве критерия прочности материала челюсти принимается критерий Мизеса. Задача решается методом конечных элементов с использованием восьмиузлового изопараметрического трехмерного конечного элемента. Проводятся исследования предложенного метода с точки зрения сходимости по количеству элементов, шагов по времени и числа итераций при вычислении коэффициента предельной нагрузки.

Ключевые слова: механика, предельная нагрузка, метод конечных элементов.

Введение

Полное отсутствие зубов приводит к значительным морфофункциональным изменениям в челюстно-лицевой системе, а также к социальной дезадаптации человека. Среди людей, нуждающихся в зубном протезировании, доля пациентов с полным отсутствием зубов составляет 18 %, а в возрастной группе старше 60 лет достигает 25 %.

Для протезирования пациентов с полным отсутствием зубов в настоящее время предложено множество вариантов расположения дентальных имплантатов. Но в повседневной практике врачам-стоматологам и зубным техникам, занимающимся конструированием зубных протезов на имплантатах, приходится эмпирически решать инженерные задачи, не обладая четкими представлениями об особенностях деформирования протезов под нагрузкой, не имея результатов их расчетов на прочность и жесткость, без точного знания механических свойств и поведения опорных тканей зубочелюстной системы.

За последние десятилетия наметился поистине инженерный подход к созданию ортопедических конструкций, который предусматривает применение современных технических знаний: сопротивления материалов, строительной механики, теории упругости и пластичности [1, 7, 9].

Анализ работ [11], посвященных изучению биомеханики различных протезных конструкций с опорой на дентальные внутрикостные имплантаты методом трехмерного математического моделирования, показал, что часто в данных работах моделировался лишь фрагмент какого-либо из отделов нижней челюсти, а результаты их исследований ограничивались лишь численным расчетом напряженно-деформированного состояния (НДС) в опорных тканях.

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ в рамках ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 годы (Соглашение № 14.B37.21.2080).

Однако анализ источников [12] свидетельствует о существенном влиянии различных ортопедических конструкций с опорой на имплантаты на картину НДС всей нижней челюсти. Окклюзионная нагрузка на внутрикостный имплантат зависит от многих факторов: от количества и локализации имплантатов и естественных зубов, способа фиксации протезов с опорой на имплантаты, длины промежуточной части, характера окклюзионных контактов при жевании, состояния антагонистов и т.д. [8].

При планировании съемных протезов с опорой на имплантаты обоснование выбора расположения имплантатов в нижней челюсти почти не проводилось [6]. Кроме того, отсутствуют работы по определению предельной нагрузки, которую может выдержать нижняя челюсть, загруженная через имплантаты. Научно обоснованный выбор конструкции и материалов несъемного протеза с опорой на дентальные имплантаты возможен на основе анализа НДС и предельной нагрузки системы имплантат-челюсть, что позволит создавать индивидуализированные ортопедические конструкции, которые обеспечат минимальный уровень интенсивности атрофических процессов в опорных тканях, наиболее адекватное биомеханическое взаимодействие на границе кость-имплантат.

1. Постановка задачи

Целью настоящего исследования является разработка методики оценки предельной нагрузки нижней челюсти с имплантантами на основе кинематической и статической теорем теории предельного равновесия.

Максимальная нагрузка q_* , которую может выдержать система «имплантат – нижняя челюсть», в данной работе определяется методом вариации упругих характеристик [3, 4, 5], который позволяет получать нижнюю и верхнюю оценки предельной нагрузки без привлечения обычно применяемого сложного математического аппарата, представляющего собой задачу минимизации некоторой функции цели при нелинейных ограничениях.

Пусть уравнение поверхности текучести имеет вид:

$$f(\{\sigma\}) = 1, \quad (1)$$

где $\{\sigma\}$ – вектор напряжений.

Из принципа максимума Мизеса (см. например [2, 13]) вытекает закон пластического течения:

$$d\{\varepsilon^P\} = d\mu \frac{\partial f(\{\sigma\})}{\partial \{\sigma\}}. \quad (2)$$

Здесь $d\mu$ – вектор, коллинеарный нормали к поверхности текучести (1).

В качестве критерия прочности (1) для челюсти и имплантанта принимается обобщенный критерий Мизеса, который в матричной форме записывается в виде:

$$(\{\sigma\} - \{s\})^T [A](\{\sigma\} - \{s\}) = 1, \quad (3)$$

где

$$s = \{s_1 \ s_1 \ s_1 \ 0 \ 0 \ 0\}^T$$

– вектор, определяемый координатами центра эллипсоида в пространстве напряжений, $s_1 = \frac{a_{11}(-\sigma_c + \sigma_p)}{2(a_{11} + 2a_{12})}$, $a_{11} = 1$, $a_{12} = -0,5$, $a_{44} = 3$, σ_p и σ_c – пределы прочности на растяжение и сжатие.

$$[A] = \frac{1}{k_f} \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{12} & 0 & 0 & 0 \\ a_{12} & a_{11} & a_{12} & 0 & 0 & 0 \\ a_{12} & a_{12} & a_{11} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & a_{44} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & a_{44} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & a_{44} \end{pmatrix},$$

$$k_f = \frac{a_{11}(8a_{12}\sigma_c\sigma_p + a_{11}(3\sigma_c^2 - 2\sigma_c\sigma_p + 3\sigma_p^2))}{4(a_{11} + 2a_{12})}.$$

Если матрица $[A]$ является неособенной, из соотношений (1) и (2) можно получить выражение для напряжений, удовлетворяющих соотношению (1):

$$\{\sigma_+\} = \frac{[A]^{-1}}{\sqrt{\{\xi\}^T [A]^{-1} \{\xi\}}} \{\xi\} + \{s\}, \quad (4)$$

где $\{\xi\} = \{\varepsilon\}/\Theta$ – вектор скорости пластических деформаций, Θ – константа размерности «времени», описывающего процесс деформирования.

Согласно статической теореме, напряжения должны удовлетворять уравнениям равновесия и не выходить за пределы поверхности текучести. В теории предельного равновесия статическая теорема может быть записана в виде:

$$\int_{\Omega} \{\sigma_-\}^T \{\xi^+\} d\Omega \leq \int_{\Omega} \{q_*\}^T \{u^+\} d\Omega + \int_S \{P_*\}^T \{u^+\} dS, \quad (5)$$

где $\{q_*\}$, $\{P_*\}$ – компоненты объемных и поверхностных предельных нагрузок, $\{u^+\}$, $\{\xi^+\}$ – кинематически возможные поля скоростей перемещений и скоростей пластических деформаций.

Запишем уравнение равновесия в операторной форме:

$$L(\{\sigma\}) = \{Q^*\}, \quad (6)$$

где нагрузка $\{Q^*\}$ имеет вид:

$$\{Q^*\} = \{Q_c\} + \{Q_o\}\theta.$$

Здесь $\{Q_c\}$ – постоянная нагрузка (например, удельный вес), $\{Q_o\}$ – внешняя нормированная нагрузка, θ – параметр нагрузки.

Чтобы свести задачу к случаю равнопрочного материала, введем обозначение [4, 5]:

$$\{\tau_0\} = \frac{\{\sigma\} - \{s\}}{\theta} \quad (7)$$

Тогда уравнение (6) примет вид:

$$L(\{\tau_0\}) = \frac{\{q_c\}}{\theta} + \{q_0\} - \frac{L(\{s\})}{\theta}. \quad (8)$$

Напряжения не должны выходить за пределы поверхности текучести, но можно допустить, что в некоторой точке они могут выйти на поверхность текучести. В этом случае нижняя граница коэффициента предельной нагрузки будет определяться соотношением [3-5]:

$$\theta_- \cdot \max_x \sqrt{f(\{\tau_0\})} = 1. \quad (9)$$

Таким образом, задача отыскания коэффициента предельной нагрузки снизу θ_- сводится к системе нелинейных уравнений (8), (9) относительно перемещений. Решать эти уравнения удобно методом простых итераций.

Однако матрица $[A]$ в традиционном критерии Мизеса, применимом в случае равнопрочных материалов, является особенной. Поэтому при вычислении $[A]^{-1}$ в уравнении (4) воспользуемся тем, что при оценке предельной нагрузки снизу можно выбирать любые поверхности, вложенные в исходную. Поэтому в численном эксперименте было принято чуть измененное значение $a_{12} = -0,45$.

Согласно [3-5], результаты, полученные при определении нижней границы, можно использовать для отыскания верхней границы θ_+ . В соответствии с кинематической теоремой, верхняя граница коэффициента предельной нагрузки θ_+ может быть вычислена как отношение работы пластических деформаций к работе внешних сил:

$$\theta_+ = \frac{W}{U} = \frac{\int_{\Omega} \{\sigma_+\}^T \{\varepsilon^+\} d\Omega - \int_{\Omega} \{q_c\}^T \{u^+\} d\Omega}{\int_{\Omega} \{q_0\}^T \{u^+\} dS}, \quad (10)$$

где $\{\sigma_+\}$ определяется соотношениями (4).

2. Решение модельной задачи

Рассматривается задача оценки предельного состояния несущей способности нижней челюсти с четыремя имплантатами (рис. 1).

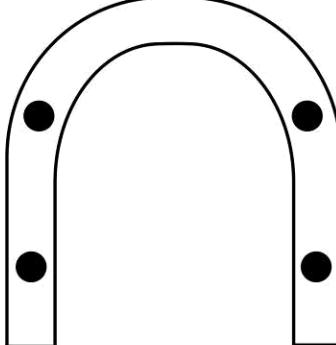


Рис. 1. Модельная задача

Костная ткань и имплантат из никель-титанового сплава рассматриваются как однородные изотропные материалы с известными свойствами. Так как имплантат вкручивается в кость нижней челюсти по резьбе, принимается, что кость и имплантат связаны жестко. Границные условия закрепления нижней челюсти по концам принимаются в виде заделок. Считается, что нагрузка на челюсть передается через имплантаты. Физико-механические свойства материалов приведены в таблице.

Таблица

Физико-механические свойства материалов [8]

Материал	Модуль упругости E , [МПа]	Коэффициент Пуассона ν	Предел прочности $[\sigma]$, [МПа]
Никель-титановый сплав	$1,12 \times 10^5$	0,33	280
Кортикальный слой кости	$2,0 \times 10^4$	0,3	45

Задача определения предельной нагрузки для нижней челюсти с имплантатами решалась методом конечных элементов (МКЭ), в котором разрешающее уравнение получается путем дискретизации объекта расчета и его разбиения на конечные элементы (КЭ). Так как геометрия нижней челюсти в плане имеет подковообразную форму, а в поперечном сечении – местами форму гантели, местами эллиптическое очертание, была разработана методика разбиения объекта исследования на КЭ по заданным размерам челюсти и имплантатов при разных вариантах расположения имплантатов.

Для решения задачи была разработана компьютерная программа расчета, написанная на языке C++. В рамках этой программы реализованы восьмиузловой КЭ, процедуры описания геометрии челюсти с имплантатами, ее разбиения на конечные элементы и алгоритм расчета МКЭ. Кроме того, реализована постпроцессорная процедура аппроксимации напряжений методом сопряженных функций [10].

Из-за большой разницы модулей упругости кости и имплантата, напряжения, получаемые на их границе, сильно различаются. Поэтому аппроксимация проводилась для каждой подобласти отдельно.

Процедура визуализации позволяет просматривать поля напряжений и деформаций, устанавливать наиболее напряженные участки объекта исследования.

На рис. 2 представлен график сходимости коэффициента предельной нагрузки снизу и сверху в зависимости от числа итераций.

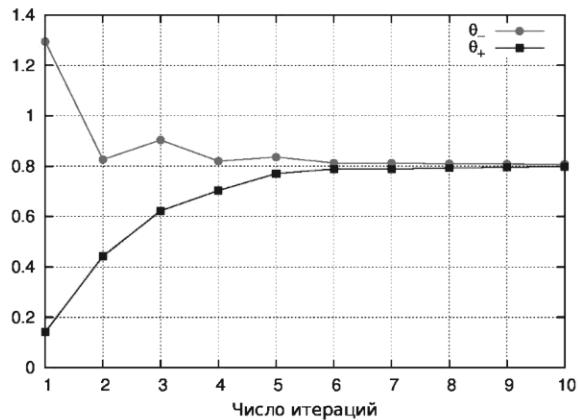


Рис. 2.

При численном анализе были проведены исследования предложенного метода с точки зрения сходимости по количеству элементов, числу итераций при вычислении коэффициента предельной нагрузки θ . Оптимальными считались такие их значения, при которых дальнейшее удвоение приводило к изменению НДС и значений θ_- , θ_+ не более чем на 1 %. Некоторые рекомендации по выбору параметров итерационного процесса вычисления предельной нагрузки можно найти в работах [3-5].

На рис. 3 представлена диаграмма распределения скоростей перемещений в предельном состоянии, полученная численным методом.

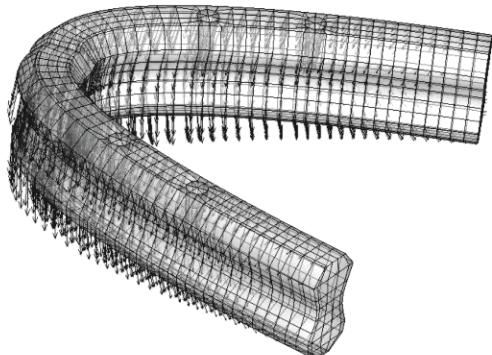


Рис. 3.

На рис. 4 дана картина распределения функции (1), определяющей уровень напряженного состояния при установке двух имплантатов в каждой (левой и правой) половине челюсти.

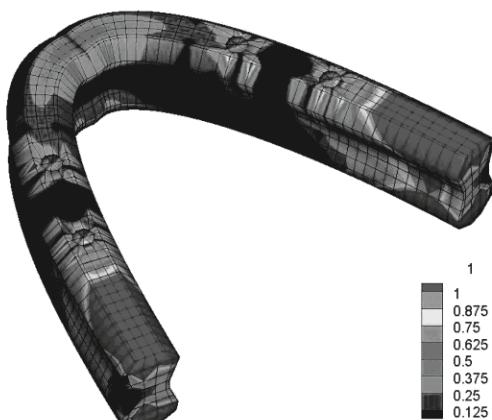


Рис. 4.

Выводы

Ввиду сложности геометрии объекта, программа расчета позволяет автоматизировать процесс построения конечноэлементной упрощенной модели челюсти по некоторым геометрическим характеристикам. Изменение расположения имплантатов, геометрии имплантатов и разбивка на КЭ также осуществляются достаточно просто. Поэтому построенная трехмерная математическая модель позволяет учитывать основные геометрические особенности внутреннего строения нижней челюсти пациента.

Созданная методика открывает возможности изучения НДС и предельной нагрузки костной ткани нижней челюсти человека в зависимости от количества, местоположения и способа нагружения зубных имплантатов. Поэтому она может быть с успехом применена для решения конкретных задач по определению оптимального количества и мест установки дентальных имплантатов нижней челюсти человека.

Список литературы

1. Воробьев В.А., Ратинер Т.М. Атлас напряженных состояний дентальных имплантатных систем. – Ангарск, 1997. – 40 с.
2. Качанов Л.М. Основы теории пластичности. – М.: Наука, 1969.
3. Каюмов Р.А. Метод вариации упругих характеристик в задаче о предельной нагрузке // Журнал ПМТФ, 1990, № 3. – С. 134-139.
4. Каюмов Р.А. Об одном методе двусторонней оценки предельной нагрузки // Проблемы прочности, 1992, № 1. – С. 51-55.
5. Каюмов Р.А. Об оценке несущей способности конструкции при произвольных условиях текучести // Журнал ПМТФ, 1993, № 1. – С. 115-120.
6. Каюмов Р.А., Шакирзянов Ф.Р., Хафизов Р.Г., Хайдаров И.Р., Миргазизов Р.М. Расчет напряженно-деформированного состояния челюсти с имплантатом // Проблемы нелинейной механики деформируемого твердого тела: Труды Второй международной конференции. – Казань: Казан. гос. ун-т, 2009. – С. 201-203.
7. Лазарев С.А. Изучение распределения внутренних напряжений в зубах и имплантате в конструкциях мостовидного протеза // Росс. Вестн. Дент. Имплантол, 2005, № 1/2 (9/10). – С. 34-36.
8. Матвеева А.И., Борисов А.Г., Гаврюшин С.С. Планирование ортопедического лечения больных с дефектами зубных рядов верхней челюсти с использованием математических методов // Стоматология, 2002, Т. 81, № 5. – С. 53-57.
9. Миргазизов Р.М., Изаксон М.В. Конечно-элементный анализ напряженно-деформированного состояния дентальных имплантатов и окружающей их костной ткани при неточной посадке литых каркасов. //Росс. Вестн. Дент. Имплантол, 2003, № 3/4.
10. Образцов И.Ф., Савельев Л.М., Хазанов Х.С. Метод конечных элементов в задачах строительной механики летательных аппаратов. – М.: Высш. шк., 1985. – 392 с.
11. Олесова В.Н., Балгурина О.С., Мушуев И.У., Переvezенцев А.П., Кравченко В.В., Разумный В.А., Маркин В.А. Характеристика напряженно-деформированного состояния в кортикальной костной ткани вокруг опорных зубов и под базисом малого седловидного протеза // Стоматология, 2003, № 1. – С. 55-60.
12. Ревякин А.В., Лебеденко И.Ю., Киришин М.А. Анализ напряженно-деформированного состояния системы беззубая нижняя челюсть – полный съемный протез с частичной опорой и фиксацией на имплантатах // Маэстро стоматологии, 2005, № 18. – С. 35-42.
13. Терегулов И.Г., Каюмов Р.А., Сибгатуллин Э.С. Расчет конструкции по теории предельного равновесия. – Казань: Фэн, 2003. – 180 с.

Kaiumov R.A. – doctor of physical and mathematical sciences, professor
E-mail: kayumov@rambler.ru

Shakiryanov R.A. – candidate of technical sciences, professor
E-mail: rashitagl@mail.ru

Shakiryanov F.R. – candidate of physical and mathematical sciences, assistant
E-mail: faritbox@mail.ru

Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Bogachev M.I. – candidate of technical sciences, scientist
E-mail: rogex@yandex.com

Saint Petersburg Electrotechnical University «LETI»

The organization address: 197376, Russia, St. Petersburg, Professora Popova st., 5

Adopting the methods of structural mechanics to the model behavior of the jaw with implants

Resume

A method of definition the limit load applied through the implants to the lower jaw is developed. Double-sided estimate is based on the static and cinematic theorems of limit equilibrium. Maximum load the system can be withstand in this paper is defined by the method of variation of the elastic characteristics, which allows to obtain upper and lower bounds of the limit load without using commonly used complex mathematical apparatus, which is a minimization problem some objective function with nonlinear constraints. The criterion of the material strength of jaw accepted the criterion of Mizes. The problem is solved by finite element method using isoparametric three dimensional finite elements with eight nodes. Developed the technique of splitting the object of research into finite elements given the dimensions of the jaw and implants at various options for the location of implants. The proposed method is studied from the point of view of convergence in the number of elements, of time steps and the number of iterations in the calculation of the limit load factor.

Keywords: mechanics, limit load, finite element method.

References

1. Vorobiev V.A., Ratiner T.M. Atlas stressed states of systems of dental implants. – Angarsk, 1997. – 40 p.
2. Kachanov L.M. The basis of plasticity theory. – M.: Nauka, 1969. – 420 p.
3. Kayumov R.A. The method of variation of the elastic characteristics of the problem of limit load // Journal of applied mechanics and technical physics, 1990, № 3. – P. 134-139.
4. Kayumov R.A. A method of two-sided estimate of the limit load // Problems of strength, 1992, № 1. – P. 51-55.
5. Kayumov R.A. An estimate of the carrying capacity of construction under the arbitrary strength conditions // Journal of applied mechanics and technical physics, 1993, № 1. – P. 115-120.
6. Kayumov R.A., Shakiryanov F.R., Hafizov R.G., Haydarov I.R., Mirgazizov R.M. The calculation of the stress-strain state of the jaw with implants // Problems of nonlinear solid mechanics: Proceedings of the second international common conference. – Kazan: Kazan. State. University Press, 2009. – P. 201-203.
7. Lazarev S.A. Study of the distribution of internal stresses in the teeth and implant in the construction of bridges // Ross. Vestn. Dent. Implantol, 2005, № 1/2 (9/10). – P. 34-36.
8. Matveeva A.I., Borisov A.G., Gavryushin S.S. Planning for orthopedic treatment of patients with defects of dentition in the upper jaw using the mathematical methods // Dentistry, 2002, V. 81, № 5. – P. 53-57.

9. Mirgazizov R.M., Isaacson M.V. Finite element analysis of the stress-strain state of dental implants and the surrounding bone tissue inaccurate landing cast frames // Ross. Vestn. Dent. Implantol, 2003, № 3/4.
10. Obrazcov I.F., Savelyev L.M., Khazanov H.S. The finite element method in problems of structural mechanics of aircraft. – M.: High school, 1985. – 392 p.
11. Olesova V.N., Balgurina O.S., Mushuev I.U., Perevezentsev A.P., Kravchenko V.V., Razumnii V.A., Markin V.A. Characteristics of stress-strain state in the cortical bone around abutment teeth and under the basis of small saddle prosthesis // Dentistry, 2003, № 1. – P. 55-60.
12. Revyakin A.V., Lebedenko I.J., Kiryushin M.A. Analysis of the stress-strain state of a toothless lower jaw – complete denture with partial support and fixation in implants // Maestro dentistry, 2005, № 18. – P. 35-42.
13. Teregulov I.G., Kayumov R.A., Sibgatullin E.S. Structural analysis on the theory of limiting equilibrium. – Kazan: Fen, 2003. – 180 p.



УДК 377

Сафин Р.С. – доктор педагогических наук, профессор

E-mail: safin@kgsu.ru

Корчагин Е.А. – доктор педагогических наук, профессор

Вильданов И.Э. – кандидат педагогических наук, доцент

Абитов Р.Н. – кандидат педагогических наук, доцент

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1

Профессиональное образование: ресурсы формирования личности компетентного строителя*

Аннотация

Профессиональное образование строителей рассматривается как единый целенаправленный процесс воспитания и обучения для формирования профессиональных компетенций, профессиональной культуры, обеспечивающих высокое качество трудовой деятельности выпускника, его нравственный облик, профессиональные мотивы, интересы, ценности. Формирование целостной личности будущего специалиста в процессе подготовки может быть достигнуто при реализации в единстве деятельностного, компетентностного и аксиологического подходов.

Ключевые слова: профессиональное образование, корпоративное образование, деятельностный, компетентный и аксиологический подходы, ценности строителей, единство профессионального обучения и профессионального воспитания.

Современное профессиональное образование в результате интенсивного развития науки, внедрения информационных технологий все больше ориентировано на выполнение социального заказа, то есть на подготовку и переподготовку рабочих и специалистов, знающих свои должностные обязанности и права, уверенно ориентирующихся в технологиях профессиональной деятельности.

Так, в жилищно-коммунальном комплексе Республики Татарстан реализуется программа подготовки и переподготовки кадров (утверждена распоряжением Кабинета Министров Республики Татарстан от 26.01.2012 г. № 100-р).

По результатам мониторинговых исследований, проведенных среди работодателей 155 предприятий и организаций жилищно-коммунального хозяйства из 33 муниципальных районов Республики Татарстан, потребность в подготовке кадров для предприятий ЖКХ на 2012-2016 годы составляет около 2,7 тыс. чел., более чем по 100 профессиям рабочих и специалистов.

В связи с этим в республике выработаны новые подходы к подготовке, переподготовке и повышению квалификации кадров в сфере жилищно-коммунального хозяйства.

В рамках реализации мероприятий по обучению приняты муниципальные программы. Это позволило в 2012 году повысить квалификацию 1 тыс. 134 специалистов организаций сферы ЖКХ. По словам министра строительства, архитектуры и жилищно-коммунального хозяйства Республики Татарстан И.Э. Файзуллина, по программам обучения в рамках государственного заказа будет подготовлено в этом учебном году порядка 5 тысяч квалифицированных кадров [6].

Однако при таком подходе не учитывается компонент профессионального образования, который отвечает за формирование личности, за профессиональное воспитание специалиста.

Хорошо известно, что образование – единый целенаправленный процесс воспитания и обучения. В структуре содержания образования это отражено в знаниях умениях, навыках и в ценностно-эмоциональном отношении-компоненте.

Педагогическая деятельность преподавателя вуза предполагает, что каждое занятие – это не просто грамотное с научной точки зрения изложение предметного материала, оно должно быть построено так, чтобы нести студенту и знания, и воспитательный заряд.

* Исследование выполнено при поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации. (Соглашение 14.B37.21.1008).

Как справедливо отмечает Н.Н. Истомина в работе [2], при правильно организованной образовательной деятельности происходит продуктивная коммуникация между преподавателем и студентом, которая приводит к позитивным результатам. «Личностным» результатом занятия для студента является преодоление, снятие внутриличностных защит, открытие и осознание новых сторон собственной личности, повышение самооценки, расширение сознания, мировоззрения и перспектив деятельности, переживание полноты, насыщенности жизни, личностный рост. В качестве «эмоциональных» результатов занятия для студента выступают положительные эмоции, которые всегда сопровождают продуктивную коммуникацию – удивление, удовольствие, восторг, удовлетворение, воодушевление, вдохновение. Что называется, после проведенного занятия у студента «глаза горят», ему хочется «горы свернуть».

А если брать шире, то в процессе профессионального воспитания формируется профессиональная культура будущего работника, обеспечивающая высокое качество его трудовой деятельности, нравственный облик, профессиональные мотивы, интересы, ценности, а также профессиональную компетентность, мобильность и успешность социальной адаптации. В целом же, все это способствует конкурентоспособности выпускника вуза на рынке труда.

Но этим значимость профессионального воспитания не ограничивается. Профессиональное воспитание, как и профессиональное обучение, всегда осуществляется как трудовое и готовит человека к квалифицированному труду.

Традиционно в учебном процессе принято выделять деятельность преподавания, которая имеет свое методологическое обоснование, отражающее внешнюю практическую действительность, процесс познания и коммуникации. Преподавание имеет свою педагогическую интерпретацию в контексте взаимодействия преподавателя и студента посредством содержания образования. И деятельность учения, т.е. субъективную деятельность студента.

Учение и преподавание не могут рассматриваться обособленно от реальной профессиональной деятельности, связанной с производством, с профессией, со специальностью, с наукой и со стоящими за ними и разрабатываемыми на их основе учебными дисциплинами. Профессиональная деятельность направлена на решение конкретных задач или преодоление противоречий в избранной отрасли знаний, в производственной или духовной сферах.

Каждая наука, отрасль производства разрабатывают свои методы решения актуальных задач, которые, например, для строительства сводятся к производству строительных материалов, технологиям строительства, проектированию зданий и сооружений и т.д. Этим задачам соответствует конкретная профессиональная деятельность по достижению определенного научного или практического результата, основанная на частных методах той или науки или отрасли производства.

На основе реальной предметной профессиональной деятельности формируется содержание профессионального образования в виде учебных дисциплин, которые осваиваются студентами в процессе учебной деятельности. Реальная профессиональная деятельность отражается в учебной деятельности студентов в нормативном варианте как многократно проверенный, предписываемый способ достижения того или иного результата в профессии, специальности, в науке или отрасли производства. Но реальная профессиональная деятельность не стоит на месте, она постоянно развивается и совершенствуется в соответствии с развитием науки и производства. Поэтому невозможно её свести к нормативному варианту, надо искать дополнительные основания и правила, поскольку ни существующие алгоритмы, ни предписания и рекомендации не помогут преодолеть трудности, возникающие в реальной ситуации.

Только сам студент – будущий специалист – может добить необходимые знания, пригодные для изменившихся обстоятельств, при решении возникающих в реальной деятельности проблем.

Таким образом, осуществление учебной деятельности как нормативного варианта реальной деятельности опирается на освоенные студентом знания, умения и навыки. В реальности же этого недостаточно, нужны дополнительные средства и способы разрешения нестандартных проблем. Как известно, образование можно получить двумя путями: обучаясь в учебном заведении или путем опыта. И, если студенту не хватает

академического образования, естественно обратиться к опыту выполнения реальной деятельности как необходимому условию ее успешного осуществления.

Благодаря приобретённому опыту компенсируются присущие студенту определенные ограничения в знаниях и умениях, устраняются негативные психические состояния (усталость, неуверенность и т.д.), открываются новые перспективы овладения профессией, специальностью. При обращении к опыту происходит самовыражение личности студента, в процессе которого он создает целостную картину явления, дифференцирует и связывает необходимое и возможное, устанавливает содержание и последовательность своих действий, преодолевает возникающие затруднения. Стремление студента выстроить логику, структуру, содержание и последовательность своих действий свидетельствует о его способностях, об индивидуальном своеобразии его личности. Опыт является внутренним условием успешного выполнения реальной деятельности, который, в свою очередь, объективно определяется способностями личности студента.

Наличие опыта выполнения реальной деятельности является также условием мотивационной готовности студента к профессиональному самоопределению и профессиональной самореализации [2].

Учебная деятельность студента, связанная с изучением различных учебных дисциплин, носит преимущественно информационный характер. На основании высказанного крайне важно, чтобы эта учебная деятельность подкреплялась приобщением студента к реальной деятельности, в ходе которой он мог бы приобрести необходимый ему опыт ее осуществления.

Включенность студента в данный процесс возможна, на наш взгляд, только через реализацию деятельностного подхода. Специалист формируется и проявляется в профессиональной деятельности – это краеугольный камень педагогики и психологии профессионального образования. В деятельностном подходе проявляется сущностное отношение к педагогическим явлениям с позиций и на базе деятельности студента, когда информационное обучение той или иной дисциплине подкрепляется приобщением студентов к реальным действиям на основе предметных знаний. В этом случае решение учебной задачи превращается в творческий процесс поиска применения этого решения в реальных условиях профессиональной деятельности. Обучение студентов решению реальных практических задач, возникающих в связи с развитием науки и производства, а также создание предпосылок творческой деятельности диктуют необходимость выхода студента за пределы учебной деятельности, носящей, как мы отметили ранее, нормативный характер.

Тем более это важно сегодня, когда развитие техники и технологий, современное производство неуклонно предъявляют все более высокие требования к развитию работника, к его профессиональным и личностным качествам. В этих условиях необходимо развивать способности студента-будущего специалиста действовать в соответствии и на уровне потребностей науки и технического прогресса. Такие актуальные задачи, как трансформирование приобретаемых знаний в профессиональную инновационную деятельность; овладение современными информационными технологиями и приобщение к глобальным источникам знаний; самовоспитание мотивации; формирование навыков к обучению и самостоятельному повышению квалификации; поддержание интереса к новому и передовому в отрасли и науке на протяжении всей жизни; воспитание коммувативных способностей; умение адаптироваться к переменам, способствовать социальной сплочённости и др., просто невозможно решать вне деятельности самого студента, вне его личности. Профессиональное образование, оставаясь в рамках традиционной парадигмы, с опорой на квалификационные характеристики специалистов, не в состоянии решить эти задачи [3, с. 264]. Выход видится в применении компетентностного подхода, который основывается на реализации личностных качеств в деятельности. Основанием компетентностного подхода является категория деятельности. Компетентностный подход уточняет и разграничивает понятия компетенции и компетентности. Под профессиональной компетентностью понимаются не только представления о квалификации, но также освоенные социально-коммуникативные и индивидуальные способности, обеспечивающие самостоятельную профессиональную деятельность [7, с. 454]. Компетентность жестко не связана с конкретной профессией. Существенно, что она включает личностные качества, необходимые специалисту для успешной работы в производственной и социальной сферах, для коммуникативного взаимодействия его с другими людьми.

Понятие «компетенция» обычно рассматривается как «совокупность определенных знаний, умений и навыков, в которых человек должен быть осведомлен и иметь практический опыт работы» [4, с. 67]. Достоинством данного определения следует считать взаимосвязь ЗУНов с деятельностной составляющей – с практическим опытом работы.

В компетентностном подходе понятие «опыт деятельности» приобретает статус дидактической единицы. Приобщение к этому опыту становится образовательной задачей, которая не ставилась прежде, хотя социальный заказ предусматривает именно целенаправленную передачу новым поколениям такого опыта. Считается: если решать достаточное число учебных задач, то это послужит гарантией того, что сформируется опыт успешного выполнения профессиональной деятельности в производственной и социальной сферах. Однако, как мы ранее отметили, учебная деятельность является лишь нормативным вариантом реальной деятельности.

Другим понятием, которое в компетентностном подходе приобретает статус воспитательной единицы, является понятие «ценность».

Профессиональное образование, основанное на компетентностном подходе, нацелено на профессиональное развитие личности и специфику будущей профессиональной деятельности. Объектами профессионального развития личности являются ее интегральные характеристики: компетентность, социально-профессиональная направленность, профессионально важные качества и психофизиологические свойства. Следовательно, можно считать, что целью профессионального образования, основанного на компетентностном подходе, должно быть развитие социально-профессиональной направленности, компетентности, профессионально важных качеств и психологических свойств. Поскольку интегральной характеристикой направленности является профессиональное самосознание, то в процессе его становления происходит психологическая перестройка личности от профессионального самоопределения к самореализации в учебно-профессиональной деятельности.

Например, современный инженер-строитель, наряду со знаниями зарубежного и отечественного опыта решения задач строительного производства, расчета и возведения зданий и сооружений, инженерных систем жизнеобеспечения, должен уметь анализировать воздействия окружающей среды на строительные объекты и сооружения; реализовывать меры экологической безопасности; владеть современными методами оценки технического состояния строительных объектов и инженерных систем; уметь использовать современные стандартные средства автоматизированного проектирования при расчетах зданий, сооружений и систем жизнеобеспечения; уметь организовывать работу малых трудовых коллективов, обладать коммуникативными способностями, уметь работать в команде, а также иметь мотивацию к обучению на протяжении всей жизни, обладать навыками самостоятельного получения знаний и повышения квалификации; разделять ценности, необходимые для того, чтобы жить в условиях сложного демократического общества, быть его ответственным гражданином, обладать необходимыми гражданскими и социальными компетенциями.

Обратим внимание на определение компетенций Советом Европы. Он определяет компетенцию как общую способность личности обучающегося. Компетенции основываются на знаниях, опыта и ценностях и развиваются путем участия человека в образовании и обучении. Таким образом, в определении компетенции, данном Советом Европы, присутствует такой компонент, как ценности.

Теперь обратимся к подготовке рабочих, техников, бакалавров, магистров, инженеров для строительной отрасли.

Посмотрим на образовательные стандарты. Для примера возьмем Федеральный государственный образовательный стандарт начального профессионального образования по специальности «Мастер сухого строительства». В нем указано, что в процессе подготовки у рабочего должны быть сформулированы следующие общие компетенции:

ОК 1. Понимать сущность и социальную значимость своей будущей профессии, проявлять к ней устойчивый интерес;

ОК 2. Организовывать собственную деятельность, исходя из цели и способов ее достижения, определенных руководителем;

ОК 3. Анализировать рабочую ситуацию, осуществлять текущий и итоговый контроль, оценку и коррекцию собственной деятельности, нести ответственность за результаты своей работы;

ОК 4. Осуществлять поиск информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач;

ОК 5. Использовать коммуникационно-информационные технологии в профессиональной деятельности;

ОК 6. Работать в команде, эффективно общаться с коллегами, руководством, клиентами;

ОК 7. Исполнять воинскую обязанность, в том числе с применением полученных профессиональных знаний (для юношей).

Таким образом, мы видим, что в образовательный стандарт профессионального обучения рабочих – будущих строителей – ценности не входят в состав их необходимых качеств. Аналогичная картина наблюдается и в образовательных стандартах других уровней (бакалавра, магистра, специалиста) по направлению «Строительство». В них вообще не упоминается о ценностях строителей, в том числе и в перечнях профессиональных компетенций.

Между тем, строительная отрасль относится к базовым отраслям народного хозяйства. Деятельность строителей характеризуется высокой социальной ответственностью и значимостью. Продукты их деятельности – жилые, общественные и промышленные здания, строительные материалы и изделия и т.д. – имеют высокую значимость и для общества, и для каждого члена общества и могут, и должны выступать в качестве объектов ценностного отношения к ним.

Актуальность формирования у строителей ценностного отношения к профессиональной деятельности обостряется положением дел в современном строительстве, для которого характерны:

- низкая квалификация строительных рабочих;
- отрасль не является привлекательной для молодежи, т.к. не относится к «престижным» профессиям;
- из-за стремления получения высокой прибыли достаточно часто строители применяют низкокачественные, контрафактные материалы и изделия из-за их низкой стоимости, что может привести к последствиям, опасным для здоровья и жизни многих людей, нанесению им ущерба и чрезвычайным ситуациям;
- качество строительных работ при постоянном удорожании конечной продукции остается достаточно низким.

Вышесказанное приводит к тому, что при успешном выполнении строительных работ имеются отступления от технологических требований производства работ, не достигается требуемое качество работ, удовлетворяющее потребителя; не выдерживаются предусмотренные сроки работ. Это свидетельствует о несформированности традиционных отраслевых ценностей.

Для установления наиболее важных для строителей ценностей мы обратились к интернет-источникам. Анализ публикаций позволил установить следующие ценности для строительных рабочих и специалистов [8-12]:

- выполнение работ на высоком качественном уровне;
- выполнение своих обязательств перед заказчиками;
- использование материалов и конструкций в строительном процессе, обеспечивающих безопасную жизнедеятельность человека, соответствующих требованиям ГОСТ или ТУ;
- строгое соблюдение технологических требований при проведении строительных работ.

Так, корпоративными ценностями компании «Рейнарс» являются:

- уважение к сотрудникам, клиентам, поставщикам, обществу и миру;
- сотрудничество с другими для достижения общих задач;
- открытость и многообразность;
- максимальное удовлетворение клиента;
- инновации за счет новаторства личностей;
- ориентировка на получение результатов.

Для компании «КНАУФ» это:

- формирование пространственной среды, благоприятной для человека;

- повышение комфортности жилья;
- надежность и качество предоставляемых услуг.

Вышесказанное свидетельствует о значимости ценностей как определяющего начала профессиональной деятельности и требует обращения к аксиологическому подходу при профессиональном образовании будущих строителей. Аксиологический подход позволит по-новому определить цели, принципы и содержание образования будущих специалистов, будет препятствовать деформации идеи гуманизации в практике ее реализации. Общий путь формирования мотивационно-ценостного отношения к профессиональной деятельности означает не закладывание готовых мотивов и целей в сознание студента, а необходимость постановки его в такие условия и ситуации развёртывания активности, где желательные мотивы и цели откладывались и развивались бы с учётом и в контексте опыта, индивидуальности, внутренних устремлений самого студента [1].

Формирование будущего специалиста невозможно без обращения к ценностям, механизмам и технологиям перевода общественных ценностей в личностные [1]. Ценности определяют содержательную основу профессионального образования, где образовательный процесс – это передача не любого, а значимого знания, обладающего определённой ценностью, и должно быть осознано и осмыслено личностью студента.

Реализация вышеназванных подходов – деятельностного, компетентностного, аксиологического – в аспекте формирования целостной личности будущего специалиста возможна только в их единстве, в единстве профессионального обучения и профессионального воспитания, во взаимодействии государственного и корпоративного образования, поскольку профессиональное образование всегда осуществляется как трудовое и, по нашему мнению, должно осуществляться преимущественно в процессе реальной профессиональной деятельности.

Это, в свою очередь, предполагает обновление научно-методического обеспечения профессионального образования, в первую очередь, в направлении усиления значимости производственной практики студентов – будущих строителей.

Список литературы

1. Алябьева Н.В., Барышева Т.Д. Аксиологический подход в профессиональном образовании студентов // Вектор науки ТГУ, 2011, № 4 (7). – С. 29-32.
2. Истомина Н.Н. Исследование психолого-педагогических характеристик образовательной деятельности // Язык и культура, 2009, № 4. – С. 118-125.
3. Климов Е.А. Психология профессионала. – М.: Институт практической психологии, 1996. – 400 с.
4. Полонский В. М. Словарь по образованию и педагогике. – М.: Высп. шк., 2004. – 512 с.
5. Ростовцева В.М., Вельш А.В. Формирование основ профессиональной компетенции студентов в период учебной практики в современном вузе // Вестник Томского государственного педагогического университета, 2011, № 10. – С. 56-59.
6. Файзуллин И.Э. Совершенствование кадрового потенциала строительного и жилищно-коммунального комплексов Республики Татарстан / Взаимодействие государственных и корпоративных учебных заведений как ресурс повышения качества профессионального образования. Материалы Международной научно-практической конференции (г. Казань, 25 апреля 2013 года). – Казань: РИЦ, 2013. – С. 3-9.
7. Энциклопедия профессионального образования: в 3 т. / под ред. С.Я. Батышева. – М.: Наука, 1998-1999. Т. 2: М.-П., 1999. – 440 с.
8. URL: <http://stroysist.ru/tu/company> (дата обращения: 23.12.2012).
9. URL: http://www.reynaers.com/tu/tus/архитектуру/o_компании.aspx (дата обращения: 23.12.2012).
10. URL: <http://www.hadrotekts.ru/tu/about/company/valueas> (дата обращения: 23.12.2012).
11. URL: www.knauf.ru (дата обращения: 23.12.2012).
12. URL: [www.holding-unistroy.ru/](http://holding-unistroy.ru/) (дата обращения: 23.12.2012).

Safin R.S. – doctor of pedagogical sciences, professor

E-mail: safin@kgasu.ru

Korchagin E.A. – doctor of pedagogical sciences, professor

Vildanov I.E. – candidate of pedagogical sciences, associate professor

Abitov R.N. – candidate of pedagogical sciences, associate professor

Kazan State University of Architecture and Engineering

The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Professional education: the resource of the formation of a competent civil engineer's personality

Resume

In this article the education of a future civil engineer is regarded as an integral process of both teaching and upbringing. In the curriculum it is reflected in such parameters as knowledge, know-how, skills and student's attitude to the moral values.

The upbringing of the corporate culture will only succeed if graduate's educational activities come along with the practical ones. In the course of this activities graduate could acquire necessary experience.

The degree of participation is achieved by implementation of both practical and competent approaches of education process.

Since moral values are not included into the curriculum, the actuality of the formation of these values is revealed.

The importance of the values as a significant part of the professional activity of future workers and specialist of civil engineering is revealed. This requires an appeal to axiological approach of their professional study.

To form an integral personality of the future specialist in the course of study practical, competent, axiological approaches are required. It is only possible with keeping methodical materials up to date, especially emphasizing the role of internship, taking into account that internship hours count was decreased by two times with the changing education standards towards the third generation.

Keywords: professional education, corporate training, activity approach to education, competent approach to education, moral values of civil engineers, the unity of professional teaching.

References

1. Alyabeva N.V., Barisheva T.D. Axiological approach in the professional education of students // Vector nauki TGU, 2011, № 4 (7). – P. 29-32.
2. Istomina N.N. Investigation of psychological and educational characteristics of the educational activity // Yazik i cultura, 2009, № 4. – P. 118-125.
3. Klimov E.A. Psychology of the professional. – M.: Institute practicheskoy Psychologii, 1996. – 400 p.
4. Polonskii V.M. Education and pedagogics dictionary. – M.: Vyssh. shk., 2004. – 512 p.
5. Rostovceva V.M., Vel'sh A.V. The formation of bases of professional competence of undergraduates in the course of internship in contemporary universities // Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta, 2011, № 10. – P. 56-59.
6. Faizullin I.E. The perfection of stuff potential of civil engineering and housing services in the Republic of Tatarstan / Vzaimodeistvie gosudarstvennyh i korporativnyh uchebnyh zavedenii kak resurs povysheniya kachestva professional'nogo obrazovaniya. Materialy Mejdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferencii (g. Kazan', 25 aprelya 2013 goda.) – Kazan: RIC, 2013. – P. 3-9.
7. Professional education encyclopedia: in 3 v. / pod red. S. Ya. Batysheva. – M.: Nauka, 1998-1999. T. 2: M.-P., 1999. – 440 p.
8. URL: <http://stroyst.ru/ru/company> (reference date: 23.12.2012).
9. URL: http://www.reynaers.com/ru/rus/архитектуру/о_компании.aspx (reference date: 23.12.2012).
10. URL: <http://www.hadrotekts.ru/ru/about/company/valueas> (reference date: 23.12.2012).
11. URL: www.knauf.ru (reference date: 23.12.2012).
12. URL: wwwholding-unistroy.ru (reference date: 23.12.2012).

УДК 159.942.5

Яруллина Л.Р. – кандидат психологических наук, доцент
E-mail: lala0609@mail.ru

Корчагин Е.А. – доктор педагогических наук, профессор
Нигматулина Д.С. – студент

Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1

Учебные стресс-факторы студентов вуза и пути их предупреждения и преодоления

Аннотация

Экзамен определен как стресс-фактор, вызывающий состояние фruстрации у студентов и являющийся психотравмирующим фактором. Выявлена необходимость исследования учебных стресс-факторов студентов и разработка путей их предупреждения и преодоления. Показано, что при правильно организованной психолого-педагогической подготовке, в том числе и во время экзамена, происходит продуктивная коммуникация между преподавателем и студентом, которая приводит к позитивным результатам: преодоление, снятие стресса, открытие и осознание новых сторон собственной личности, повышение самооценки, расширение сознания, мировоззрения и перспектив деятельности, переживание полноты, насыщенности жизни, личностный рост.

Ключевые слова: учебный стресс, стрессоустойчивость, психолого-педагогическая подготовка к экзаменам, эмоциональное напряжение.

Экзаменационный стресс занимает одно из первых мест среди причин, вызывающих состояние фruстрации у студентов высшей школы. Экзамен может послужить фактором, оказывающим влияние на психику студента, на его настроение, самочувствие, психоэмоциональное состояние. Безусловно, в период экзаменационной сессии загруженность студентов особенно велика. Работа с большим количеством информации, разноплановые работы, которые необходимо выполнить в короткие сроки, ликвидация задолженностей, недостаточные знания по изучаемым дисциплинам, несоблюдение режима дня, режима питания, недостаток сна сон – факторы, способствующие возникновению стресса. Стресс – это своеобразная реакция человека на психическое или физическое напряжение, которая является физиологическим безусловным рефлексом. Стресс, имеющий затяжной характер, вызванный трудностями с успеваемостью, с ликвидацией академической задолженности, может в дальнейшем привести к депрессивным состояниям. Период обучения оказывает значительное влияние на личностное становление, отношение к будущей профессиональной деятельности, психологическое и физиологическое состояние студента, поэтому проблема учебного стресса и его влияния на студентов весьма актуальна.

Экзаменационный стресс изучали А.Д. Акопян, И.Д. Маркина, Ю.В. Украинцева, Е.А. Умрюхин, Ю.В. Шербатых, Е.А. Юматов, по мнению которых, данный вид стресса является одной из причин психосоматических патологий [1].

Экзамен как стресс-фактор является фактором, травмирующим психику у студентов. Состояние фruстрации начинается за несколько дней до начала сессии и может сохраняться, даже если не наблюдается учебных напряженных ситуаций. Стресс у студентов может быть вызван как ситуацией, связанной с обучением, так и иметь личностный характер. Он может возникнуть из-за отсутствия социальных связей или конфликтов со сверстниками, одногруппниками, неспособности справиться с требованиями преподавателя, семейных проблем и трудностей, оторванности от родителей (особенно если студенты живут в общежитии), хронических болезней.

В то же время, следует отметить, что экзаменационный стресс не всегда носит вредоносный характер, приобретая свойства «дистресса». В определенных ситуациях психологическое напряжение может иметь стимулирующее значение, помогая учащемуся мобилизовать все свои знания и личностные резервы для решения поставленных перед ним учебных задач [4].

Не следует забывать, что образовательная деятельность в целом и в период экзаменационной сессии в частности имеет и воспитательную функцию. При правильно организованной образовательной деятельности, в том числе и во время экзамена, происходит продуктивная коммуникация между преподавателем и студентом, которая приводит к позитивным результатам. «Личностным» результатом успешной сдачи экзамена для студента является преодоление, снятие стресса, открытие и осознание новых сторон собственной личности, повышение самооценки, расширение сознания, мировоззрения и перспектив деятельности, переживание полноты, насыщенности жизни, личностный рост. В качестве «эмоциональных» результатов успешной сдачи экзамена для студента выступают антистрессовые положительные эмоции, которые всегда сопровождают продуктивную коммуникацию – удивление, удовольствие, восторг, удовлетворение, воодушевление, вдохновение. Что называется, после успешной сдачи сессии у студента «глаза горят», ему хочется «горы свернуть» [2]. Отсюда возникает необходимость в предупреждении уровня экзаменационного стресса и его преодолении. Работа над предупреждением и преодоление экзаменационного стресса может достигаться разными средствами: медикаментозным способом, оптимизацией режима труда и отдыха, методами психической саморегуляции и т.д. Регулирование учебного стресса – задача социальных педагогов и психологов, работающих со студентами. В связи с этим возникает необходимость разработки психолого-педагогических программ, проектов, осуществляющих контроль, коррекцию, предупреждение и преодоление учебных стресс-факторов. В исследовательской работе мы определили основную цель – выявление учебных стресс-факторов студентов и разработка путей их предупреждения и преодоления. Экспериментальная работа проводилась в период начала сессии, что являлось естественным фактором, вызывающим у студентов различные эмоциональные переживания. В эксперименте участвовали студенты первых и третьих курсов Казанского дорожно-строительного техникума № 54 г. Казани, обучающиеся на направлениях «Мастер столярно-плотничных работ» и «Сварщик», а также Казанского государственного архитектурно-строительного университета, обучающиеся на направлении «Профессиональное обучение».

Цель констатирующего этапа эксперимента – определить уровень эмоционального состояния студентов, выяснить, насколько сильно первокурсники переживают свою « первую в жизни » сессию. На данном этапе мы использовали три методики: методику САН, для того чтобы проверить самочувствие, активность и настроение студентов перед сессией; методику диагностики самооценки тревожности Ч.Д. Спилбергера и тест на учебный стресс Ю.В. Щербатых [3].

Результаты исследования эмоциональной сферы, по опроснику САН, мы получили следующие:

Таблица 1
Результаты исследования эмоциональной сферы по опроснику САН

Показатель	Студенты	
	1 курс	3 курс
	Баллы	
Самочувствие	5	5,8
Активность	4,2	5,1
Настроение	3,6	4,2

Если результаты выше 4 баллов, то можно говорить о благоприятном состоянии испытуемых, а ниже 4 – неблагоприятном. Нормой являются оценки в диапазоне 5,0-5,5 баллов. Отсюда следует, что у первокурсников самочувствие в норме, активность так же в пределах допустимого, так как в период прохождения теста студенты сдавали рефераты, получали допуски к экзаменам, они и должны быть активны, а вот настроение у них ниже нормы, на наш взгляд, это связано с тем, что они уже устали от «суматохи»,

которая всегда бывает перед сессией. Студенты же третьего курса уже более выносливы. Они также активны, у них хорошее самочувствие, также и настроение у них в норме.

Результаты исследования ситуативной и личностной тревожности по Спилбергеру показали, что личностная тревожность у первого и третьего курсов умеренная.

Таблица 2

Результаты исследования ситуативной и личностной тревожности по Ч.Д. Спилбергеру

Показатель	Студенты	
	1 курс	3 курс
	Баллы	
Личностная тревожность	3,64	3,56
Ситуативная тревожность	45,7	42,2

А вот ситуативная тревожность у студентов первого курса высокая – 45,7 баллов, это может быть связано с недостаточной адаптированностью, эмоциональной незрелостью и с личностными особенностями темперамента, характера. Ситуативная тревожность показывает, что студенты первого курса в период сессии сильно нервничают, а вот студенты третьего курса (42,2 балла) волнуются в меньшей степени, что связано с успешной завершенностью адаптационных процессов, привыканием к учебным условиям и непосредственно к сессии.

Кроме того, был использован на констатирующем этапе эксперимента тест на учебный стресс Ю.В. Щербатых [3]. В результате на данном этапе нашего исследования мы выявили основные причины стресса: высокая степень учебной нагрузки, оторванность от родительского дома, маленький размер стипендии, страхи, связанные с неопределенностью в будущем. У студентов третьего курса причинами стресса являются маленькая стипендия, проблемы в личной жизни и неумение организовать личное время. Студенты третьего курса уже не так сильно переживают по поводу жизни вдали от родителей, они более самостоятельны, а, значит, более адаптированы к жизни, также у них не сильно выражены страхи, связанные с неопределенностью в будущем, по сравнению с первым курсом, но они все больше ленятся учиться. Студенты третьего курса уже адаптированы к учебе, к стрессовым ситуациям, к сессии, совершенно спокойны, хорошо подготовлены к сессии и не воспринимают сессию как что-то «сверхъестественное». Свои силы эти студенты восстанавливают общением со сверстниками и хорошим сном. Также были продиагностированы проявления стресса. У студентов первого курса проявляется стресс в основном на адаптационном уровне: смена места жительства, переход со статуса школьника в статус студента, нехватка времени и сна. Биологические признаки стресса не особо выражены, что свидетельствует о хорошем физическом состоянии студентов. У студентов третьего курса проявляется стресс, в основном, из-за нехватки времени, низкой работоспособности. Биологические признаки стресса практически не выражены. У студентов также хороший показатель здоровья в группе. Основным способом снятия стресса у студентов первого курса является сон. Для снятия напряжения студенты третьего курса также используют сон, поддержка родителей не уменьшилась, так как студенты более самостоятельны, однако студенты снимают стресс с помощью курения и алкоголя, что отрицательно оказывается как на учебе, так и на здоровье студентов. Основными признаками стресса у студентов первого курса являются учащенное сердцебиение, а также головные боли. У студентов третьего курса стресс проявляется в учащенном сердцебиении, а также в скованности и дрожании мышц.

Таким образом, первый этап эксперимента показал, что студенты первого курса больше волнуются, переживают в период сессии, чем студенты третьего курса, а это означает, что для студентов первого курса необходимо устраивать беседы либо игровые мероприятия, направленные на снятие стресса во время сессии. В связи с этим на втором формирующем этапе эксперимента возникла необходимость в разработке и апробировании психологического авторского проекта «Как подготовиться к экзаменам?»,

или «Сессия на носу» для того, чтобы психоэмоционально подготовить студентов к сессии. Проект позволит студентам психологически подготовиться к сессии, повысить уровень стрессоустойчивости и эмоционального развития. Цель данного этапа экспериментальной работы – подобрать и апробировать проект на развитие адекватного восприятия стрессовой ситуации.

В процессе обучения, особенно в период подготовки к экзаменам, приходится работать с огромным информационным потоком, проект дает возможность студентам проще и легче подготовиться к занятию, зачету, экзамену без сильных перегрузок. Проект состоит из нескольких этапов. Первый этап – эффективная работа с текстом. Развитие навыков чтения: работа над увеличением показателей чтения методами чтения и использованием таблиц Шульте. Второй этап – методика чтения лекций и конспектирования. Работа над запоминанием текста, его точностью, объемом и скоростью. В процессе обучения предлагается работа над конспектированием текста (виды конспектов, сокращения, символы и т.д.). С целью повышения эффективности учебной деятельности в курсе даются упражнения для глаз, дабы избежать их утомляемости. Третий этап – тренинг преодоления экзаменационного стресса. В рамках тренинга проигрываются различные стрессовые ситуации, тренер демонстрирует примеры поведения в конфликтных, стрессовых ситуациях, ошибки и способы их избегания. Проводится мастер-класс по работе со стрессами с приглашенным специалистом. Студенты-наставники из числа старшекурсников дают практические советы для эффективной сдачи сессии. На контрольном этапе проведенного исследования перед нами стояла цель – изучить уровень эмоционального развития студентов после формирующего эксперимента. Студентам экспериментальной группы была предложена анкета-опрос. Опрос показал, что студентам-первокурсникам при сдаче сессии помогли знания и практические умения, полученные на проекте по работе с экзаменационным стрессом, они меньше волновались, чем волнуются обычно при подобных ситуациях, и что они в определенной степени способны контролировать свои эмоции благодаря навыкам, полученным на проекте.

Психологопедагогическая подготовка к экзаменам – это большая, длительная работа не только психолога со студентами, но и всего педагогического коллектива и психологических служб учебных заведений. Психологопедагогическая подготовка студентов к сдаче экзаменов так же необходима, как и подготовка по предмету. Эта подготовка разноплановая и охватывает различные сферы деятельности студента. А в результате её повышаются уровни стрессоустойчивости, эмоционального развития, эмоционального контроля и, как следствие, повышаются успеваемость студентов, их мотивация и желание учиться.

Список литературы

1. Бусловская Л.К., Рыжкова Ю.П. Адаптационные реакции у студентов при экзаменационном стрессе // Научные ведомости БГУ, 2011. – С. 123-125.
2. Истомина Н.Н. Исследование психологопедагогических характеристик образовательной деятельности // Язык и культура, 2009, № 4. – С. 18-125.
3. Щербатых Ю.В. Экзаменационный стресс (диагностика, течение и коррекция). – Воронеж, ИАН, 2000. – 146 с.
4. Щербатых Ю.В. Вегетативные проявления экзаменационного стресса // Автореферат канд. дисс. на соиск. степени канд. биол. наук. – СПб., 2001. – 32 с.

Yarullina L.R. – candidate of psychological sciences, associate professor

E-mail: lala0609@mail.ru

Korchagin E.A. – doctor of pedagogical sciences, professor

Nigmatulina D.S. – student

Kazan State University of Architecture and Engineering

The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Educational stress-factors of students of higher education institution and the ways of their prevention and overcoming

Resume

Examination is defined as a stress factor causing mental tension in students and being the psychoinjuring factor. The stress, which students have, can affect training (acquisition, application and processing of knowledge) that interferes with the academic progress. In certain situations psychological tension can have stimulating value, helping student to mobilize all the knowledge and personal reserves for the solution of the educational tasks set for it. Ways of its decision are covered in professional motivation of students and in introduction in educational process of bases of a healthy lifestyle, training courses, health saving technologies. It is shown that by correctly organized psychological-pedagogical preparation including during examination, there is a productive communication between the teacher and the student which leads to positive results: overcoming, stress removal, opening and understanding of the new parties of own personality, self-assessment increase, expansion of consciousness, outlook and activity prospects, experience of completeness, life saturation, personal growth.

Keywords: educational stress, resistance to stress, psychological-pedagogical preparation for examinations, emotional pressure.

References

1. Buslovskaja L.K., Rigova E.P. Adaptation reactions at students at an examination stress // Naychnie vedomosti BGU, 2011. – P.123-125.
2. Istomina N.N. Research of psikhologo-pedagogical characteristics of educational activity // Yazik I kultura, 2009, № 4. – P.118-125
3. Scherbatykh E.V. Examination stress (diagnostics, current and correction). – Voronezh, IAN, 2000. – 146 p.
4. Scherbatykh E.V. Vegetative manifestations of an examination stress // The thesis abstract on competition of a scientific degree of the Dr. Sci. Biol. – SPb., 2001. – 32 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 – 297x210 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 10-12 пт с одинарным межстрочным интервалом.

Иллюстрации представить в виде файлов основных графических форматов (tif, jpg, bmp, gif) с именами Рис. 1, Рис. 2 и т.д. Все объекты должны быть черно-белыми (градации серого), четкого качества. Рекомендуемое разрешение – 300 дп. 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 – 80x80 мм, максимальный – 170x240 мм.

Для набора формул 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. 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.

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 пенопласти, модификация

разделительный интервал

Текст статьи

разделительный интервал

Список литературы

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

References*

* 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. Федерации. № 2000131736/09; заявл. 18.12.00; опубл. 20.08.02. Бюл. № 23 (II ч.). – 3 с.
7. ГОСТ 9128-97. Смеси асфальтобетонные дорожные, аэродромные и асфальтобетон. – М., 2000. – 15 с.
8. Отчёт по НИР. Инв. № 02200703350. Соколов Б.С. и др. Разработка новых и совершенствование существующих методов расчёта железобетонных и каменных элементов, конструкций зданий и сооружений.
9. Инвестиции останутся сырьевыми // PROGNOSIS.RU: ежедн. интернет-изд. 2006. 25 янв. URL: <http://www.prognosis.ru/print.html?id=6464> (дата обращения: 19.03.2007).

Примеры перевода перечня ссылок на английский язык:

1. Bazhenov Yu.M. Technology of concrete. – M: Publishers ASV, 2002. – 500 p.
2. Dranovsky A.N. Dynamic parametres of durability of sand // The collection of proceedings «Materials of 49th Republican scientific conference». – Kazan: KSABA, 1998. – P. 186-191.
3. Zavadsky V.F., Putro N.B., Maksimova Yu.S. Porous building ceramics // Stroitelnye materialy, 2004, № 2. – P. 21-22.
4. Korchagina V.I. Research in the field of updating of PVC and bipolymerous systems on its basis // The master's thesis author's abstract on competition of degree of a Cand. Chem. Sci. – Kazan, 1974. – 22 p.
5. Chemical technology of ceramics: Studies. The grant for high schools / Under the editorship of prof. I.J. Guzmana. – M: LTD RIF « Stroymaterialy », 2003. – 496 p.
6. The send-receive device: the patent 2187888 Russian Federation. № 2000131736/09; It is declared 18.12.00; it is published 20.08.02. The bulletin № 23 (II part). – 3 p.
7. GOST 9128-97. Mixes asphalt-concrete road, air field and asphalt-concrete. – M., 2000. – 15 p.
8. The report on research work. Inv. № 02200703350. Sokolov B.S. and others. Working out new and perfection of existing methods of calculation of ferro-concrete and stone elements, designs of buildings and constructions.
9. Investments remain raw // PROGNOSIS.RU: the daily Internet-edition 2006. 25 jan. URL: <http://www.prognosis.ru/print.html?id=6464> (reference date: 19.03.2007).

В список литературы вносятся только опубликованные работы.

Название статьи должно отражать основную идею выполненного исследования, быть по возможности кратким. Аннотация (1 абзац от 500 до 1000 знаков с пробелами) должна ясно излагать содержание статьи и быть пригодной для самостоятельного опубликования.

В разделе «**Введение**» рекомендуется указать нерешенные ранее вопросы, сформулировать и обосновать цель работы и, если необходимо, рассмотреть ее связь с важными научными и практическими направлениями. Могут присутствовать ссылки на публикации последних лет в данной области, включая зарубежных авторов.

Основная часть статьи должна подробно освещать содержание исследований, проведенных автором (авторами). Полученные результаты должны быть освещены с точки зрения их научной новизны и сопоставлены с соответствующими известными данными. Основная часть статьи может делиться на подразделы (с разъяснительными заголовками) и содержать анализ последних публикаций, посвященных решению вопросов, относящихся к данным подразделам.

В разделе «**Заключение**» должны быть в сжатом виде сформулированы основные полученные результаты с указанием их новизны, преимуществ и возможностей применения.

Язык публикации: русский или английский.

Тезисы к публикации не принимаются!

Если статья была или будет направлена в другое издание, необходимо сообщить об этом редакции. Ранее опубликованные статьи к рассмотрению не принимаются.

От авторов в редакцию журнала предоставляются следующие материалы:

- **Два экземпляра статьи в четко распечатанном виде, скрепленные степлером, подписанные автором (ами);**
- **Электронный носитель** (CD-диск. Электронная версия статьи должна соответствовать варианту на бумажном носителе);
- **Две рецензии** (соответствующего уровня) от двух независимых организаций;
- **Экспертное заключение о возможности опубликования, оформленное в организации, откуда исходит рукопись;**
- **Анкета автора (ов) в предлагаемой форме** (заполнить на русском и английском языке).

Материалы к публикации вложить в полиэтиленовый файл.

Датой поступления статьи считается день представления последнего из вышеуказанных материалов.

Представленные авторами научные статьи направляются на независимое закрытое рецензирование специалистам по профилю исследования, членам редакционной коллегии. Основными критериями целесообразности публикации являются новизна полученных результатов, их практическая значимость, информативность. В случае, когда по рекомендации рецензента статья возвращается на доработку, датой поступления считается день получения редакцией ее доработанного варианта. К доработанной статье в обязательном порядке прикладываются ответы на все замечания рецензента. Статьи, получившие отрицательные заключения рецензентов и не соответствующие указанным требованиям, решением редакционной коллегии журнала не публикуются и не возвращаются (почтовой пересылкой). Редакционная коллегия оставляет за собой право на редактирование статей с сохранением авторского варианта научного содержания.

После уведомления редакций принятия рукописи и согласования сроков её публикации с ответственным исполнителем журнала авторы представляют копию платежной квитанции или справку, подтверждающую обучение автора (ов) в аспирантуре на момент подачи статьи.

Расчет стоимости не зависит от объема текста статьи на странице.

Журнал «Известия КГАСУ» выходит 4 раза в год, тиражом 500 экз. Журнал является подписным изданием и включен в общероссийский каталог ОАО Агентства «РОСПЕЧАТЬ», индекс издания – 36939.

АВТОРЫ, ЯВЛЯЮЩИЕСЯ ЧЛЕНАМИ РЕДКОЛЛЕГИИ И (ИЛИ) ПОДПИСЧИКАМИ ЖУРНАЛА, ИМЕЮТ ПРЕИМУЩЕСТВЕННОЕ ПРАВО НА ОПУБЛИКОВАНИЕ СВОИХ СТАТЕЙ.

СТАТЬИ АСПИРАНТОВ ПУБЛИКУЮТСЯ БЕСПЛАТНО.

Научная статья в полном объеме будет также размещена на официальном сайте «Известия КГАСУ» – электронном научном издании (ЭНИ) <http://izvestija.kgasu.ru/> (Свидетельство о регистрации средства массовой информации Эл № ФС 77-31046 от 25.01.2008).

Все материалы направлять по адресу: 420043, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1, ОПИР, комн. 79. Телефон (843) 510-46-39, 236-26-88 (тел./факс). E-mail: patent@kgasu.ru. Ответственный исполнитель журнала – Хабибулин Марат Максутович.

Банковские реквизиты:

КГАСУ

420043, г. Казань, ул. Зеленая, 1

ИНН 1655018025 КПП 165501001

Сч. 40501810292052000002

в ГРКЦ НБ РТ Банка России г. Казань

БИК 049205001

Л/с 20116Х06860

Указать назначение платежа: Код дохода: 00000000000000000000130 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	<p>Впишите одну из представленных:</p> <ul style="list-style-type: none">– Теория и история архитектуры, реставрация и реконструкция историко-архитектурного наследия;– Архитектура зданий и сооружений. Творческие концепции архитектурной деятельности;– Градостроительство, планировка сельских населенных пунктов;– Строительные конструкции, здания и сооружения;– Основания и фундаменты, подземные сооружения;– Теплоснабжение, вентиляция, кондиционирование воздуха, газоснабжение и освещение;– Водоснабжение, канализация, строительные системы охраны водных ресурсов;– Строительные материалы и изделия;– Гидротехническое строительство;– Технология и организация строительства;– Проектирование и строительство дорог, метрополитенов, аэродромов, мостов и транспортных тоннелей;– Гидравлика и инженерная гидрология;– Строительная механика;– Экология (в строительстве);– Экономика и управление народным хозяйством (в строительстве);– Системный анализ, управление и обработка информации (в строительстве);– Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ (в строительстве);– Теория и методика профессионального образования (в строительном вузе);– Подъемно-транспортные, строительные, дорожные машины и оборудование.
Паспортные данные (номер, кем выдан, дата выдачи, адрес регистрации), ИИН	
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	<p>Include one of the presented:</p> <ul style="list-style-type: none">- Theory and history of architecture, restoration and reconstruction of historical-architectural heritage;- Architecture of buildings and constructions. Creative conceptions of architectural activity;- Town-planning, planning of rural settlements;- Building constructions, buildings and structures;- Ground works and foundations, underground constructions;- Heating, ventilation, air conditioning, gas supply and illumination;- Water-supply, water drain, building systems of water resources protection;- Building materials and making;- Hydraulic engineering construction;- Technology and organization of building;- Design and construction of roads, metropolitan railways, airdromes, bridges and transport tunnels;- Hydraulics and engineering hydrology;- Building mechanics;- Ecology (in building);- Economy and management of a national economy (in building);- System analysis, management and information processing (in building);- Mathematical modelling, numerical methods and complexes of programs (in building);- Theory and vocational training technique (in engineering higher educational institution);- Hoisting, building, road machines and equipment.
Mailing address	
Telephone numbers for communication	

Известия КГАСУ

2013 г., № 2 (24)

Гл. редактор: Низамов Р.К.

Учредитель и издатель:

ФГБОУ ВПО «Казанский государственный архитектурно-строительный университет»

Редактор: Канзафарова С.М.

Макет: Хабибулин М.М., Никитина 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 25.06.2013

Формат 60x84/8

Заказ 305

Бумага тип. № 1

Усл.-печ. л. 45,6

Уч.-изд. л. 46,1

Тираж 500 экз.

И завод-100

Отпечатано в Издательстве КГАСУ, г. Казань, ул. Зеленая, 1