ISSN 2073-1523

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ

КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

МИНИСТЕРСТВО СТРОИТЕЛЬСТВА, АРХИТЕКТУРЫ
И ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОГО ХОЗЯЙСТВА РТ

МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА И ДОРОЖНОГО ХОЗЯЙСТВА РТ

Известия КГАСУ

2016 г., № 2 (36)

ББК 38
И 33
УДК 69

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

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

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

МЕЖДУНАРОДНЫЙ РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ:

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

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

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

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

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

© Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета, 2016

ISSN 2073-1523

MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF THE RUSSIAN FEDERATION

KAZAN STATE UNIVERSITY OF ARCHITECTURE AND ENGINEERING

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

MINISTRY OF TRANSPORT AND ROADS
OF THE REPUBLIC OF TATARSTAN

News of the KSUAE

2016, № 2 (36)

BBC 38
I 33
UDC 69

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

EDITORIAL BOARD:

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

INTERNATIONAL EDITORIAL BOARD:

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

THE FOUNDER AND THE PUBLISHER:

FSBEI of HE «Kazan State University of Architecture and Engineering»

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

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

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

© News of the Kazan State University of Architecture and Engineering, 2016

СОДЕРЖАНИЕ

ТЕОРИЯ И ИСТОРИЯ АРХИТЕКТУРЫ, РЕСТАВРАЦИЯ И РЕКОНСТРУКЦИЯ ИСТОРИКО-АРХИТЕКТУРНОГО НАСЛЕДИЯ	
Аитов Р.Р., Афанасьева Е.А. Традиционная колористика татарского сельского жилого дома в современных условиях	7
Аширова М.В., Айдарова Г.Н. Архитектура быстрого реагирования: концепция временного мобильного жилья в условиях чрезвычайных ситуаций	17
Киносьян Н.С. Теоретический и практический вклад И.Г. Гайнутдинова в архитектуру сельских жилых домов послевоенного восстановительного строительства	23
Крамина Т.А. Эволюция архитектурно-конструктивных решений промышленных зданий. Опыт и уроки	30
Лисицына А.В. Историко-архитектурная среда «пограничных» городов Нижегородского Поволжья	39
Мирсаяпова И.И. Три волны теоретического дизайна	49
Надырова Д.А. Доходные дома Казани конца XIX-начала XX вв., как многофункциональные комплексы	57
Фахрутдинова И.А., Ефимов Д.Д. Архитектура общественных зданий периода советского модернизма как актуальная тема исследования регионального наследия (60-80 гг. 20 в.)	64
АРХИТЕКТУРА ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ. ТВОРЧЕСКИЕ КОНЦЕПЦИИ АРХИТЕКТУРНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ	
Желнакова Л.В., Родионовская И.С. Способы экологической защиты архитектурной среды дошкольных образовательных учреждений в стесненных условиях мегаполиса	72
ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО, ПЛАНИРОВКА СЕЛЬСКИХ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ	
Дембич А.А., Закиева Л.Ф. Медицинские кластеры на территории МО г. Казань, как «точки роста» медицины региона	79
Нарбеков М.Ф. Территориально-планировочное развитие г. Баку и Бакинской агломерации (конец 30-х гг. XX в.-2015 г.)	87
СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ, ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ	
Бадертдинов И.Р., Кузнецов И.Л. Оптимальные геометрические параметры поперечного сечения трехгранных стальных опор	95
Куприянов В.Н., Альтапов С.Р. Моделирование ветровых воздействий изменением формы здания	100
Ладнушкин А.А., Авхадеев Р.Р., Хасанов Р.М., Садыков Р.Р. Модернизация дымовых промышленных труб нефтеперерабатывающих производственных комплексов	105
ОСНОВАНИЯ И ФУНДАМЕНТЫ, ПОДЗЕМНЫЕ СООРУЖЕНИЯ	
Мирсаяпов И.Т., Шарафутдинов Р.А. Несущая способность и осадки грунтового основания армированного вертикальными и горизонтальными элементами	111
ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ, ВЕНТИЛЯЦИЯ, КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ ВОЗДУХА, ГАЗОСНАБЖЕНИЕ И ОСВЕЩЕНИЕ	
Ахмерова Г.М., Фёдоров А.В. Влияние влажности грунта на тепловые потери теплопроводов в непроходных каналах	117
Барышева О.Б., Хабибуллин Ю.Х., Беляева Е.Э. Эффективность использования отработанного трансформаторного масла в системе отопления нежилых помещений	122
Бройда В.А. Целесообразность системы кондиционирования воздуха с аккумулированием холода	127
Володин Ю.Г., Ханнанов Р.Р. Математическое моделирование рабочего процесса в газовоздушном тракте котлового агрегата ТГМ-84	133
Посохин В.Н., Зиганшин А.М., Горохова А.Ю. О естественной конвекции над горизонтальными теплоисточниками	140
Посохин В.Н., Кареева Ю.Р. О потерях давления при струйной подаче воздуха в ограниченные объемы	146
ВОДОСНАБЖЕНИЕ, КАНАЛИЗАЦИЯ, СТРОИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ОХРАНЫ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ	
Бусарев А.В., Селюгин А.С., Урмитова Н.С., Каюмов Ф.Ф. К вопросу очистки нефтесодержащих сточных вод в гидроциклонных установках с коалесцирующими насадками	152
Урмитова Н.С., Абитов Р.Н., Хисамеева Л.Р., Низамова А.Х. Движение вязкой жидкости в порах крупнозернистой гранулированной коалесцирующей насадки при линейном законе сопротивления	159
СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ	
Галеев Р.Р., Абдрахманова Л.А., Низамов Р.К. Вспученный перлитовый песок: особенности модификации поливинилхлоридных композиций	166
Ермилова Е.Ю., Камалова З.А., Рахимов Р.З. Гибридные цементы на основе метакаолина с низким содержанием портландцемента	172
Ерусланова Э.В., Красиникова Н.М., Хозин В.Г. Безпрогревные легкие бетоны на основе наномодифицированной сухой смеси для пенобетона	179

Морозова Н.Н., Хамза Абдулмалек Кайс Получение высокопрочного мелкозернистого бетона с использованием природного цеолита	185
Мухаметрахимов Р.Х., Галаутдинов А.Р., Дикина А.Н. Технология изготовления и монтажа модифицированных гипсоволокнистых листов	194
Потапова Л.И., Фурер В.Л., Коваленко В.И., Цаголова Е.И. Анализ ИК-спектров пара-трет-бутилкаликс[6]арена	201
Строганов В.Ф., Амельченко М.О., Лыгина Т.З., Наумкина Н.И. Возможность регулирования технологических и эксплуатационных свойств стирол-акриловых ЛКМ при применении каолинов различных видов активации	207
Халиуллин М.И., Гайфуллин А.Р., Рахимов Р.З. Комплексное влияние компонентов на основные свойства искусственного камня на основе бесклинкерных композиционных гипсовых вяжущих	212
Хаматова А.Р., Хохряков О.В. Электросталеплавильный шлак ОАО «Ижсталь» для цементов низкой водопотребности и бетонов на их основе	221
ТЕХНОЛОГИЯ И ОРГАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА	
Ибрагимов Р.А., Салимова Г.Р. Анализ продолжительности строительства современных крупнопанельных жилых зданий в г. Казань	228
Мудров А.Г. Способы интенсификации процессов в строительных технологиях	233
Мухаметрахимов Р.Х. Технология изготовления и организация производства цементно-волокнистых плит	241
Хасанов Р.М., Ладнушкин А.А., Садыков Р.Р., Авхадеев Р.Р. Пространственные монтажные системы при реконструкции главных корпусов предприятий объектов энергетического надзора	247
ПРОЕКТИРОВАНИЕ И СТРОИТЕЛЬСТВО ДОРОГ, МЕТРОПОЛИТЕНОВ, АЭРОДРОМОВ, МОСТОВ И ТРАНСПОРТНЫХ ТОННЕЛЕЙ	
Николева Р.В. Предложения по проектированию автомобильных дорог с учетом восприятия водителем дорожных условий	252
ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ СТРОИТЕЛЬСТВА И ГОРОДСКОГО ХОЗЯЙСТВА	
Барышева О.Б., Хабибуллин Ю.Х., Мельник А.Э. Развитие метода переработки ТБО с использованием горячей технологии	259
ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ (в строительстве)	
Гумерова Л.В., Гумеров А.В. Сила, возникающая при движении вихревой нити около кругового цилиндра	265
Правила представления материалов для публикации в научном журнале «Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета»	273

CONTENTS

ARCHITECTURE THEORY AND HISTORY, HISTORICAL AND ARCHITECTURAL HERITAGE RESTORATION AND RECONSTRUCTION	
Aitov R.R., Afanasyeva E.A. The traditional coloring of the Tatar rural houses in modern conditions	7
Ashirova M.V., Aidarova G.N. Rapid Response Architecture: the concept of temporary mobile housing in large cities	17
Kinosyan N.S. Theoretical and practical contribution into the architecture of country houses of the post-war reconstruction building	23
Kramina T.A. The evolution of architectural and constructive solutions of industrial buildings. The experience and lessons	30
Lisitsyna A.V. The historical and architectural environment of «border» towns of Nizhny-Novgorod region of the river Volga	39
Mirsayapova I.I. Three waves of the theoretical design	49
Nadyrova D.A. Profitable houses of Kazan of the end of XIX-beginning XX centuries, as a multi-functional complexes	57
Fachrutdinova I.A., Efimov D.D. Public architecture of the soviet modernism period as a topical issue for research of regional architectural heritage (60-80-ies of the 20th century)	64
HOUSES ARCHITECTURE. THE CREATIVE CONCEPT OF ARCHITECTURAL ACTIVITIES	
Zhelnakova L.V., Rodionovskaya I.S. Some methods of ecological protection of the kindergarten architectural environment in the megacity cramped conditions	72
URBAN DEVELOPMENT, RURAL SETTLEMENTS PLANNING	
Dembich A.A., Zakieva L.F. The formation of medical clusters in Kazan functioning as «growth points» of the medicine in the region	79
Narbekov M.F. Urban planning and development of Baku and Baku Agglomeration (end of 1930s-2015)	87
BUILDING STRUCTURES, HOUSES	
Badertdinov I.R., Kuznetsov I.L. Optimal geometrical parameters of trihedral steel support's cross section	95
Kupriyanov V.N., Altapov S.R. Modeling of wind actions by changing of a form of the building	100
Ladnushkin A.A., Avhadeev R.R., Hasanov R.M., Sadykov R.R. Modernization of industrial chimneys of oil production complexes	105
FOUNDATIONS, UNDERGROUND STRUCTURES	
Mirsayapov I.T., Sharafutdinov R.A. Bearing capacity and precipitation of soil foundations reinforced by vertical and horizontal elements	111
HEATING, VENTILATION, AIR CONDITIONING, GAS SUPPLY AND LIGHTING	
Akhmerova G.M., Fedorov A.V. The influence of soil moisture on heat losses of pipes in the impassable channels	117
Barysheva O.B., Khabibullin Iu.Kh., Belyaeva E.E. The effectiveness of the use of exhaust transformer oil in heating system of non-residential premises	122
Broyda V.A. The expediency of the air conditioning system with cold accumulation	127
Volodin Yu.G., Hannanov R.R. Mathematical modeling of the worker process in gas canal for the boiler aggregate TGM-84	133
Posokhin V.N., Ziganshin A.M., Gorohova A.Y. About natural convection over the horizontal heat sources	140
Posohin V.N., Kareeva J.R. About pressure loss at jet flow in limited spaces	146
WATER SUPPLY, SEWERAGE, WATER CONSERVATION CONSTRUCTION	
Buserev A.V., Selyugin A.S., Urmitova N.S., Kayumov F.F. To the question of cleaning oily wastewater in hydrocyclones installation with coalescing packings	152
Urmitova N.S., Abitov R.N., Khisameeva L.R., Nizamova A.Kh. Motion of a viscous liquid in the pores of the coarse granular coalescing nozzle with a linear resistance law	159
BUILDING MATERIALS AND PRODUCTS	
Galeev R.R., Abdrahmanova L.A., Nizamov R.K. Expanded perlite sand: the modification factors in PVC-compounds	166
Ermilova E.U., Kamalova Z.A., Rakhimov R.Z. Hybrid cements based on metakaolin with low content of Portland cement	172
Eruslanova E.V., Krasinikova N.M., Khozin V.G. No warm-lightweight concrete on the basis of nano-modified dry mixtures for foam	179
Morozova N.N., Hamza Abdulmalik Qais Getting high fine-grained concrete with the use of natural zeolite	185
Mukhametrakhimov R.Kh., Galautdinov A.R., Dikina A.N. The technology of manufacture and installation of modified gypsum plates	194
Potapova L.I., Furer V.L., Kovalenko V.I., Tsagolova E.I. Analysis of IR-spectra of para-tert-butylcalix[6]arene	201

Stroganov V.F., Amelchenko M.O., Lygina T.Z., Naumkina N.I. Possibility of regulation of technological and performance characteristics styrene-acrylic paints and lacquers materials filled by kaolins of different types of activation	207
Khaliullin M.I., Gaifullin A.R., Rakhimov R.Z. Complex influence of the components on the basic properties of artificial stone based on clinker without gypsum composite binders	212
Khamatova A.R., Khohryakov O.V. The electro-steel-smelting slag JSC «Izhstal» for cements of low water demand and concrete on their basis	221
CONSTRUCTION TECHNOLOGY AND ORGANIZATION	
Ibragimov R.A., Salimova G.R. Analysis of the duration of the construction of modern large-panel residential buildings in Kazan	228
Mudrov A.G. The ways of intensification of processes of construction technologies	233
Mukhametrakhimov R.Kh. Manufacturing technology and organization of production of cement-fiber plates	241
Khasanov R.M., Ladnushkin A.A., Sadykov R.R., Avhadeev R.R. Spatial mounting systems in the reconstruction of the main building of enterprises of the energy supervision	247
ROADS, SUBWAYS, AIRPORTS, BRIDGES AND TUNNELS DESIGN AND CONSTRUCTION	
Nikolaeva R.V. Suggestions for road design taking into account the driver perception of road conditions	252
ECOLOGICAL SAFETY OF CONSTRUCTION AND MUNICIPAL ECONOMY	
Barysheva O.B., Khabibullin Iu.Kh., Melnik A.E. Development of a method for processing solid waste using hot technology	259
COMPUTER SCIENCE, COMPUTER FACILITIES AND MANAGEMENT (in building)	
Gumerova L.V., Gumerov A.V. The strength that occurs when driving vortex filament around a circular cylinder	265
Rules of representation of materials for the publication in scientific journal «Kazan State University of Architecture and Engineering news»	273

УДК 72.017.4:72.025.5(470.41)
Аитов Р.Р. – кандидат архитектуры, профессор
E-mail: ramilaitov@yandex.ru
Афанасьева Е.А. – кандидат психологических наук, доцент
E-mail: elenaalex2011@yandex.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1

Традиционная колористика татарского сельского жилого дома в современных условиях

Аннотация

В статье представлены результаты исследования особенностей реализации принципов традиционной татарской колористики сельских жилых домов различных районов Республики Татарстан в условиях современного индивидуального строительства. Выявлены типы взаимодействия современных форм и материалов индивидуальной жилой застройки с традиционными приемами колористического решения жилого дома и других построек усадьбы. Обнаружены различные аспекты воспроизведения и развития традиций «татарского стиля» в цветовом оформлении сельского жилья.

Ключевые слова: колористика, архитектура Татарстана, народная деревянная архитектура, сельский жилой дом, современные строительные и отделочные материалы.

Сельская жилая застройка на территории Республики Татарстан за последние сто лет подвергалась многочисленным историческим влияниям и изменениям. Народные традиции в области строительства и отделки жилья вынуждены были гибко приспосабливаться к изменяющимся обстоятельствам и требованиям исторической ситуации. Но, если материальная реализация традиций зависела от уровня доходов сельских жителей, наличия материалов и особенностей социальной ситуации, то эстетическая оценка действительности, стиль выражения эстетического чувства, оставались устойчивыми признаками национального менталитета, который вновь свободно выражался в материальных формах при благоприятных возможностях изменяющихся исторических условий. Особенно устойчивыми представляются национальные традиции в области цветовых предпочтений, а также принципов и приемов использования цвета в оформлении жилья. Типы жилых строений, варианты их пластического декора при этом демонстрируют более высокую изменчивость.

Так, в начале 1920-х годов в селах Татарстана наблюдалось значимое снижение количества двухэтажных жилых домов (что было связано с процессом раскулачивания богатых семейств), возрастание доли домов с упрощенной отделкой и декором, по сравнению с дореволюционной ситуацией [1]. Идеологические и экономические особенности ситуации советского периода к 1980-м годам привели, с одной стороны, к сужению типологии объемно-планировочной структуры жилых домов, а с другой стороны, к богатству и разнообразию декора и цветового оформления всех построек усадьбы (жилого дома, хозяйственных построек, заборов, ворот). Если в начале XX века покраска всех строений была доступна только зажиточным семействам, то к концу XX века она стала массовым явлением в татарских селах и деревнях [2].

Изучение содержания характерного «татарского стиля» в декоре и колористике сельских жилых домов началось с этнографических и искусствоведческих экспедиций 1920-х годов Н.И. Воробьева [3], П.М. Дульского, М.Г. Худякова. Исследования второй половины XX века показали устойчивость признаков традиционного национального стиля, а теоретический аспект таких работ был направлен на обобщение особенностей стиля и поиск истоков их происхождения. Это работы И.Г. Гайнутдинова, Ф.Х. Валеева, Р.Р. Аитова [2, 4], Х.Г. Надыровой, Н.Х. Халитова.

При этом исследователями все острее осознавался вопрос соотношения национальных традиций и профессиональной архитектурной практики. Так, анализ застройки современных и традиционных сел Татарстана, проведенный в 1980-х годах в

исследовании Р.Р. Аитова, дал следующие результаты. Реализация национальных традиций в области декора и колористики наблюдалась в старых селах Татарстана, в которых строительство производилось на средства и по инициативе жителей; в новых селах, застроенных по типовым проектам сельских жилых домов, характерными признаками застройки оказывались «монотонность» и «серость». Эти признаки полностью противоречат традициям татарской народной архитектуры, характеризующейся бесконечным разнообразием вариантов полихромной отделки. Таким образом, в условиях индустриального типового сельского домостроения реализация национальных традиций оказалась невыполнимой задачей.

Современная ситуация индивидуального домостроения отличается, по сравнению с советским периодом, расширившимися материальными возможностями, в том числе и в плане ассортимента строительных и отделочных материалов. При этом в отношении авторства реализации национальных традиций ситуация в целом не изменилась – по-прежнему народные традиции реализуются народом, а архитекторы-профессионалы демонстрируют неосведомленность и беспомощность в решении таких задач. Для решения этой проблемы ведущими специалистами в области исследования национального стиля татарской архитектуры была сформулирована «Концепция поддержки и развития национального своеобразия в архитектуре Татарстана» (Н.Х. Халитов, Р.Р. Аитов, Х.Г. Надырова) [5]. Данная концепция, в частности, включает задачи расширения спектра научных исследований, изучения татарской архитектурной традиции, анализа современной практики и популяризации данных о национальных традициях татарской архитектуры.

Это делает проводимое нами исследование актуальным и востребованным как в области архитектурной теории, так и в области архитектурной практики, связанной с проектированием индивидуальных жилых домов, планировкой и застройкой сельских населенных мест на территории Республики Татарстан. Целью исследования является изучение особенностей реализации национальных колористических традиций сельской жилой застройки в современных условиях. Под «современными условиями» мы в данном случае понимаем особенности ситуации современного индивидуального строительства жилых домов и других построек сельской усадьбы, которое ведется по инициативе и на средства самих жителей. Такая ситуация характеризуется, с одной стороны, потребностями, вкусами и возможностями застройщиков (в которых реализуются, в частности, национальные эстетические предпочтения), а с другой стороны, широким спектром современных строительных и отделочных материалов. Оба фактора могут оказывать влияние на особенности архитектурной формы, на объемно-планировочное решение построек и их цветовое оформление. Мы предполагаем, что изменение форм и материалов сельского жилого строительства приводит к специфической реализации национальных колористических традиций. Для выявления содержания такой специфики нами было предпринято натурное обследование ряда современных сельских населенных пунктов различных районов Республики Татарстан, фотофиксация, анализ и обобщение полученных данных.

Натурные обследования (2011-2013 гг.) были проведены в Алексеевском районе (Билярск, Красная Горка), Арском районе (Арск, Березн, Качелино, Урнаш Баш, Утар Аты, Чулпаново), Атнинском районе (Большая Атня, Большие Березн, Большие Менгеры, Нижняя Береске, Русский Алат, Средний Алат), Верхнеуслонском районе (Татарское Макулево), Высокогорском районе (Высокая Гора, Малые Бирюли), Кайбицком районе (Имянлек), Лаишевском районе (Именьково, Лаишево, Орел, Тарлаши, Шуран), Спасском районе (Болгары).

Теоретической основой исследования является теория архитектурной колористики (А.В. Ефимов, 1990). Это направление теоретических и прикладных исследований получило в последнее время дальнейшее развитие, например, в работах А.В. Ефимова и Н.Г. Пановой [6, 7]; однако содержание таких работ обычно не выходит за пределы проблем архитектуры города. При этом известно, что сельская архитектура и сельская архитектурно-пространственная среда имеет ряд принципиальных отличий от городской. Одно из существенных отличий – возможность жителей самостоятельно заниматься художественно-декоративным и цветовым оформлением своих домов. Также отличаются и эстетические стандарты обитателей сельской среды – им, в частности, свойственно предпочтение более ярких цветов по сравнению с городскими жителями [2]. В нашем

случае, помимо особенностей эстетических вкусов сельского населения, проявляются и национальные особенности выбора цветов, их сочетаний и приемов использования цвета, характерные для «татарского стиля».

Особенности татарской традиционной колористики жилых домов, исследованные достаточно полно на протяжении XX века, а также предполагаемые источники их происхождения, в целом охарактеризованы нами в предыдущем исследовании [8, С. 14-16]. К ним относятся: полихромность колористического решения с выбором характерной гаммы основных чистых цветов (зеленого, голубого, желтого и белого); использование принципа чередования цветов (большими плоскостями и/или раскраской «в полоску»); высокая степень контрастности соотношения цветов (по цветовому тону и светлоте). В татарской сельской жилой архитектуре цветовая проработка поверхностей строений и их деталей была тесно связана с конструктивными признаками и приемами пластической декоративной отделки. То есть цвет использовался как композиционно-художественное средство, выявляющее структуру сооружения (покраска структурных элементов), а не как декоративный прием (роспись).

Традиции в области колористики при этом не сводятся к какому-то определенному жесткому шаблону, а составляют ряд принципов и приемов, позволяющих получать различные варианты цветовых решений. В связи с тенденцией сельских жителей максимально индивидуализировать свое жилище [2], разнообразие приемов работы с цветом позволяло достичь уникальности каждого цветового решения в рамках общей культурной традиции. В итоге разнообразные варианты полихромных цветовых решений жилых домов и других построек (ворот, заборов, хозяйственных сооружений) создавали характерный, легко узнаваемый облик татарского села, ярко выделяющегося на фоне природного ландшафта и значительно отличающегося от поселений других этносов Поволжья.

Современное сельское поселение во многом сохраняет исторически сложившиеся признаки – тесный контакт с природой, ведение индивидуального хозяйства, что отражается и в постоянстве признаков застройки. Основная масса жилой застройки села – застройка отдельными усадьбами, выходящими на улицу узкой торцевой стороной, с расположением жилого дома в непосредственной близости от улицы. Панорама улицы села, таким образом, в целом не меняется; ее составляют заборы с воротами, торцы хозяйственных построек, торцевой (уличный) фасад жилого дома (видимый с улицы в различной степени, в зависимости от постановки дома на участке и особенностей изгороди перед ним). Тенденции современности наблюдаются в увеличении площадей домов (путем их перестройки, а чаще – боковыми пристроями) и хозяйственных построек (в частности, выходящих на улицу гаражей), в надстраивании вторых этажей, в применении нетрадиционных строительных и отделочных материалов в противоположность традиционному дереву, в различных комбинациях материалов в одной постройке. При этом как старые, так и новые постройки исследованных нами традиционных татарских сел активно выделяются цветом на фоне окружающей среды. Таким образом, современное село в целом демонстрирует различные сочетания традиций и новаторства, что характеризует процесс развития традиций, их существования на современном уровне, в современных условиях [5].

Далее приводим результаты исследования, объединив их в разделы, характеризующие архитектурную форму, материалы и колористику современных сельских жилых домов и других построек усадьбы.

Традиции и новаторство в области архитектурной формы. Объемно-планировочное решение построек и их декор

Традиционная форма сельского татарского жилого дома (как и у других народов данного региона) – бревенчатый сруб (четырехстенный или шестистенный), перекрытый двускатной крышей, с характерным торцевым (уличным) фасадом в три окна (рис. 1а, б). Такие традиционные дома в татарских селах во множестве сохраняются, поддерживаются в хорошем состоянии и тщательно окрашиваются, являясь основным типом современной сельской жилой застройки. Сохраняется также традиционная отделка поверхностей (обшивка досками плоскости стен и углов дома, фронтонов) и декор (наличники с элементами

накладной резьбы, карнизы, подзоры кровель). Декоративная отделка фронтона в основном воспроизводит упрощенный вариант – фронтонное окно без фронтонной ниши, когда-то характерной для жилых домов в татарских селах [3]. В накладном резном декоре наличников, углов дома, ворот, заборов используются традиционные мотивы, характерные для татарских сел, в том числе и за пределами Татарстана [9, 10].

Некоторое количество таких домов претерпевают современные «улучшения», связанные с описанной выше тенденцией расширения площадей. Это выражается в различных по размеру «пристройках», которые могут быть симметричными (по бокам основного объема) или чаще асимметричными (с одной стороны). Такая тенденция (представленная на рис. 2, 3) приводит к сильному изменению общего облика дома, так как соответственно расширяется крыша (чаще всего без изменения ее высоты), меняется форма фронтона; либо меняется пропорциональное соотношение плоскости стен и фронтона. Особенно сильно изменяется форма фронтона в случаях асимметричных пристроек: он становится либо двойным (составным из симметричной старой и боковой новой частей, как на рис. 2а), либо цельным асимметричным. Традиционный декор (обшивка, наличники, карнизы), имеющийся только на старой части дома, еще больше усиливает свойство асимметрии (рис. 3). В целом такой дом теряет признак симметричности, как композиционное и эстетическое свойство традиционного жилья.

Жилые дома полностью новой постройки возводятся сразу больших размеров по сравнению с традиционными. Уличный фасад имеет 5-6 окон, кровля может иметь больший уклон или сложную форму (мансардные кровли). Такие дома строятся симметричными, что позволяет отнести выше описанную асимметрию к вынужденным мерам, а не к проявлению эстетических вкусов застройщиков.

Роль декоративной проработки фронтонов во всех видах домов заметно снижается, что связано с уменьшением изолированности дома от пространства улицы (снижение заборов, увеличение в них плоскости решеток перед фасадом дома, использование решетки или сетки вместо забора перед домом). Теперь чаще всего весь уличный фасад дома решается как целостная композиция, призванная заявить о своей индивидуальности, ориентированная на осмотр со стороны улицы (рис. 2, 4).

Ворота, как традиционно особенно значимый элемент усадьбы, тщательно воспроизводятся в традиционных формах (рис. 3, 4). Самым распространенным вариантом на данный момент являются ворота на трех столбах со скатной кровлей. Торцевые фронтоны и нижняя подшивка скатной кровли также оформляются традиционным способом. На столбах крепятся полотнища ворот и калитки, над калиткой или над всеми полотнищами часто устанавливается ажурная решетка (рис. 3). Полотнища украшаются традиционным накладным декором – цветочными розетками, «сиянием» (рис. 3, 4). Вновь построенные ворота из современных материалов чаще всего воспроизводят ту же объемно-пространственную структуру; очень редко используются ворота без устройства скатной кровли над ними. Забор также используется чаще традиционных форм – высокий сплошной, с понижением высоты и решетчатой вставкой перед фасадом дома (рис. 1, 3).

Традиции и новаторство в области строительных и отделочных материалов

Традиционный строительный материал региона – дерево, использовавшееся в виде бревен (срубы жилых домов, столбы ворот) или досок (обшивка стен сруба, фронтон, ворота, калитки, заборы, хозяйственные постройки). Этот материал сохраняется и обновляется в старых постройках; новое строительство ведется преимущественно из кирпича – силикатного, глиняного или их комбинации. Для облицовки часто используется виниловый сайдинг – им может быть облицован только фронтон (рис. 3) или вся поверхность дома (рис. 1б, рис. 2). В этом случае воспроизводятся традиционные способы обшивки – горизонтально или «в елочку». Также сайдингом отделывают боковые фронтоны скатной кровли ворот, обшивают столбы ворот. Конструктивную основу новых ворот и заборов чаще выполняют из металлических элементов – металлических труб (столбов), профлиста (полотнища ворот и калиток, секции заборов). Полотнища из профлиста накладного декора не имеют. Нередки комбинации материалов в устройстве

ворот – на металлических столбах крепятся деревянные полотнища ворот в металлическом каркасе; в этом случае на них устанавливается традиционный накладной декор (рис. 3, 4). Металлические секции заборов могут устанавливаться по металлическим столбам или по кирпичным столбам на кирпичном цоколе. Характерна вставка металлической кованой решетки (или деревянной – ажурной пропильной, как на рис. 1а) в верхнюю часть секций перед фасадом дома. Получили достаточно широкое распространение и ограждения из сборных декоративных железобетонных элементов; причем предпочтение отдается секциям, сплошным в нижней части и решетчатым в верхней.

В целом в отношении использования строительных и отделочных материалов большинство усадеб демонстрируют широкий спектр их видов в самых различных комбинациях. Деревянные оконные наличники устанавливают на стены кирпичные (рис. 4) или облицованные сайдингом (рис. 1б). Металлические ажурные подзоры кровель используются на фоне фронтона, облицованного сайдингом (рис. 2б, рис. 3). При облицовке сайдингом фронтон обычно утрачивает свою традиционно значимую композиционную роль; фронтонное окно чаще всего оформляется белым пластиковым наличником, а окна основного объема дома – резными деревянными, ярко окрашенными наличниками. Нередко можно увидеть деревянный сруб, обшитый досками, с кирпичным пристроем, фронтоном, отделанным сайдингом, с железобетонными ограждениями и металлическими воротами. Тем не менее, застройщикам чаще всего удается объединить весь этот набор в единую композицию, и средством такого объединения становится цвет.

Традиции и новаторство в области цвета

Традиционно предпочитаемыми цветами в колористике татарского сельского жилого дома остаются: желтый, зеленый, голубой, белый; в качестве акцентов могут использоваться синий и красный. Характерными контрастными сочетаниями являются ярко-желтый с голубым или синим, темно-зеленый с голубым, голубой или синий с белым. Эти варианты во множестве композиционных приемов встречаются в окраске деревянных жилых домов и других построек.

Новаторство в области цвета проявляется в выборе оттенков в переделах традиционных цветовых тонов, что можно объяснить значительным расширением ассортимента современных красителей. Так, особенно богатой становится гамма предпочитаемых зеленых оттенков: зелено-синий, зелено-голубой, зелено-бирюзовый, светло-зеленый-мятный, реже зелено-желтый. Используются и традиционные оттенки зеленого – чистый, средний по светлоте зеленый оттенок и темно-зеленый. Также расширилась палитра несколько реже встречающихся традиционных коричнево-охристых тонов: коричнево-охристый различной степени светлоты, терракотовый, терракотово-оранжевый, коричнево-розовый, коричнево-красный, бордовый. Нередко различные постройки усадьбы или элементы поверхностей дома окрашиваются в разные оттенки в пределах одного цветового тона.

Традиционная окраска деревянной обшивки домов выполняется весьма активно в полном соответствии с традиционными канонами (рис. 1а). Последовательно воплощается принцип полихромии и воспроизводится прием чередования цветов – как большими плоскостями (например, контрастно отделяя плоскость фронтона от плоскости стены), так и «в полоску», чередуя контрастные цвета на дощатой обшивке различных видов (горизонтальными полосами, участками вертикальных полос или «в елочку»). Традиционно окрашивают как дощатую обшивку дома, так и не обшитые стены бревенчатого сруба.

Помимо окрашивания деревянных поверхностей, практикуется окраска самых разных материалов, не имеющих собственного яркого цвета и пригодных для воздействия красителей. Красят стены из бетонных блоков (встречаются примеры окраски в зеленый и коричнево-красный цвет), при этом швы между ними могут закрашиваться в основной цвет или выделяться белым; красят кирпичные и оштукатуренные наличники, красят металлические столбы ворот (новым и весьма популярным приемом является раскраска «под березку»). Окрашивают секции железобетонных ограждений, причем решетчатые элементы, обычно красят белым, иногда с выделением другим цветом мелких элементов декора, а нижнюю сплошную плоскость – в любой оттенок традиционных цветовых тонов. В большинстве случаев цвет

выступает как композиционное средство, выявляя структурные элементы построек. Значительно реже цвет используют и как декоративное средство, рисуя наличники на поверхности оштукатуренной стены, или раскрашивая забор из металлической сетки характерным орнаментом «ромб», который традиционно выполнялся из деревянных реек.

Особыми случаями использования цвета становятся ситуации применения материалов, имеющих свой цвет «от изготовителя» и не нуждающихся в покраске. Застройщик может выбирать цвета таких материалов из имеющегося ассортимента, и в этом случае мы наблюдаем выбор все тех же традиционных цветов – темно-зеленого или синего, нередко и ярко-желтого профлиста для секций заборов и полотнищ ворот; светло-зеленого и белого сайдинга (варианты – голубой, светло-серый, бежевый и светло-персиковый) для отделки стен дома и фронтона сплошными плоскостями (рис. 2б, рис. 3) или «в полоску» (рис. 1б), в том числе и «в елочку» (рис. 2а).

При строительстве из кирпича без последующей облицовки цвет кирпича разного вида становится декоративным средством; поэтому так популярны стены из комбинаций силикатного и глиняного кирпича (рис. 4). Использование цвета в этом случае восходит к опыту советского периода, когда в попытках внести в эстетику индустриальной застройки элементы разнообразия, декоративности и национального стиля, стены выкладывали со стилизованными орнаментами или с имитацией наличников – глиняным кирпичом по фону силикатного. Такой прием подвергался и подвергается профессиональной архитектурной критике [5], но, по-видимому, стал привычным и достаточно популярным. Встречаются и вполне удачные варианты такой отделки, хорошо имитирующие пластику традиционного декора (карнизов, наличников, обшивки углов дома), а также воспроизводящие традиционный прием окраски «в полоску» горизонтальными рядами кирпичей разных видов. Но при этом в большинстве случаев основным декором кирпичной плоскости стены и цветовым акцентом остаются традиционные наличники окон – деревянные, резные, окрашенные преимущественно в два цвета – зеленый с белым, голубой с белым. Такой кирпичный дом чаще всего имеет деревянный фронтон, окрашенный «в полоску» или «в елочку» в те же цвета (рис. 4).

Обобщая результаты проведенного анализа различных колористических решений татарского жилого дома и других построек усадьбы, можно заключить, что традиционная полихромия в сельском индивидуальном строительстве сохранилась до настоящего времени и продолжает преемственно развиваться.

Основой стабильности воспроизведения традиций является неизменность национальных художественно-эстетических взглядов и вкусов. К ним относится, прежде всего, постоянство выбора доминирующих цветов. Цветовая палитра татарской сельской архитектуры с булгарских времен практически не изменилась, по-прежнему ее основу составляют зеленый, голубой, желтый, белый; расширился лишь спектр используемых оттенков в связи с широтой современного ассортимента. Также сохраняются и тщательно воспроизводятся традиционные приемы работы с цветом – чередование цветов, цветовые контрасты. Принцип полихромности остается основополагающим для татарской национальной колористики и на современном этапе, а в связи с ассортиментом материалов и красок приобретает даже больший масштаб по сравнению с предшествующими периодами.

Фактор национальных художественно-эстетических взглядов и вкусов в нашем случае можно считать ведущим по отношению к другим основаниям региональной специфики сельской архитектурной колористики. Так, природно-географические и климатические условия местности являются одинаковыми для всех этносов Среднего Поволжья; однако художественная «реакция» на природные условия у каждого этноса специфична, несмотря на некоторые взаимные заимствования в регионах совместного проживания. Сходны варианты архитектурной формы и ее композиции в отношении устройства сельского жилого дома и других строений усадьбы. Современные строительные технологии, строительные и отделочные материалы также не отличаются региональной спецификой; кирпич, профнастил и сайдинг широко используются повсеместно. При этом особенности работы с современными материалами, их обработка, подбор и комбинация зависят от требований национального эстетического стандарта.

а) б)

Рис. 1. Воспроизведение традиционных форм, декора и цветов в различных материалах:
а – деревянная обшивка, жилой дом, Арский район, Качелино
б – обшивка сайдингом, жилой дом, Атнинский район, Нижняя Береске

а) б)

Рис. 2. Изменение форм и декора в связи с расширением домов и отделкой сайдингом
при воспроизведении принципов традиционной колористики:
а, б – жилые дома, Арский район, Арск

Рис. 3. Воспроизведение традиционных форм, декора и колористики при комбинации различных материалов. Жилой дом, Арский район, Качелино

Рис. 4. Воспроизведение традиционных форм, декора и цвета в новом строительстве. Жилой дом, Высокогорский район, Малые Бирюли

Анализ и обобщение полученного нами фактического материала позволил выявить различные типы взаимодействия современных форм и материалов индивидуальной жилой застройки с традиционными приемами колористического решения.

Первым типом взаимодействия является приспособление материалов (обработка) к требованиям национального колористического вкуса при воспроизведении традиционных архитектурных форм. Например, используется в целом традиционная форма забора с решеткой в верхней части; материал – сборные бетонные элементы; обработка, приспособление к вкусам застройщика – окраска бетона согласно традиционным национальным эстетическим стандартам. К этому типу взаимодействия относится также окраска стен дома из бетонных блоков или окраска кирпичных наличников.

Второй тип взаимодействия – подбор новых материалов для воспроизведения традиционных форм (в частности, традиционного декора) в традиционных цветах. Например, устройство резного подзора кровли из двух полос ажурного металлического профиля – зеленого и белого цветов (рис. 2б). Или, подбор светло-зеленого и белого сайдинга для обшивки стен дома с воспроизведением традиционной «полосатой» цветовой композиции (рис. 1б).

Третий тип взаимодействия – новая комбинация материалов для воспроизведения традиционной декоративной и цветовой композиции. Пример – устройство резных деревянных контрастно окрашенных наличников окон на фоне плоскости стены, облицованной сайдингом. Также – вставка деревянной ярко окрашенной резной решетки в плоскость забора из оцинкованного профлиста (рис. 1а).

Четвертый тип взаимодействия – отказ от воспроизведения традиционных форм и композиций (нередко и отказ от декора) при выборе новых материалов и конструкций; но с сохранением традиционной колористики. Пример – заборы и ворота из профлиста без традиционной скатной кровли и декоративных элементов, но традиционных цветов (темно-зеленый, голубой, синий). Или устройство над расширенным домом новой асимметричной кровли с отделкой фронтона сайдингом с воспроизведением приема чередования цветов (рис. 2а).

Таким образом, современная ситуация сельского жилого индивидуального строительства в традиционных татарских селах Республики Татарстан характеризуется достаточно широким использованием новых строительных и отделочных материалов при относительном постоянстве форм, композиций и декора. Цветовое решение жилого дома и других построек усадьбы демонстрирует наиболее высокую степень устойчивости традиций, воспроизводящихся даже при отказе от традиционных композиций и декора. Можно заключить, что застройщики и мастера проявляют значительную изобретательность, сохраняя, воплощая и развивая традиции татарской колористики, реализуя постоянство национальных художественно-эстетических взглядов и вкусов в изменяющихся современных условиях.

Список библиографических ссылок

1. Давыдов Д.В. Некоторые особенности постройки и декорирования крестьянских жилищ в 1920-е годы // Исторические, философские, политические и юридические науки, культурология и искусствоведение. Вопросы теории и практики. – Тамбов: Грамота, 2011, № 8, Ч. 2. – С. 67-70.
2. Аитов Р.Р. Особенности полихромии традиционного татарского сельского жилища (на материалах районов Заказанья ТАССР) // Архитектура и градостроительство (отечественный опыт). – М., 1991, № 813. – С. 46-56.
3. Воробьев Н.И. Жилища и поселения казанских татар Арского кантона ТАССР. – Казань, 1926. – 29 с.
4. Аитов Р.Р. Культурно-исторические традиции применения цвета в татарской сельской архитектуре // Архитектура и градостроительство (отечественный опыт). – М., 1991, № 815. – С. 44-54.
5. Халитов Н.Х., Аитов Р.Р., Надырова Х.Г. Концепция поддержки и развития национального своеобразия в архитектуре Татарстана // Известия КГАСУ, 2012, № 2 (20). – С. 49-64.
6. Ефимов А.В., Панова Н.Г. Колористическая культура архитектора. Эволюция цветовых предпочтений в архитектуре // Архитектура и строительство России, 2015, № 1 (205). – С. 30-39.
7. Панова Н.Г. Цвет и символ в формировании архитектурной среды // Региональные архитектурно-художественные школы. – Новосибирск, 2015, № 1. – С. 257-261.
8. Аитов Р.Р., Афанасьева Е.А. Проблема реконструкции традиционной татарской колористики (на примере квартала № 205 Старо-татарской слободы) // Известия КГАСУ, 2015, № 2 (32). – С. 13-23.
9. Шкляева Л.М. О художественных особенностях орнамента деревянной резьбы в декоре сельских строений татар Среднего Поволжья (по результатам экспедиции 2013 года в Мамадышский район РТ) // Филология и культура, 2014, № 1 (35). – С. 258-263.
10. Шкляева Л.М. Искусство резьбы по дереву татар Самарской области (по результатам экспедиции в июне-июле 2014 года) // Вестник Казанского государственного университета культуры и искусств, 2015, № 1. – С. 53-57.

Aitov R.R. – candidate of architecture, professor
E-mail: ramilaitov@yandex.ru
Afanasyeva E.A. – candidate of psychological sciences, associate professor
E-mail: elenaalex2011@yandex.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

The traditional coloring of the Tatar rural houses in modern conditions

Resume

The article presents the results of the study of color modern individual rural residential building of the Republic of Tatarstan. Found stable reproduction of the basic principles and methods of traditional Tatar coloring. This is polychromatic color scheme in green, blue, white and yellow, traditional techniques of contrasting colors and alternating colors (color stripe). Features of national color compositions are embodied in a traditional wooden building and saved in using modern building and finishing materials – brick, concrete, vinyl siding, metal profiled sheet. The basis of the stability of tradition is the immutability of national artistic and aesthetic views and tastes. They determine the features of working with modern materials, their processing (painting), selection and combination. Analysis and generalization of the obtained factual material allows to identify different types of interactions modern forms and materials of individual housing with traditional color solutions. The first type of interaction is the adaptation of materials (painting of concrete, brick and metal) to the requirements of the national coloring

with using traditional architectural forms. The second type of interaction is the selection of new materials to reproduce traditional forms (in particular, traditional decor) in the traditional colors. The third type of interaction – a new combination of materials to reproduce traditional decorative and color composition. The fourth type of interaction – refusal of reproduction of traditional forms and compositions (and often the refusal of the decor) in the selection of new materials and designs; but with the persistence of traditional colors. Color composition of residential houses and other buildings demonstrates the highest degree of stability of traditions, reproducing even in the rejection of traditional forms and decoration. Builders and craftsmen demonstrate considerable ingenuity, implementing the permanence of national artistic and aesthetic views and tastes in changing modern conditions.

Keywords: coloring, the architecture of Tatarstan, folk wooden architecture, rural residential house, modern construction and finishing materials.

Reference list

1. Davidov D.V. Some features of peasant dwellings construction and decoration in the 1920s // Istoricheskie, filosofskie, politicheskie i yuridicheskie nauki, kulturologiya i iskusstvovedenie. Voprosy teorii i praktiki. – Tambov: Gramota, 2011, № 8, Part 2. – P. 67-70.
2. Aitov R.R. Features polychromes traditional Tatar rural dwelling (on the materials of the areas Zacazanya of Tatarstan) // Arhitektura i gradostroitelstvo (otechestvennyj opyt). – M., 1991, № 813. – P. 46-56.
3. Vorobiev N.I. Housing and settlements of the Kazan Tatars (Arsk Canton TSSR). – Kazan, 1926. – 29 p.
4. Aitov R.R. Cultural-historical traditions of the use of color in the Tatar rural architecture // Arhitektura i gradostroitelstvo (otechestvennyj opyt). – M., 1991, № 815. – P. 44-54.
5. Khalitov N.H., Aitov R.R., Nadirova H.G. The Concept of support and development of national identity in the architecture of Tatarstan // Izvestiya KGASU, 2012, № 2 (20). – P. 49-64.
6. Efimov A.V., Panova N.G. Colour culture of the architect. The evolution of color preferences in architecture // Arhitektura i stroitelstvo Rossii, 2015, № 1 (205). – P. 30-39.
7. Panova N.G. Colour and symbol in the formation of the architectural environment // Regionalnye arhitekturno-hudozhestvennye shkoly. – Novosibirsk, 2015, № 1. – P. 257-261.
8. Aitov R.R., Afanasyeva E.A. The problem of reconstruction in Tatar traditional coloring (at an example of block № 205 of the Old-Tatar Sloboda) // Izvestiya KGASU, 2015, № 2 (32). – P. 13-23.
9. Shklyaeva L.M. On Artistic Features of the Wooden Carving Ornament in the Decor of the Tatar Rural Houses in the Middle Volga Region (based on the results of the 2013 expedition to Mamadyshskiy district, the Republic of Tatarstan) // Filologiya i kultura, 2014, № 1 (35). – P. 258-263.
10. Shklyaeva L.M. Peculiarities of development of folk carving of the Tatars in the Samara region (based on the results of the expedition in June-July 2014) // Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo universiteta kultury i iskusstv, 2015, № 1. – P. 53-57.

УДК 728.7
Аширова М.В. – студент
E-mail: margoash.indigokazan@gmail.com
Айдарова Г.Н. – доктор архитектуры, профессор
E-mail: aidagalnik@mail.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

Архитектура быстрого реагирования: концепция временного мобильного жилья в условиях чрезвычайных ситуаций

Аннотация

Статья посвящена проблеме разработке временного мобильного жилья в экстремальных природных и социальных условиях, а также в условиях временного расселения (маневренный фонд) в крупных и крупнейших городах. В статье рассматриваются актуальные тенденции в современном временном жилье, и мобильных объектах городской среды. Предложена концептуальная модель временного универсального жилого модуля для актуальных групп потребления. Временные модули рассматриваются в актуальных группах потребления, и варьируются в ценовых и качественных характеристиках. В проектной части статьи продемонстрировано использование актуальных материалов возведения согласно технико-экономическим и географическим характеристикам.

Ключевые слова: архитектура быстрого реагирования, мобильная архитектура, маневренный жилой фонд, архитектура чрезвычайных ситуаций (ЧС), потребители временного жилья, универсальный жилой блок-модуль для временного проживания.

Архитектура быстрого реагирования – это архитектура временных, быстровозводимых жилых объектов и поселений как оказание первой помощи в условиях природных и социально-национальных катаклизмов, коммунальных катастроф (маневренный жилой фонд), а также при проведении культурных и спортивных мероприятий со значительным притоком туристов. Это разворачивание в кратчайшие сроки временных лагерей на нейтральных территориях, временных жилых модулей в условиях городской среды.

Нестабильность природно-климатических условий, межгосударственные социально-национальные конфликты и технологические катастрофы приобрели регулярный характер. В связи с этим возникает потребность в предоставление временного жилья различным социальным группам населения, потерявшим кров. Возросший интерес к теме временного жилья обусловлен событиями последних лет

1) Природные катаклизмы: 26 января 2001 года – землетрясение в Индии; 26 декабря 2003 года – землетрясение в Иране; 26 декабря 2004 года – мощнейший за всю историю цунами в Шри-Ланке; 29 августа 2005 года – ураган Катрина; 8 октября 2005 года – землетрясение в Южной Азии; 27 мая 2006 года – землетрясение на острове Ява в Индонезии; 2-3 мая 2008 года – наводнение в Мьянме; 12 мая 2008 года – землетрясение в Китае; 12 января 2010 года – землетрясение на Гаити; март 2010 года – извержение вулкана Эйяфьятлайокудль в Исландии; ноябрь 2012 – наводнение на дальнем Востоке; декабрь 2015 – оползень в Китае; февраль 2016 – землетрясение на Тайване и др. [1];

2) Социальные конфликты и войны: июль 2013 года военный конфликт в Сирии; сентябрь 2014 национальный конфликт в Украине; декабрь 2015 гражданская война в Сирии; и др. [2];

3) Технологические катастрофы (пожары, обрушения жилых домов): 20 февраля 2015 пожар в крупном жилом доме в городе Неймеген на востоке Нидерландов, более 100 жителей остались без крова; 20 февраля 2015 в пригороде столицы Манилы пожар уничтожил 400 домов, около 1,2 тысячи филиппинцев лишились кров; 1 октября 2015 мощный пожар в Бразилии, около 200 домов были уничтожены; В ночь на 12 марта 2014 пожар в деревне Тинджерос на Филиппинах, около сотни домов сожжены, почти 200 семей остались без крова. Ежегодно на улицах оказывается более 1,5 млр. человек [3].

Актуальность проблемы временного жилья возрастает и в условиях крупных и крупнейших городов для иных групп потребителей: туристы, волонтеры, паломники, бездомные. На основе анализа данных СМИ выявлены основные группы потребления временного жилья. На территории РФ количество бездомных на 2015 год составляет 3 млн. человек. В среднем по стране число бездомных варьируется в пределах от 3-4 млн. человек. Высокая смертность бездомных от переохлаждения компенсируется регулярным приростом, связанным с нестабильной политической и экономической ситуацией в мире и стране [4]. Количество беженцев в 2015 году составило 1 млн. человек. На территории России зафиксировано 10-15 млн. трудовых мигрантов (гастарбайтеров). Нелегальные трудовые мигранты одна из наиболее крупных групп потребления временного жилья. «Гастарбайтеры» – жаргонизм, обозначающий иностранцев, работающих по временному найму. В России феномен массовых трудовых миграционных потоков из Средней Азии стал реальностью после 2003-2004 гг. Число туристов ежегодно путешествующих без бронирования отелей достигает 1,5 млр. человек. Ежегодные массовые культурно-спортивные мероприятия привлекается более 20 млн. волонтеров со всего мира [5]. Существует категория людей, для которых постоянные перемещения являются образом жизни: полярники и исследователи – группа научных работников путешествующих в поиске новых открытий.

Рис. 1. Классификация потребителей временного жилья на территории РФ (по данным СМИ)

К настоящему времени накоплен определенный опыт разработки мобильного жилья. Анализ проектного опыта показал, что временная жилая архитектура возводимая на срок, установленный до 1,5 лет, должна быть легковозводимой, быстровозводимой, мобильной. Одними из наиболее успешных и многофункциональных оказался модуль Лиина – модульное убежище, спроектированное студентами университета Аальто для того, чтобы служить временным домом для беженцев в странах с холодным климатом. Благодаря системе пересекающихся деревянных панелей и простых ремней из ткани, модуль требует на сборку всего шесть часов после его распаковки из транспортного контейнера. При этом для монтажа не требуется никаких электрических инструментов [6]. Albang – это совместный проект южнокорейских студий Yoon Space и Song Pyoung, созданный в качестве альтернативы традиционным видам мобильного жилья (тентам, домам на колесах и т.д.). Авторы делают акцент на том, что такие конструкции легко перемещать с места на место, при этом они имеют достаточный уровень комфорта. Продумывая эргономику внутреннего пространства и соотнося ее с внешней формой, дизайнеры выбрали наиболее оптимальную концепцию яйца-капсулы с окнами иллюминаторами и подъемными дверьми. В качестве строительного материала авторы предлагают пенополистирол, как дешевый, лёгкий, огнестойкий материал с хорошими изоляционными характеристиками. Мгновенные квартиры по проекту архитектурного бюро Levitt Bernstein заброшенные гаражи в северо-восточной части Лондона (округ Хакни) превратились в небольшие квартиры для бездомных. Особенность таких квартир – скорость их сооружения. Жилье состоит из готовых модулей, которые легко собирать, разбирать и перевозить, поэтому любой гараж в считанные минуты можно превратить во вполне уютный дом [7]. Данные варианты актуальны для зарубежных стран с мягким и теплым климатом и не актуальны для России, где морозы достигают 35 градусов. В

Татарстане тема временного жилья приобрела особую значимость с 2014 года, в связи с миграцией беженцев из Украины, число которых по данным миграционной службы достигло к концу 2015 года 1500 человек. Кроме того, Казань, являясь городом с богатым культурным наследием, притягивает большие потоки туристов. Религиозные центры, такие как Булгар и Свияжск становятся центрами притяжения паломников. В современном проектировании архитектурный объект рассматривается как сложная система, обладающая определенной морфологией, функциональной направленностью, системной целостностью и средовой характеристикой [8]. Временное жилье может представлять систему блок-модулей из двух и нескольких модульных ячеек, создавая новые пространственные решения, за счет возможностей сборно-разборных конструкций. Так модули на месте могут реагировать на количественные и эргономические параметры населения и из набора базовых элементов формировать объекты временной жизнедеятельности [9, 10, 11].

В условиях Казани временные жилые объекты могут возникать в контексте городской среды, вблизи памятников культуры и архитектурного наследия, что диктует свои критерии, ограничения, типологические характеристики, внешние параметры.

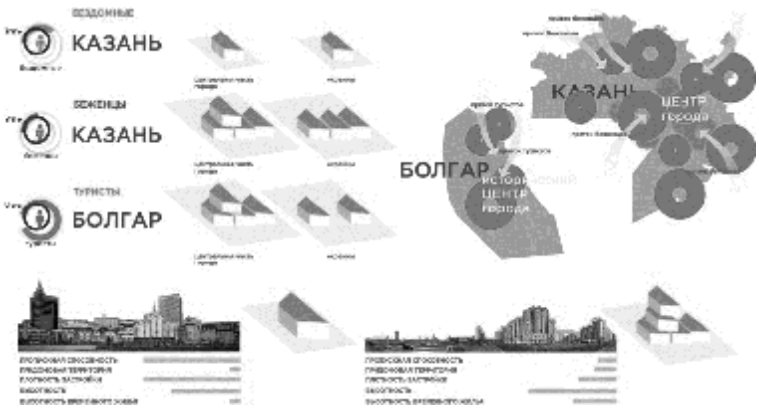


Рис. 2. Схема возможного территориального использования временного жилья

В условиях Казани и туристских центров (Болгары, Свияжск) может быть использована временная архитектура трех типов: 1) архитектура временного жилья с использованием дерева; концепция экологически чистого объекта позволяет оставлять его на месте для дальнейшей регенерации; 2) архитектура максимально быстрого возведения на основе пенопластовых технологий; позволяет максимально быстро собирать и разбирать временное жилье с минимальным ущербом для окружающей среды и архитектурного наследия; 3) архитектура временного жилья с использованием вторичного сырья, минимальная себестоимость объекта, делает данное жилье наиболее доступным.

Наиболее целесообразным решением проблемы в условиях крупного и крупнейшего города, а также туристско-паломнических центров может явиться разработка и использование универсального блок-модуля. В результате проведенного исследования на основе зарубежного и отечественного научного и практического опыта разработана концепция универсального жилого блок-модуля, предложена проектная модель временного жилья. В основу проектной модели легли принципы и критерии временного легковозводимого жилья, анализ основных групп потребления: беженцы, бездомные, туристы, паломники, волонтеры, трудовые мигранты (гастарбайтеры). Разработанный блок-модуль имеет минимальную комфортную жилую площадь составляющую 4 м² со всем необходимым функциональным насыщением, а именно зоной для сна и отдыха, местом для хранения вещей, местом для приема пищи и 2 м². Он блокируется с санитарным блок-модулем, включающим душевую и сан-узел, общей площадью 2,5 м². Разработана схема всего технологического цикла от момента изготовления и транспортировки до момента сборки. Возведение одного универсального жилого модуля потребует 1 час, развертывание временное поселение возможно в течении 1-2 дней.

Рис. 3. Типология временных универсальных блок-модулей
с учетом материалов и места возведения

Эргономические характеристики временного жилья, не рассматриваются в опыте зарубежных стран, что связано с преимущественной ориентированность на одиночек и бездомных, ведущих отшельнический образ жизни. В предлагаемой концепции универсального жилого модуля заложены возможности, учитывающие эргономику семей попавших в беду.

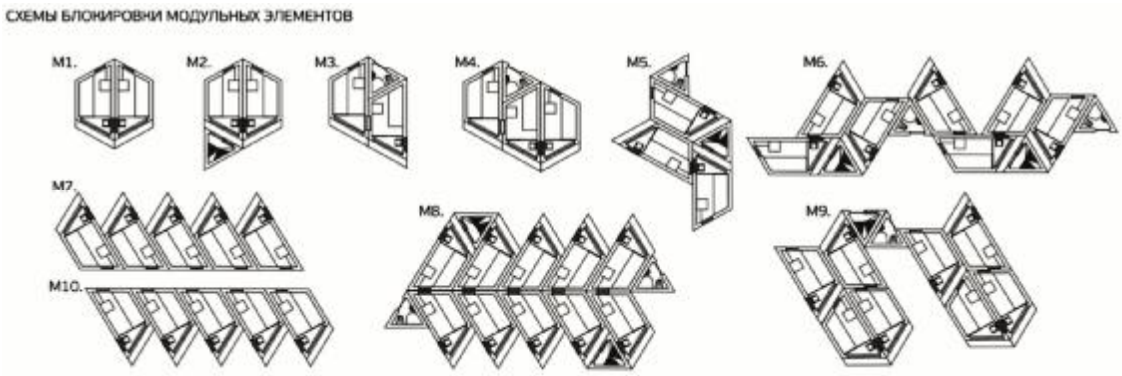


Рис. 4. Схема блокировки жилых модулей

Таким образом, универсальный жилой модуль является оптимальным типом жилья для всех групп потребления и может быть использован на любой территории в условиях крупного и крупнейшего города, туристско-паломнических центров. Временное жилье это новый тип жилищной архитектуры в условиях города, который являет собой сложную систему из модульных сплетений, образующих временные жилые комплексы, жилые образования, включающие в себя необходимые функции и отвечающее эргономическим аспектам жизнедеятельности человека. При разворачивание временных лагерей добавляется универсальный мобильный общественный модуль, а также быстровозводимые временные инженерные и транспортно-пешеходные коммуникации. Временное жилье может представлять постоянный фонд мобильных жилых модулей, посредством которых можно в кратчайшие сроки обеспечить среду жизнедеятельности.

Список библиографических ссылок

1. URL: https://www.gismeteo.ru (дата обращения: 01.02.2016).
2. Телерадиокомпания «Казань» выпуск программы Столица от 25 сентября 2015 г. URL: http://kzn.tv/programs/stolica_vypuski/ (дата обращения: 25.09.2015).
3. Официальный сайт ФМС России URL: http://nahnews.org/ (дата обращения: 28.09.2015).
4. 2016. Телекомпания «Казань» выпуск программы Столица от 25 сентября 2015 г. URL: http://kzn.tv/programs/stolica_vypuski/ (дата обращения: 25.09.2015).
5. Сетевое издание «РИА Новости» URL: http://ria.ru/ (дата обращения: 09.01.2016).
6. URL: http://trended.ru (дата обращения: 20.01.2016).
7. URL: http://inhabitat.com/the-liina-transitional-modular-shelter-needs-no-tools-for-assembly/ (дата обращения: 26.01.2016).
8. Ларионова Е.О. Архитектурно-градостроительный модуль Джона Нэша // Автореферат диссертации кандидата архитектуры. – М., 2009. – 130 с.
9. Нейфах Л.С. Архитектура объемно-блочных зданий контейнерного типа для Севера. – Л.: Стройиздат, 1983. – 175 с.
10. Смирнова С.Н. «Принципы формирования архитектурных решений энергоэффективных жилых зданий». – Нижний Новгород, 2009. – 140 с.
11. Панфилов А.В. Мобильное жилище. Анализ эволюции и направлений дальнейшего развития // Объединенный научный журнал – АПН, 2008, № 7. – С. 58-62.

Ashirova M.V. – student
E-mail: margoash.indigokazan@gmail.com
Aidarova G.N. – doctor of architecture, professor
E-mail: aidagalnik@mail.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Rapid Response Architecture: the concept of temporary mobile housing in large cities

Resume

The article discusses the development of a temporary mobile housing in extreme climatic and social conditions, as well as in terms of temporary residence (maneuverable fund) in cities and major towns. A conceptual model of the temporary housing of the universal module for current consumption groups. These articles are based on the media data, and the analysis conducted by the author. Review and analyze all aspects vital activity groups temporary housing consumption, and identified relevant aspects of the design. The article discusses three design schemes, appropriate three price categories and groups of consumption. Temporary units are considered in actual consumer groups, and range in price and quality characteristics. The design of this article demonstrates the use of relevant materials according to the construction of technical and economic and geographical characteristics.

The paper fully disclosed the theme of temporary mobile housing according to the provided analysis and relevance of the topic in the world today.

Keywords: architecture rapid response, temporary housing, mobile architecture, the architecture of emergency, refugees, the homeless, the universal living unit module for temporary residence, modular architecture.

Reference list

1. URL: https://www.gismeteo.ru (reference date: 01.02.2016).
2. Broadcasting company «Kazan» The capital release program on September 25, 2015 URL: http://kzn.tv/programs/stolica_vypuski/ (reference date: 25.09.2015).

3. The official website of the FMS. URL: http://nahnews.org/Russia (reference date: 28.09.2015).
4. 2016. Broadcasting company «Kazan» The capital release program on September 25, 2015 11:30 URL: http://kzn.tv/programs/stolica_vypuski/ (reference date: 25.09.2015).
5. Network edition RIA Novosti». URL: http://ria.ru/ (reference date: 01.09.2016).
6. URL: http://trended.ru (reference date: 20.01.2016).
7. URL: http://inhabitat.com/the-liina-transitional-modular-shelter-needs-no-tools-for-assembly/ (reference date: 26.01.2016).
8. Larionov E.O. Architecture and Town Planning module John Nash // Abstract of the thesis of the candidate architecture. – M., 2009. – 130 p.
9. Neifakh L.S. Architecture volumetric modular buildings, container type for the North. – L.: Stroyizdat, 1983. – 175 p.
10. Smirnov S.N. «The principles of architectural design energy-efficient residential buildings». – Nizhny Novgorod, 2009. – 140 p.
11. Panfilov A.V. Mobile home. Analysis of the evolution and future direction of the Joint Scientific // Obedinennyj nauchnyj zhurnal – APN, 2008, № 7. – P. 58-62.

УДК 72.035.5
Киносьян Н.С. – ассистент
E-mail: kinosa@mail.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

Теоретический и практический вклад И.Г. Гайнутдинова в архитектуру сельских жилых домов послевоенного восстановительного строительства

Аннотация

В статье проанализирован творческий путь архитектора И.Г. Гайнутдинова: от научных исследований особенностей исторических национальных татарских усадеб – до воплощения авторских проектов сельских жилых домов в послевоенный восстановительный период. Выявлены композиционные и формообразующие принципы построения объектов, которые являются основой творческого метода архитектора И.Г. Гайнутдинова. Разработана таблица особенностей построения татарских сельских жилых домов и их придомовой территории. Введены в научный оборот архивные фотоматериалы. Предложен проект современного коттеджного поселка с национальными особенностями на конкретной территории Казани.

Ключевые слова: творческий метод, архитектура, И.Г. Гайнутдинов, сельский жилой дом, восстановительное строительство, татарский национальный орнамент, традиция.

Введение

Разработки архитектора И.Г. Гайнутдинова основаны на глубоком изучении национальных поселений, выявлении традиционных приемов татарской архитектуры: типологии, композиции, формообразовании и декора, которые выкристаллизовывались веками, исходя из местных природно-климатических условий и обычаев нашего региона. За многолетнюю историю зодчества казанские татары выработали ряд типов сельских жилых деревянных домов, различных по величине и объемно-планировочной структуре. К основным типам татарских деревянных домов можно отнести четырехстенный тип дома (обычный сруб), пятистенный тип, шестистенный тип, а так же дома с Т-образным и крестообразным планами, развивающимися поэтажно. Каждый из приведенных типов домов имеет свои уникальные особенности и характеристики, которые получили вторую жизнь в проектах архитектора И.Г. Гайнутдинова.

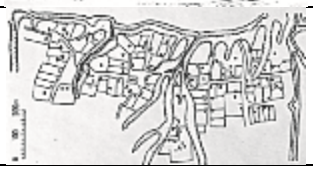
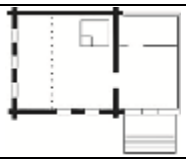
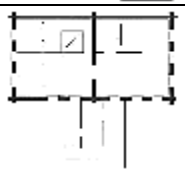
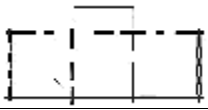
В послевоенное время архитектурную деятельность И.Г. Гайнутдинова неоднократно освящает Издательство Академии Архитектуры СССР (Г.М. Мартынов «Планировка и благоустройство села» [1], «Колхозные жилые дома» [2]; Л.Н. Киселевич «Обрамление оконных проемов деревянных зданий» [3]). Архитектором Гайнутдиновым И.Г. написано более двадцати научных трудов, посвященных изучению особенностей и традиций татарского зодчества. Особенно интересны «Национальные черты жилища казанских татар» [4], «Народные традиции в планировке селений казанских татар» [5], «Сельская усадьба казанских татар середины 19 века» [6], «Деревянное зодчество казанских татар» [7], где архитектором изучаются принципы построения домов и усадеб, которые позже органично вносятся в спроектированные им жилые сооружения, формируя основу его творческого метода. По итогам научных исследований Гайнутдинова И.Г. автором статьи разработана таблица «Национальные особенности татарских усадеб», где представлен иллюстративный ряд с описаниями (табл.).

Цель статьи

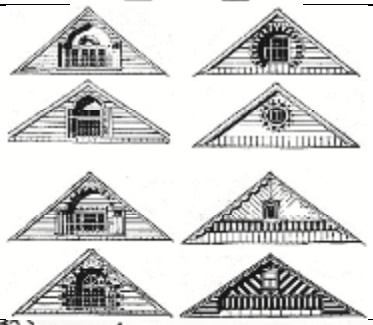
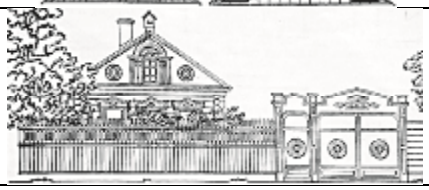
выявить и систематизировать композиционные и формообразующие принципы национальных поселений на основании научных исследований И.Г. Гайнутдинова, дать обзор проектов индивидуальных жилых домов архитектора, разработать авторскую таблицу по итогам исследования.

Таблица

Национальные особенности татарских сельских жилых домов (по научным исследованиям архитектора И.Г. Гайнутдинова)

Описание	Схема
Градостроительные особенности территории	
Татарские села и деревни расположены на значительном расстоянии от крупных городов (30-40 км). Мелкие села расположены близко друг от друга 2-3 км.	
Наличие больших широких улиц, с выраженным центром, состоявшим из одной или нескольких площадей. На площадях находятся торговые ряды или мечети.	
Усадьбы скученны, улицы и переулки узки, искривлены, в некоторых случаях образуют тупики. На планах четко выделяется главная улица, въезды и выезды. Скученность и хаотичность деревень происходила из за образования обособленных жилых групп.	
Градостроительные особенности татарских усадеб	
– форма участка усадьбы, как правило, прямоугольная и выходит узкой стороной на улицу (20-25х60-80 м). – дома ориентированы с востока на запад. – постановка жилого дома внутри участка на расстоянии 3-8 метров от красной линии. – жилой дом ставился глухой стеной продольно к границе соседней усадьбы. Два дома никогда не ставились рядом. – все надворные постройки усадьбы никогда не объединялись с жилым домом. – хлев, стойла, птичник, располагались поперек усадьбы и делили ее на передний (главный двор) и задний. Характерно большое количество фруктовых садов на территории усадеб и палисадников перед главным фасадом жилого дома.	
Типы татарских сельских жилых домов	
Четырехстенный дом (размеры: 4,5х4,5 м; 5,5х5,5 м). Внутреннее пространство делится дощатой перегородкой. Со стороны хозяйственного двора имелись сени, кладовая и открытое крыльцо. Наличие подполья под отопляемой частью дома.	
Пятистенный дом (размеры: 6х10 м; 6х12 м) Характерной особенностью такого дома является два самостоятельных входа, помимо внутренних связей между двумя частями дома.	
Шестистенный дом (размеры: 6х15 м; 6х18 м). Возможность поэтапного строительства дома.	
Дома с Т-образным и крестообразным планом. Особую роль в таких домах играют сени, они являются связующим пространством не только в пределах одного этажа, но и в последующих. В основе строительства домов лежит шестистенный дом с дополнительными пристройками со стороны сеней.	

Продолжение таблицы

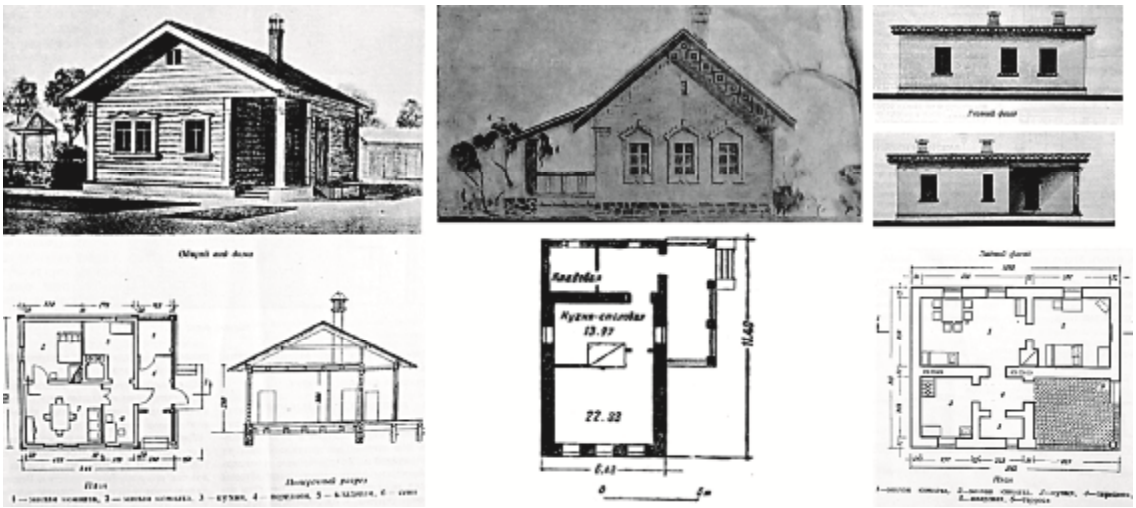
Формообразование	
У трехэтажных домов формируется ложная галерея.	
В доме предполагается 5-6 окон (размеры проемов: 0,6х0,9 м). На главный фасад дома, обращенный на улицу, всегда выходило 3 окна. Обильно декорируются наличники окон и дверных проемов. В большинстве случаев ставни отсутствуют.	
Использование национального орнамента в архитектурных деталях на фасадах жилого дома	
Главным акцентом является треугольный фронтон. Он обильно декорируется.	
Ограда перед главным фасадом жилого дома особенно декорируется.	

Основная часть

Сельская усадьба, как яркий пример многовековой трансляции традиций является открытой книгой для архитекторов многих поколений. И.Г. Гайнутдинов, как архитектор, жизнь и творчество которого строились на глубоком исследовании традиций своего народа, сохраненных веками в исторических сельских усадьбах, интерпретировал их в архитектуре своего времени.

В послевоенное время колхозные поселения нашей страны переживали нелегкие времена. В этот период появляются архитектурные издания, целью которых было осветить основные вопросы планировки, застройки и благоустройства восстанавливаемых колхозных селений и оказание практической помощи восстановительному строительству. В числе таких изданий – книга «Благоустройство планировка села», которая рассчитана на районный и колхозный актив, а также на специалистов архитекторов и строителей, которые будут вовлечены в осуществление планировочных и строительных в колхозах. При составлении книги использована научно-исследовательская работа Института Градостроительства и

планировки населенных мест Академии Архитектуры СССР на тему: «Основные положения по планировке колхозных селений», выполненная под руководством академика В.Н. Семенова, руководителя сектора планировки и строительства в колхозах Г.М. Мартынова, старшего научного сотрудника К.Ф. Князева, при участии архитектора И.Г. Гайнутдинова [8]. Распространение типовых сельских домов облегчило бы каждой семье постройку собственного дома. Восстановительное строительство колхозных жилых домов производилось в очень трудных условиях, когда многие мужчины были призваны в Красную армию. Архитекторам приходилось решать и такие задачи, как вопросы очередности строительства жилого дома. Очередность строительства могла осуществляться двумя путями. Первый – когда строится дом минимальных размеров с последующей возможностью расширения путем соответствующей пристройки. Второй – возведение дома необходимых размеров, но с возможностью первоочередной отделки только части помещений. Архитектура жилого дома должна была быть простой, конструктивно несложной, но выразительной. Вполне уместно устройство архитектурных деталей в виде карнизов, наличников, резьбы и росписи. При создании архитектурного образа должны быть учтены многовековые народные традиции и запросы колхозных семей.



а) б) в)

Рис. 1. Проекты сельских жилых домов (архитектор И.Г. Гайнутдинов):
а) проект сельского жилого дома для Средней полосы СССР;
б) проект сельского жилого дома, выполненный в кирпиче;
в) проект сельского дома для колхозов Киргизии

В числе самых активных архитекторов, разрабатывающих проекты сельских жилых домов с учетом вышеперечисленных требований был И.Г. Гайнутдинов. Используя свои научные исследования по изучению особенностей исторических национальных татарских усадеб, в период 1941-1948 гг. архитектором было разработано и представлено более 20 проектов для нашей полосы и для разных национальных республик, адаптированных под различные климатические условия [9-15]. Наиболее интересным был проект сельского жилого дома для Средней полосы СССР, который впоследствии неоднократно реализован на этой территории (рис. 1а). В основе его планировочной структуры лежит четырехстенный татарский дом, внутреннее пространство которого делится дощатой перегородкой. Жилой дом отстоит от границы улицы на расстоянии 3 метра (способ постановки жилого дома на участке в соответствии с татарскими народными традициями). Хозяйственные и животноводческие помещения расположены сзади дома на расстоянии 14 метров. Планировка простая и четкая. Размеры жилого дома 6,46х7,5 метров. Жилой дом состоит из двух жилых комнат площадью 15 м^2 и 10,72 м^2, кухни 7,17 м^2 и передней 5,98 м^2. Передняя имеет прямой свет и может быть использована для хозяйственных целей. Кладовая и сени расположены вне периметра отапливаемой части дома. Вместо террасы запроектировано традиционное крыльцо, столь характерное для

народного татарского жилища. Из сеней имеются две двери: одна в сторону улицы, вторая, сбоку, на хозяйственный двор. Архитектурное решение дома оставляет приятное впечатление. Отыскание надлежащих пропорций, прорисовка архитектурных деталей, обработка наружных углов и колонны, поддерживающей свес крыши над крыльцом. Сени и кладовая перекрыты общим скатом крыши, чем достигается единство в объемной композиции здания. Большое внимание уделено трубе, которая имеет существенное значение в архитектуре небольшого дома. Хорошо прорисованы наличники, капители и пилястры по углам дома в соответствии с национальными традициями. Сдвоенный характер расположения оконных проемов на фасаде является национальным приемом формообразования исторического татарского жилого дома.

Интересен архитектурный проект сельского жилого дома, выполненный в кирпиче (рис. 1б). Главным акцентом на фасаде жилого дома является треугольный фронтон, который декорируется ступенчатым геометрическим рисунком. На главный фасад дома, обращенный на улицу, выходит 3 окна, наличники которые так же декорируются ступенчатым геометрическим узором. Ставни отсутствуют. Обильное декорирование фронтона и наличие трех окон на главном фасаде – отличительные особенности татарского национального дома. Архитектор И.Г. Гайнутдинов разрабатывал проекты сельских домов не только для нашей полосы. Интересен разработанный им проект сельского дома для колхозов Киргизии (рис. 1в). В создании архитектурного образа отображены национальные мотивы архитектуры. Дом запроектирован с плоской крышей, что является характерным для жилищ Средней Азии и соответствует ее климатическим условиям. По краю кровли произведена роспись. Концы балок перекрытий выпущены наружу и архитектурно оформлены; вместе со свесом крыши они будут создавать на отштукатуренной побеленной стене игру светотени. Цоколь подчеркнут пояском, выложенным из обожженного кирпича. Планировка дома, размером 8,15х10,5 метров предусматривает четкое разделение на жилую половину и подсобные помещения и состоит из двух жилых комнат, кухни, передней и кладовой. Вместо крыльца спроектирована большая терраса, которая в условиях жаркого климата играет существенную роль в быту колхозников.

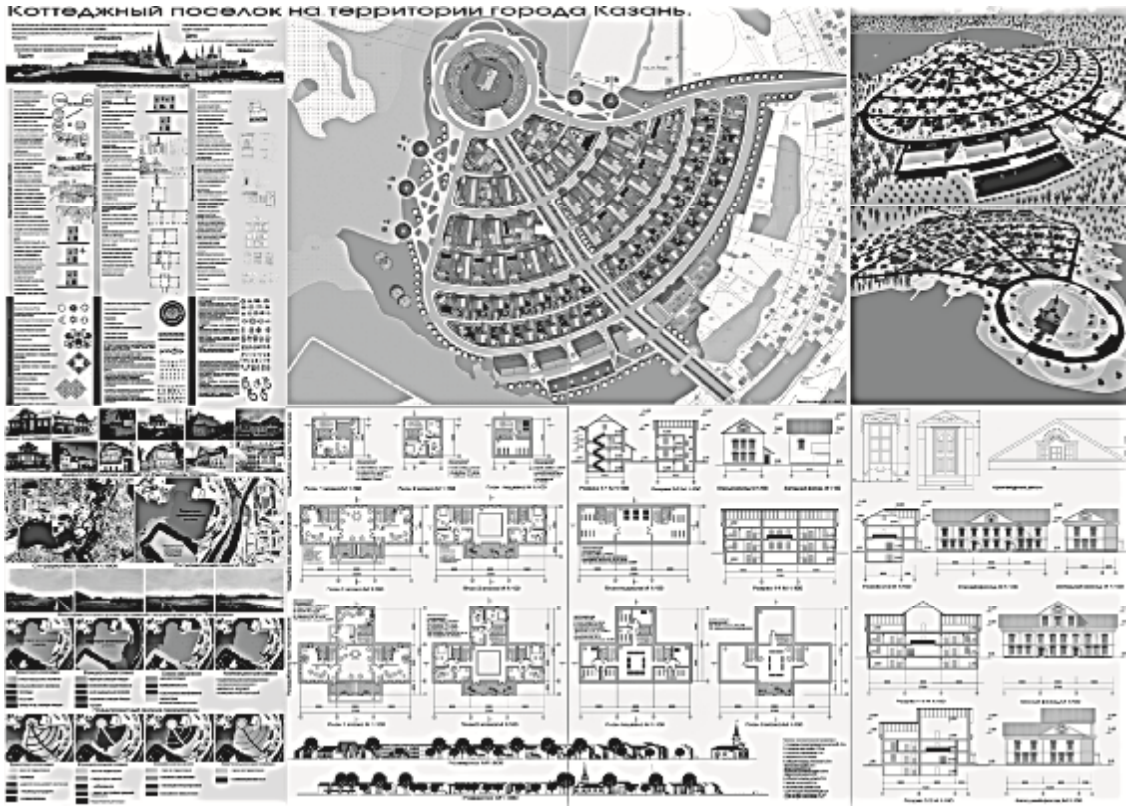


Рис. 2. Дипломная работа (внедрение)

В наше время большой интерес вызывает строительство небольших микропоселений в черте города или недалеко от него. Очень часто в городах просто не остается места самобытности и индивидуальности. Проектируя небольшие поселения, используя богатые традиции национальной сельской усадьбы, научный и практический опыт предыдущих поколений архитекторов, современный архитектор может интерпретировать его на родной территории. Примером такой работы служит дипломный проект студентки кафедры ТИА КГАСУ Гильмхановой Д. (научный руководитель Киносьян Н.С.), выполненный в 2015 году (рис. 2).

Архитектор И.Г. Гайнутдинов оставил в пользование современному поколению архитекторов теоретическую, практическую и научную базу по изучению национальных особенностей татарской архитектуры, транслировал ее на собственные проекты восстановительного строительства в советский период времени [16] и дал возможность использовать ее последующим поколениям архитекторов.

Список библиографических ссылок

1. Мартынов Г.М., Князев К.Ф. Планировка и благоустройство села. – М.: Издательство Академии Архитектуры СССР, 1945. – 127 с.
2. Мартынов Г.М. Колхозные жилые дома. – М.: Издательство Академии Архитектуры СССР, 1941. – 67 с.
3. Киселевич Л.Н. Обрамление оконных проемов деревянных зданий (серия архитектурные детали). – М.: Изд. Академии Архитектуры СССР, 1946. – лист 32, 33, 34.
4. Гайнутдинов И.Г. Национальные черты жилища казанских татар // Архитектурное наследство. – М.: Стройиздат, 1975, № 23. – С. 144-158.
5. Гайнутдинов И.Г. Народные традиции в планировке селений казанских татар // Архитектурное наследство. – М.: Стройиздат, 1975, № 23. – С. 102-109.
6. Гайнутдинов И.Г. Сельская усадьба казанских татар середины XIX века // Архитектурное наследство. – М.: Стройиздат, 1975, № 23. – С. 56-64.
7. Гайнутдинов И.Г. Деревянное зодчество казанских татар (резные решетки на тесовых оградах). – Казань: Таткнигоиздат, 1960. – 56 с.
8. Гайнутдинов И.Г. Жилой дом для колхозов «Татарии». – М.: Наркомзем СССР, 1940.
9. Гайнутдинов И.Г. Жилой дом для сельского строительства в деревне (пр. 3). – М.: Государственное Архитектурное изд., 1948.
10. Гайнутдинов И.Г. Дом для сельского строительства в деревне (пр. 4). – М.: Государственное Архитектурное изд., 1945.
11. Гайнутдинов И.Г. Жилой дом для индивидуальных застройщиков в самане (пр. 3, 4). – М.: Государственное Архитектурное изд., 1945.
12. Гайнутдинов И.Г. Жилой дом для индивидуальных застройщиков ракушечник (пр. 13). – М.: Государственное Архитектурное изд., 1946.
13. Гайнутдинов И.Г. Одноквартирный жилой дом (стены кирпичные) // Архитектура и Строительство. – М.: Государственное архитектурное изд., 1947, № 9.
14. Гайнутдинов И.Г. Материалы о проектировании жилых домов. – рукопись, 1945-1957 гг. (архив редких книг и рукописей, фонд № 20, ед. хр. 18). – 27 л.
15. Архивные фотоматериалы из научной библиотеки имени Н.И. Лобачевского Казанского государственного университета (архив редких книг и рукописей, фонд № 20).
16. Саначин С. Экскурс в архитектурную жизнь советской Казани. – Казань: Издательство Министерства культуры РТ ГБУ Центр культурного наследия Татарстана, 2014. – 238 с.

Kinosyan N.S. – assistant
E-mail: kinosa@mail.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Theoretical and practical contribution into the architecture of country houses of the post-war reconstruction building

Resume

In the post-war time the farm settlements of our country went through the difficult times. In this period of time appeared the architectural publishment, the goal of which was to take up the main problems of planning, building and accomplishment of the restored farm settlements and to give practical help to the restorative building. Among the most active architects developing projects of the rural houses was I.G. Gainutdinov. Using his scientific researches on studying the features of historical national Tatar estates in the period of 1941-1948 the architect developed and submitted more than 20 projects for our region and for the different national republics adapted under various climatic conditions. In the post-war time the architectural activity of I.G. Gainutdinov was repeatedly consecrated by the Publishing house of the Academy of Architecture of the USSR (G.M. Martinov «Planning and improvement of the village», «Rural houses»; L.N. Kiselevich «Frame of window openings of wooden buildings»). The architect I.G. Gainutdinov had written more than twenty scientific works devoted to studying the features and traditions of the Tatar architecture which have formed the basis of the article of the table developed by the author. The most interesting are «National lines of the dwelling of the Kazan Tatars», «National traditions in planning of settlements of the Kazan Tatars», «The rural estate of the Kazan Tatars of the middle of the 19th century» where the architect studies the principles of creation of houses and estates which were later organically brought in the inhabited constructions designed by him forming the basis of his creative method.

Keywords: creative method, architecture, I.G. Gainutdinov, rural house, reconstruction building, tatar national ornament, tradition.

Reference list

1. Martinov G.M., Kniazev K.F. Planning and improvement of the village. – M.: Izd. Academii architecturi SSSR, 1945. – 127 p.
2. Martinov G.M. Rural houses. – M.: Izd. Academii architecturi SSSR, 1941. – 67 p.
3. Kiselevich L.N. Frame of window openings of wooden buildings (the line of architectural details). – M.: Izd. Academii architecturi SSSR, 1946. – P. 32, 33, 34.
4. Gainutdinov I.G. National lines of the dwelling of the Kazan Tatars // Architecturnoe nasledstvo. – M.: Strojizdat, 1975, № 23. – P. 144-158.
5. Gainutdinov I.G. National traditions in planning of settlements of the Kazan Tatars // Architecturnoe nasledstvo. – M.: Strojizdat, 1975, № 23. – P. 102-109.
6. Gainutdinov I.G. The rural estate of the Kazan Tatars of the middle of the 19th century // Architecturnoe nasledstvo. – M.: Strojizdat, 1975, № 23. – P. 56-64.
7. Gainutdinov I.G. Wooden architecture of the Kazan Tatars (carved lattices on board fencings). – Kazan: Tatknigoizdat, 1960. – 56 p.
8. Gainutdinov I.G. House for collective-farms of Tatarstan. – M.: Narkomzem SSSR, 1940.
9. Gainutdinov I.G. House for rural construction in the village. – M.: Gosydarstvennoe architecturnoe izd., 1948.
10. Gainutdinov I.G. The house for rural construction in the village. – M.: Gosydarstvennoe architecturnoe izd., 1945.
11. Gainutdinov I.G. House for individual builders in adobe. – M.: Gosydarstvennoe architecturnoe izd., 1945.
12. Gainutdinov I.G. House for individual builders of shell rocks. – M.: Gosydarstvennoe architecturnoe izd., 1946.
13. Gainutdinov I.G. One-apartment house (brick walls). – M.: Gosydarstvennoe architecturnoe izd., 1947, № 9.
14. Gainutdinov I.G. Materials of modeling the houses. – manuscript, 1945-1975. (the archive of rare books and manuscripts, fund № 20). – 27 p.
15. The archival photo materials from the scientific library by N.I. Lobachevsky of the Kazan State University (the archive of rare books and manuscripts) – Archival fund № 20.
16. Sanachin S. Excursus to the architectural life of Soviet Kazan. – Kazan: Izd. Minusterstva kulture RT GBY Centr kulturnogo nasledia Tatarstana, 2014. – 238 p.

УДК 72.036
Крамина Т.А. – доцент
E-mail: kraminT@mail.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

Эволюция архитектурно-конструктивных решений промышленных зданий. Опыт и уроки

Аннотация

Данная работа посвящена изучению некоторых аспектов исторического развития промышленного строительства, начиная с 1600 года и заканчивая современной эпохой. Выполнен анализ эволюционных преобразований конструктивных решений за этот период, выявлены их достоинства и недостатки. Рассмотрены примеры нестандартного подхода к проектированию промышленных зданий, разработанных почетным академиком Шуховым В.Г., позволившего превысить нормативную долговечность и работоспособность заводских строений во много раз. Выявлены причины этого поразительного явления. В работе исследованы не привлекавшиеся ранее и впервые введенные автором в научный оборот архивные проектные чертежи и документы.

Ключевые слова: конструктивная схема, долговечность, промышленное строительство, деформации, стальные каркасы.

В последние два десятилетия произошел резкий спад производства в целом ряде отраслей народного хозяйства. В связи с этим большинство работ в области промышленного строительства носило реконструктивный характер. Отрадно, что в настоящее время положение дел меняется, а именно намечается прогресс в промышленности и, как следствие, оживление строительного производства, особенно в нефтеперерабатывающей отрасли, а также в сфере военно-промышленного и энергетического комплексов. Введение санкций против России стимулирует этот процесс.

Совершенствование промышленного строительства, прежде всего, связывают сегодня с повышением «активной» части основных фондов, т.е. со снижением стоимости строительной части объектов. Однако, такой подход может исказить истинную картину целесообразности того или иного варианта при выборе конструктивной схемы здания.

Зачастую средства, сэкономленные на этапе строительства современных промышленных зданий, в последующем тратятся на реконструкцию и ремонт несущих ограждающих конструкций. В некоторых отраслях, таких как машиностроение, металлургия около половины работающих – ремонтники. При этом многие из них заняты не ремонтом агрегатов, а латанием крыш, стен и других, изношенных ранее нормативного срока службы, конструктивных элементов здания.

Поэтому преждевременный физический износ является актуальной проблемой, требующей детального исследования и конкретных решений. Именно ей посвящена данная работа.

К сожалению, следует отметить, что при проектировании современных промышленных объектов, специалисты редко оглядываются в прошлое. Вместе с тем так важно перелистать наиболее яркие страницы доставшегося нам бесценного наследия, проследить поэтапно эволюционное развитие конструктивного решения промышленного строительства. В настоящей работе в результате архивного поиска были исследованы отечественные и зарубежные заводы – долгожители, начиная с 1600 г. по настоящее время. Особое внимание было уделено заводам, построенным в начале прошлого века и успешно эксплуатируемым в наши дни.

Эволюция металлических конструкций представлена на рис. 1-6.

Особый интерес представляют металлургические гиганты, которым по двести и более лет, построены они были крепостными и казенными крестьянами эпохи Петра и Екатерины. И хотя давно погасли и кричные горны, и пудлинговые печи, в которых плавился металл для пушек Полтавы и для рельсов Транссибирской железной дороги, здания поражают своим физико-техническим состоянием и невольно заставляют по-новому отнестись к изучению причин их долговечности.

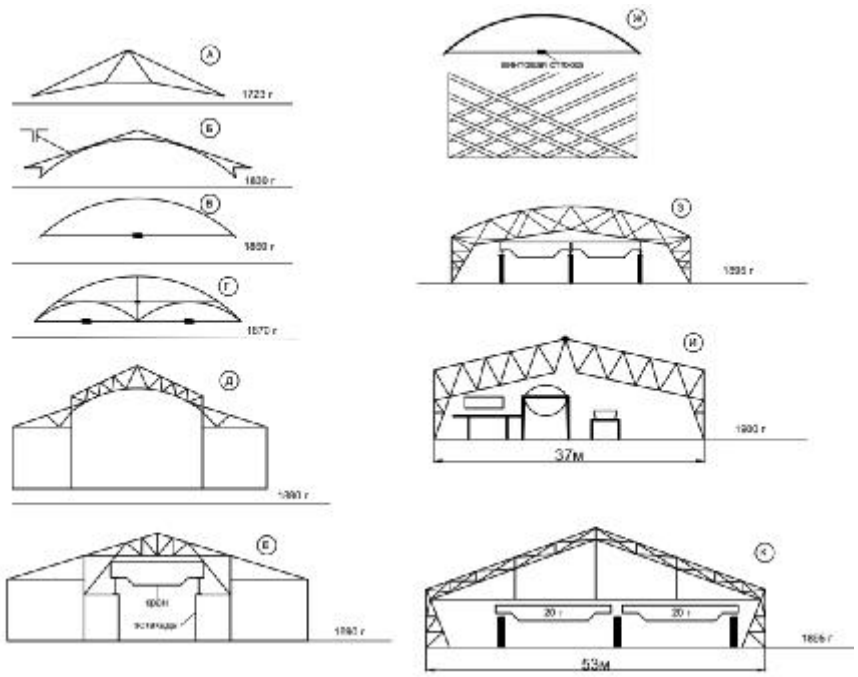


Рис. 1. Конструкции промышленных зданий:
А – цельнометаллическое покрытие, впервые примененное в мировой практике (Невьянск, 1723 г.);
Б – покрытие из гнутого профиля, сохранившееся поныне (Камышенский завод), 1830 года постройки;
В – арка с использованием предварительного напряжения (первый опыт в мире), завод в Висимо-Уткинске;
Г – ныне действующий завод в Верхней Салде, покрытие на винтовых стяжках;
Д – схема цельнометаллического каркаса, впервые примененная в России;
Е – Тульские механические мастерские, построенныепо проекту Шухова В.Г.;
Ж – конструкция металлического свода с винтовыми стяжками (автор Шухов В.Г.);
З – ныне действующий прокатный цех с первым в России сводом двоякой кривизны (1895 г.);
И – завод в городе Лысьва, ныне функционирующий мартеновский цех, 1900 г.;
К – Верхне-Салдинский завод 1895 года постройки, функционирующий и в настоящее время

Современные промышленные объекты, как правило, представляют собой каркасные здания, в которых колонны каркаса, помимо покрытий, кровли, снега, стеновых ограждений, несут еще нагрузку от мостовых кранов, подкрановых балок, рельсов и пр. В качестве покрытий повсеместно используются плоскостные конструкции. Специалисты подчас и не знают, что появилась эта ныне повсеместно широко тиражируемая конструктивная схема в конце XIX века, когда на Всемирной выставке в Париже в 1878 году были продемонстрированы Галерея машин и Дворец промышленности архитектора Мориса Диона, современника и последователя великого Эйфеля.

Но в отличие от башни Эйфеля, так и оставшейся уникумом, впервые предложенная здесь жесткая каркасная конструктивная схема для металлического каркаса широко разошлась по всем странам мира (рис. 1, 5, 6). В России она является доминирующей и по сей день и отличается от первоначальной лишь мелкими усовершенствованиями. Инерция типового мышления столь велика, что соединение здания с краном, этакий «симбиоз пассивного и активного фондов» и поныне положен в основу почти всех конструктивных решений (рис. 2, 5). Изучая накопленный опыт [1, 10], отрадно было обнаружить исключение из общего правила, а именно найти примеры нестандартного конструктивного подхода к созданию промышленных зданий. Наиболее яркие из них – это творения выдающегося строителя почетного академика Владимира Григорьевича Шухова (1853-1939 гг.). Он строил корабли и паровые котлы, трубопроводы и высотные башни. Его наследие насчитывает десятки патентов и изобретений. Заводские здания Шухова В.Г. можно и сегодня встретить во всех уголках

страны (рис. 1). Их легко узнать: многие из них увенчаны параболическим покрытием (рис. 5, 6). На таких крышах снег и вода не задерживаются. Покатые своды, нагреваясь от теплого воздуха «горячих» цехов легко освобождаются от осадков. По всей вероятности, Шухов В.Г. базировался на старинном зодчестве уральских металлургов, издревле применявших покатые своды (рис. 3).

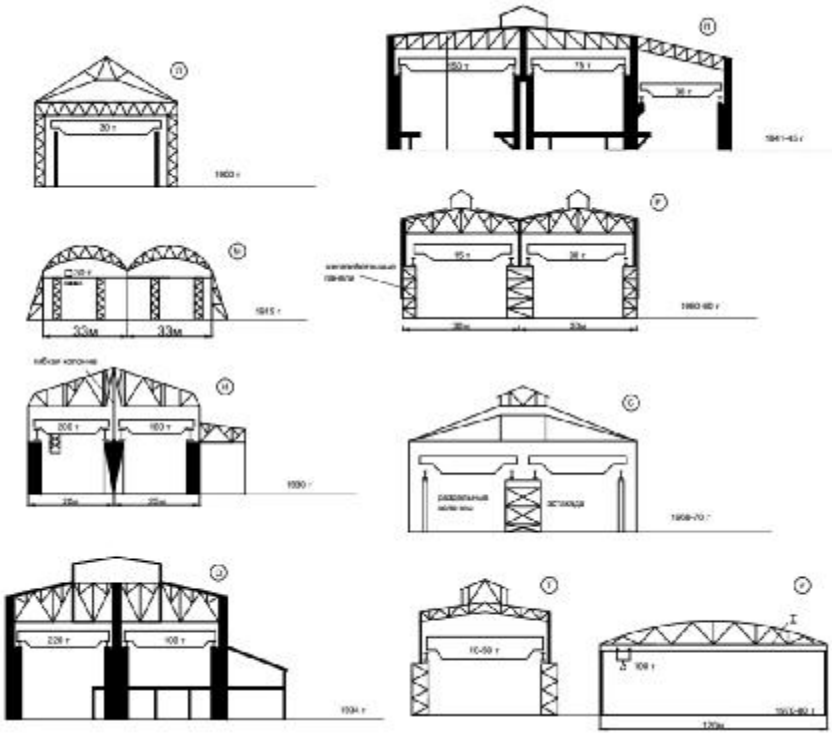


Рис. 2. Конструкции промышленных зданий (продолжение):
Л – механический цех ныне функционирующего завода с использованием решетчатого каркаса (г. Серов), 1900 г. постройки;
М – Злотоустский металлургический завод эксплуатируется и в настоящее время, использована неразрезная двухпролетная арка (1915 г.);
Н – мартеновский цех магнитогорского завода (автор проекта Шухов В.Г.), построен в 1930 году;
О – «жесткий» каркас в прокатном цеху завода «Азовсталь», совмещение крановых опор с несущим каркасом (1934 г.);
П – тот же принцип конструирования в мартеновском цехе Челебинского металлургического комбината (1941-1945 гг.);
Р – крупносортный стан НТМК (г. Челябинск), построен в 1950-1960 гг.;
С – «гибкая» конструктивная схема, типовой вариант (1960-1970 гг.);
Т – совмещенный каркас типового промышленного здания (1990 г.);
У – типовое решение цеха с подвесным пдъемно-транспортным оборудованием (1980-1990 гг.)

Кроме того, Шухов использовал преимущества кривой поверхности, где стержни работают не на изгиб, а на сжатие или растяжение, и меньше требуют на свое изготовление стали и другого материала. Благодаря отсутствию впадин и перепадов параболическое покрытие более стойко к коррозии. Это хорошо видно на примере ныне действующего мартеновского цеха Лысьвенского завода (1899 г.) (рис. 1И). Более 100 лет стоит в маленьком городе Выксе, первый в мире цех, крытый параболической оболочкой двоякой кривизны (рис. 13). Серповидные покрытия, которые применены во многих цехах Верхе-Салдинского завода, сохраняют свою работоспособность до сих пор. Исправно несет службу покрытый неразрезной двухпролетной аркой прокатный цех (рис. 2М) в Златоусте (1915 г.). Академик И.П. Бардин писал о Новокузнецком мартеновском корпусе, построенном Шуховым в начале 30-х годов: «Здание было экономичнее всех, последующих цехов других заводов и не имел себе равных в мире. В эксплуатации не требовалось никаких реконструкций [1].

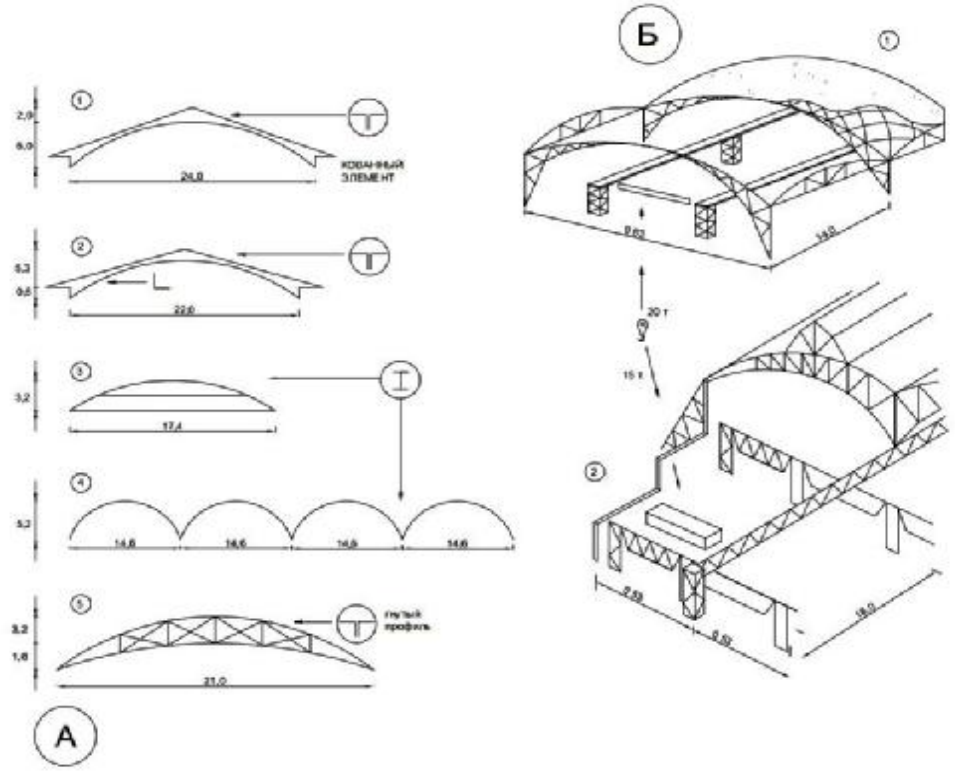


Рис. 3. Конструкции промышленных зданий (продолжение):
А – покрытия зданий уральских заводов XIX в.: 1 – механический цех в Нязепетровске;
2 – цех шлаковаты в Сатке; 3 – склад в Катав-Ивановске; 4–5 – цехи в Нижнем Тагиле.
Б – цехи, построенные под руководством Шухова: 1 – Выксунский металлургический завод;
2 – Златоустовский металлургический завод

В 1933 и 1935 годах в Магнитогорске были построены аналогичные цеха (рис. 2Н). Если учесть, что эти производства в годы Великой Отечественной войны давали половину всего металла, получаемого страной, то стойкость конструкций при высочайшей интенсивности эксплуатации не может не вызывать восхищения (рис. 2).

Из этого следует, что изучать все оттенки творческой мысли Шухова крайне необходимо. При сравнении шуховских цехов с современными, традиционными, выявляются следующие различия. В зданиях, построенных Шуховым до 1930 года, крановая эстакада устанавливалась отдельно, независимо от каркаса здания. В 30-е годы, оснащая корпуса мощными мостовыми кранами (свыше 100 тонн), Шухов соединил эстакаду, используя подвижные шарниры, с так называемой «гибкой» колонной, не воспринимающей горизонтальных нагрузок. Шухов как бы прислушивался к словам Леонардо да Винчи, определившего силу как «бестелесную мощь, невидимо родившуюся в жесткости и умирающую в свободе. Она стремиться покорить и уничтожить причину сопротивления и, покоряя, самоуничтожается…» [2, 10].

Податливость облегченных каркасов, сконструированных с использованием леонардовского определения, унификация и в тоже время самобытность каждого объекта – вот, что характерно для инженерной школы Шухова. В связи с этим возникает вопрос: почему же основная масса зданий с середжины 30-х годов строится с использованием идей Мориса Диона, т.е. с применением жестких рамных схем? Очевидно, что такое решение – вынужденное, и продиктовано оно было возрастанием объемов и темпов предвоенного строительства, желанием упростить и ускорить процесс возведения промышленных зданий, снизить расход материалов.

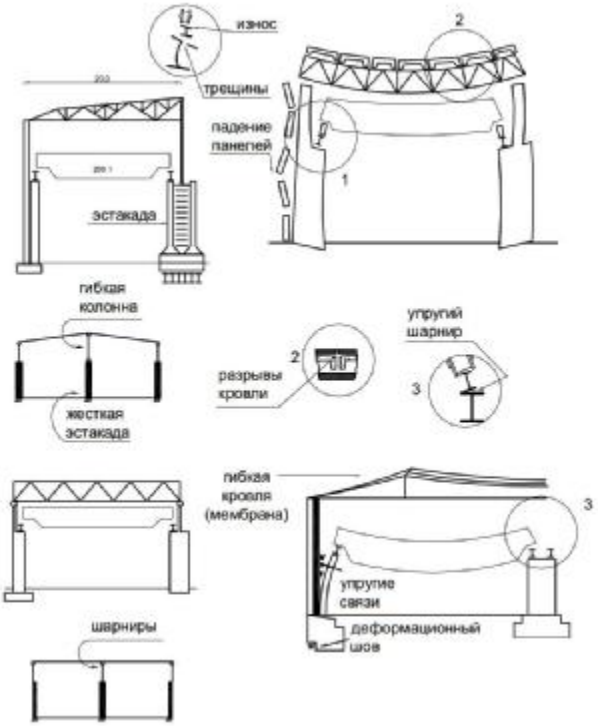


Рис. 4. Конструкции промышленных зданий (продолжение):
схемы деформации «жесткого» (1, 2) и «гибкого» (3) каркасов;
«шуховского» цеха и современного типового (слева)

Целый ряд крупных ученых выдели недостатки таких решений [3]. Отстаивая целесообразность шуховских идей, блестяще оправдавших себя в процессе длительной эксплуатации, основоположник советской школы металлических конструкций профессор Николай Станиславович Стрелецкий предсказывал возможные негативные последствия, которые таит в себе поспешное и повсеместное распространение жестких совмещенных каркасов. «Несимметричное приложение крановых нагрузок приведет к смещению колоннн внутрь цеха», – прозорливо писал он. Впоследствие в подтверждение этому сравнительно недавно инженерам-исследователям Эглескаму Ю.С., Шитову К.А. и другим ученым удалось раскрыть механику медленной деформации колонн под воздействием кранов в «жестком цехе» [4, 10].

Нами был произведен анализ дефектных ведомостей, послуживших доказательной базой необходимости проведения внеплановых преждевременных реконструктивных мероприятий и капитальных ремонтов в 48 крупных промышленных объектах, построенных по схеме совмещенных каркасов. Результатом исследования были выводы, позволившие определить наиболее характерные для всех случаеы дефекты. Это деформации колонн, выход из строя подкрановых балок и рельсов, заклинивание кранового моста, износ катков, образование трещин в стенах и кровле, просадкой фундаментов и др. Наглядная схема традиционных деформаций представлена на рис. 4.

Сравнительные характеристики надежности совмещенных каркасов, воспринимающих крановую нагрузку и раздельных каркасов, освобожденных от нее, сделаны на базе архивных данных бюро технической инвентаризации и представлены в виде графиков на рис. 7.

Возникающая необходимость усилить каркас, заменить ограждающие элементы, крановое оборудование вызывает усложнение и удорожание процесса реконструкции. Отсюда следует, что стоимостной выигрыш, полученный первоначально в случае применения жесткого совмещенного каркаса, будет сведен на нет в процессе эксплуатации [5]. Проверка временем в условиях натурных испытаний реальных объектов, как нельзхя лучше, является доказательной базой правильности сделанных выводов (рис. 7).

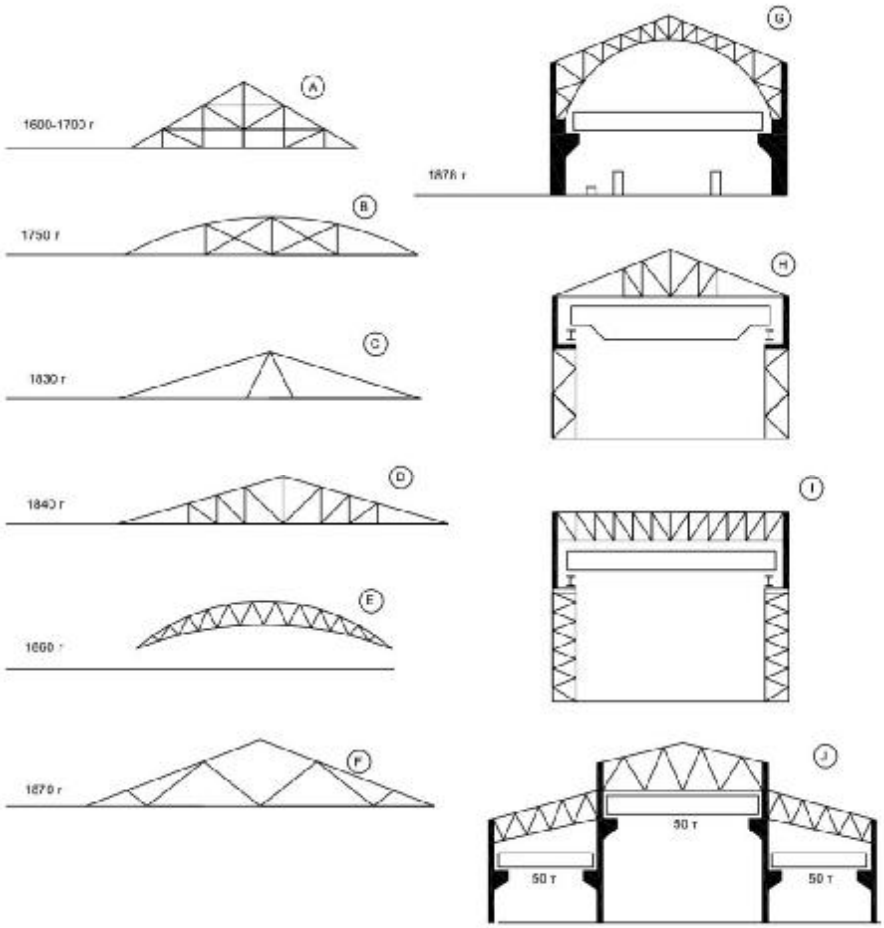


Рис. 5. Конструкции промышленных зданий (продолжение):
A – брусчатые фермы Палладио, ставшие классическим образцом
для европейских металлоконструкций; B – арочная ферма Шведлера; C – ферма Полонсо;
D – американская ферма; E – ферма Фрейсине; F – ферма Мерша;
G – Дворец промышленности Диона с передвижным устройством для показа экспонатов;
H – типовое западноевропейское здание с цельнометаллическим каркасом;
I – схема типового цеха США; J – западноевропейское промышленное здание первой четверти XX в.

Эти уроки были учтены в нескольких удачных проектах ЗАО Гипроавиапрома 2014-2015 гг., таких, как возведение Лабораторного корпуса Университета в Инополисе (Лаишевский район РТ), реконструкции насосной станции в комплексе очистных сооружений (г. Казань), а также при строительстве гильзового цеха автозавода «Камаз» (г. Н. Челны). Во всех этих объектах, в отличие от традиционных решений, каркас освобожден от крановой нагрузки, которая передается на самостоятельные опоры, соединенные гибкими связями специальной конструкции. В перечисленных выше объектах удалось защитить несущие и ограждающие конструкции от вибрационных нагрузок и обеспечить нормированный шумовой режим в смежных помещениях. Окупаемость затрат, на возведение дополнительных опор в первом объекте, составила 8 лет, периодичность плановых ремонтов сократилась вдвое.

Предполагаемые конструктивные решения имеют долгосрочный экономический эффект за счет сокращения периодичности ремонтов, их объемов и сложности. Кроме того, отпадает необходимость в демонтаже конструктивных элементов здания. Нормативный срок службы этих конструкций, соответствующий вероятному времени безотказной бездефектной их работы, резко увеличивается.

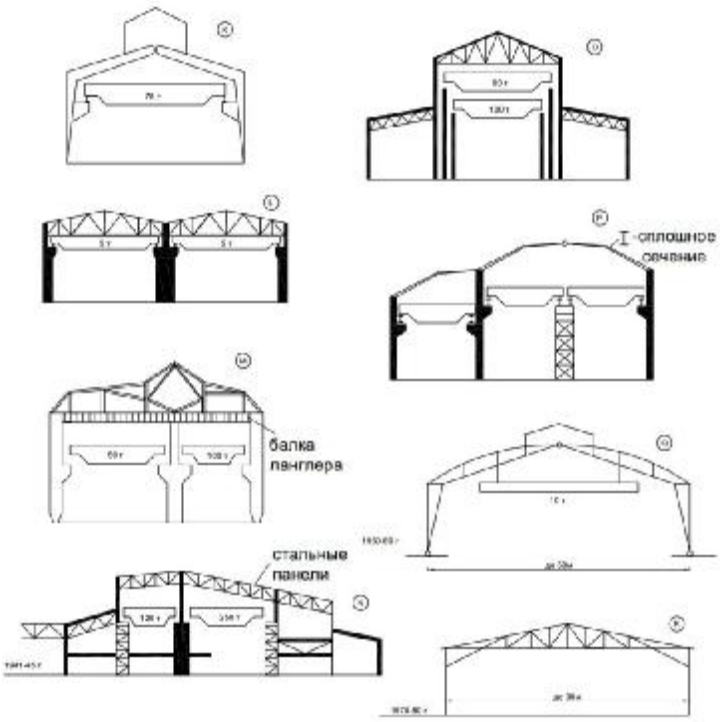


Рис. 6. Конструкции промышленных зданий (продолжение):
К – западноевропейское здание со сплошными рамами;
L – американская схема промздания, примененная для автозавода в городе Горьком;
M – западноевропейская схема здания с балкой Ланглсра; N – мартеновский цех завода Кайзер (США);
O – механический цех ВМФ США; P – вариант «гибкого» цеха (США);
Q – система «Джонспан» (Англия), «Батлер» (США);
R – типовые промздания (США и Англия), 1970-80 гг.

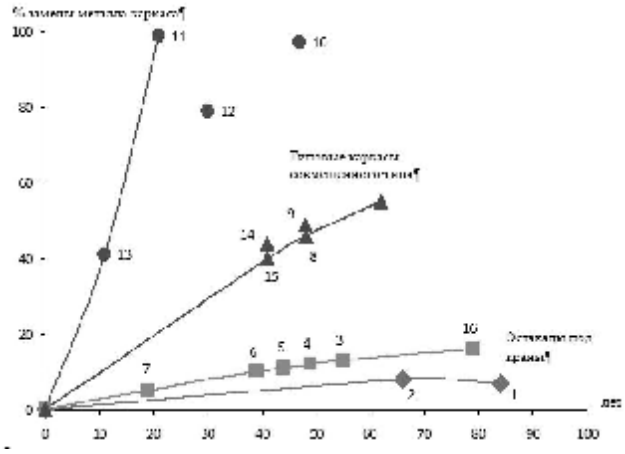


Рис. 7. Характеристика надежности каркасов промышленных здании во времени при эксплуатации
1. Выксунский металлургический завод, колесопрокатный цех (1897 г.);
2. Златоустовский металлургический завод. Прокатный цех (1913 г.);
3. Ждановсний металлургический завод имени Ильича. Мартеновский цех (1928 г.);
4. Магнитогорский металлургический комбинат. Мартеновский цех (1933 г.);
5. Новокузнецкий металлургический комбинат. Мартеновский цех (1932 г.);
6. Челябинский завод кузнечно-прессового оборудования. Кузнечный цех (1936 г.);
7. Челябинский металлургический завод. Термический цех № 3 (1965 г.);
8, 9, 10, 11, 12 – цеха Магнитогорского металлургического комбината,
построенные в 1933 (8 и 9), 1934, 1954 и 1959 гг.;
13, 14, 15 – цеха Челябинского металлургического завода, построенные в 1943, 1945 и 1968 гг.;
16. Лысьвенский металлургический завод Мартеновский цех (1899 г.)

Особого внимания заслуживают оригинальные направления усовершенствования узловых соединений элементов металлического каркаса, предлагаемые в работах ведущих специалистов на кафедре МКиИС КГАСУ [6, 7, 8, 9].

Заключение

Обращение к славным традициям отечественного и зарубежного промышленного зодчества позволяет по-новому взглянуть на многие проблемы современного капитального строительства.

В данной работе представлены результаты впервые произведенного исследования эволюции развития промышленного строительства. Мы воспользовались уникальной возможностью оценить техническое состояние заводов-долгожителей, активно функционирующих по сей день [10], для того, чтобы сделать выводы о рациональности использования тех или иных моделей на предмет увеличения долговечности. Современные технологии возведения промышленных зданий должны учитывать уроки, которые преподал нам многовековой опыт проектирования и эксплуатации производственных объектов.

Список библиографических ссылок

1. Страхов А.П. Реконструкция зданий. – Иркутск: Изд-во ИРНИТУ, 2004. – 264 с.
2. Рогонский В.А., Кострин А.И., Шеряков В.Ф. Эксплутационная надежность зданий. – Л.: Стройиздат, 1983. – 306 с.
3. Аксенов Н.В., Григорьев В.С. Дефекты несущих конструкций зданий и сооружений, способы их устранения. – М.: ДМК Пресс, Компания АйТи, 2011. – 260 с.
4. Конаков А.И., Громов М.С. Отказы и усиление металлических конструкций. – Иркутск: Изд-во ИРНИТУ, 2015. – 308 с.
5. Барыкин Е.П. Оптимальное перспективное планирование капитального ремонта и реконструкции производственных зданий. – М.: Изд-во АСВ, 2008. – 240 с.
6. Енджиевский Л.В., Неделев Д.В., Петухова И.Я. Каркасы зданий из легких металлических конструкций и их элементы: Учебное пособие. – М., 1998. – 247 с.
7. Кузнецов И.Л., Салахутдинов М.А., Гимранов Л.Р. Новые конструктивные решения стальных каркасов легких многопролетных зданий. // Известия КГАСУ, 2011, № 1 (15). – С. 88-92.
8. Агафонкин В.С., Моисеев М.В. Сварные упругие узловые соединения элементов стальных рамных каркасов // Сборник научных трудов КГАСУ. – Казань: КГАСУ, 2010. – С. 20-23.
9. Молев И.В., Святошенко А.Е. Повышение надежности рамных узлов стальных каркасов. // Доклады XIV Польско-Российско-Словацкого семинара «Теоретические основы строительства». – Варшава, 2005. – С. 173-178.
10. Шитов К. Живучесть промышленных зданий // Техника молодежи, 1984, № 9. – С. 22-25.

Kramina T.A. – associate professor
E-mail: kraminT@mail.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

The evolution of architectural and constructive solutions of industrial buildings. The experience and lessons

Resume

Currently, there is an urgent need for a new wave of Russian industrialization. As a consequence, there is a need to increase the volume of industrial construction, and on a new basis, taking into account the current capabilities in the field of building technologies and materials.

Innovations in this, as in any other sphere, is impossible without studying the experience of previous generations construction of industrial facilities, the analysis of their advantages and

disadvantages. In this regard, it was traced the gradual development of structural schemes in the evolution of industrial construction, starting from 1600 and ending with the modern stage. The high importance of underrated achievements of Academician V.G. Shukhov in this field of science is proved.

As a result of the analysis of domestic and foreign experience in designing, conclusions and directions of increasing the durability of industrial buildings and their performance are made. It has been shown that these measures will help reduce capital expenditures, including the cost of repairs. The resulting economic effect allows to direct the savings to increase the «active» part of fixed assets.

Keywords: the design concept, durability, industrial construction, deformation, steel frames.

Reference list

1. Strahov A.P. Reconstruction of buildings. – Irkutsk: IRNITU, 2004. – 264 p.
2. Rogonsky V.A., Kostrina A.I., Shryakov V.F. Operation safety of buildings. – L.: Stroyizdat, 1983. – 306 p.
3. Aksenov N.V., Grigoriev V.S. Defects of bearing structures of buildings and constructures, approaches to resolve them. – M.: DMK Press, Company IT, 2011. – 260 p.
4. Konakov A.I., Gromov M.S. Failures and strengthening of metal structures. – Irkutsk: IRNITU, 2015. – 308 p.
5. Barykin E.P. Optimal long-term planning of capital repairs and reconstruction of industrial buildings. – M.: Publishing House of the DIA, 2008. – 240 p.
6. Endzhievsky L.V., Nadelev D.V., Petukhova I.J. Carcasses of buildings and light metal structures and their elements: Textbook. – M., 1998. – 247 p.
7. Kuznetsov I.L., Salakhoutdinov M.A., Gimranov L.R. New structural solutions of steel frames of light multispan building // Izvestija KGASU, 2011, № 1 (15). – P. 88-92.
8. Agafonkin V.S., Moiseev M.V. Welded elastic junctions of steel rack elements. // Collected scientific works KGASU. – Kazan: Publisher KGASU, 2010. – P. 20-23.
9. Molev I.V., Svyatoshenko A.E. Improving the reliability of frame assemblies of steel frames // Reports: XIV Polish-Russian-Slovak seminar Theoretical foundation of building. – Warszava, 2005. – P. 173-178.
10. Shitov K. Viability of industrial buildings // Techniques of youth, 1984, № 9. – P. 22-25.

УДК 728.03
Лисицына А.В. – кандидат архитектуры, доцент
E-mail: av_lisitcyna@mail.ru
Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 603950, Россия, г. Н. Новгород, ул. Ильинская, д. 65

Историко-архитектурная среда «пограничных» городов Нижегородского Поволжья

Аннотация

Статья посвящена изучению влияния традиций архитектуры и градостроительства крупного города Нижнего Новгорода на формирование историко-архитектурной среды малых и средних городов и поселений, расположенных на границах Нижегородского Поволжья – Ветлуги, Выксы, Гороховца, Мурома, Юрина, Юрьевца, Ядрина. Административно подчиненные Нижнему Новгороду в отдельные периоды своей истории, почти все они в настоящее время относятся к сопредельным территориям (областям и республикам). В статье анализируется зависимость между «пограничным» расположением этих городов и особенностями их историко-архитектурной среды. Для каждого города отмечены основные вехи градостроительного развития и наиболее значимые объекты культурного наследия.

Ключевые слова: Нижегородское Поволжье, Нижний Новгород, малые и средние исторические города, историко-архитектурная среда, градостроительство.

Метафизический смысл границы не только в разделении мира на «свой» и «чужой». Граница «является символом перехода, символом еще не реализованных возможностей. Она не столько разделяет, сколько соединяет разное, формируя особый «мир на границе» с парадоксальным существованием противоположного, когда одно может стать мерой для другого» [10, с. 36]. Древняя Нижегородская земля находится на стыке трех крупных регионов – Центральной России, Верхнего Поволжья и Среднего Поволжья. Она является полем взаимодействия различных этнокультурных ареалов – русских, татар, финно-угорских народов (марийцев, мордвы, чувашей). В «пограничности» этой территории сохраняется глубокий исторический смысл и память о том, что вплоть до XVI в. Нижегородский край был восточным рубежом русских земель. Основание поволжских городов было связано с длительным процессом продвижения русских на восток, что обусловило взаимное влияние народов и этносов, религий и культур.

Нижегородское Поволжье определено в статье как исторически сложившаяся территориальная общность городов и поселений, объединенных географическими, экономическими, хозяйственными, административными, культурными факторами, с центром в Нижнем Новгороде. Редкое по значимости географическое положение на слиянии двух крупных рек – Волги и Оки – издревле сделало Нижний Новгород мощным фокусом притяжения для окружающих территорий. Впоследствии к этому добавился еще один важный фактор – крупнейшая в России Макарьевская (Нижегородская) ярмарка, ежегодно проводившаяся в Нижнем Новгороде с 1817 по 1929 гг. К началу XX в. Нижний Новгород превратился в один из самых значительных торгово-промышленных городов Европейской части России, который распространил свое влияние и на соседние губернии. Поэтому границы Нижегородского Поволжья, без сомнения, следует трактовать более широко, чем границы современной Нижегородской области, протянувшейся на 400 км с севера на юг и на 250 км с запада на восток [19]. Архитектура Нижнего Новгорода отличалась своеобразным путем развития. Следуя в общем русле отечественного зодчества, она соединяла в себе черты столичной российской и европейской архитектуры, которые особым образом отражались и преломлялись в контексте региональных традиций. Последние отличались художественным богатством и самобытностью, что было обусловлено широким разнообразием кустарных промыслов Нижегородского края [14, с. 16-17].

В исторически сложившейся системе городов Нижегородского Поволжья особый интерес представляют «пограничные» города и поселения, расположенные на рубежах Нижегородской губернии – Нижегородской области и в некоторые периоды своей

истории находившиеся в административном подчинении Нижнего Новгорода. В то же время, эти города в равной степени принадлежат и сопредельным территориям – Костромскому Поволжью, Казанскому Поволжью, Мещерским землям. К таким населенным пунктам относятся Юрьевец, Гороховец, Выкса, Муром, Ядрин, Юрино, Ветлуга, которые располагаются в разных географических направлениях от Нижнего Новгорода, на расстоянии от 85 км (на западе) до 250 км (на севере). Практически так же они удалены и от соседних областных центров – Владимира, Иванова и Костромы на западе, Рязани, Саранска и Ульяновска на юге, Чебоксар, Йошкар-Олы и Казани на востоке, Кирова на северо-востоке (рис. 1).

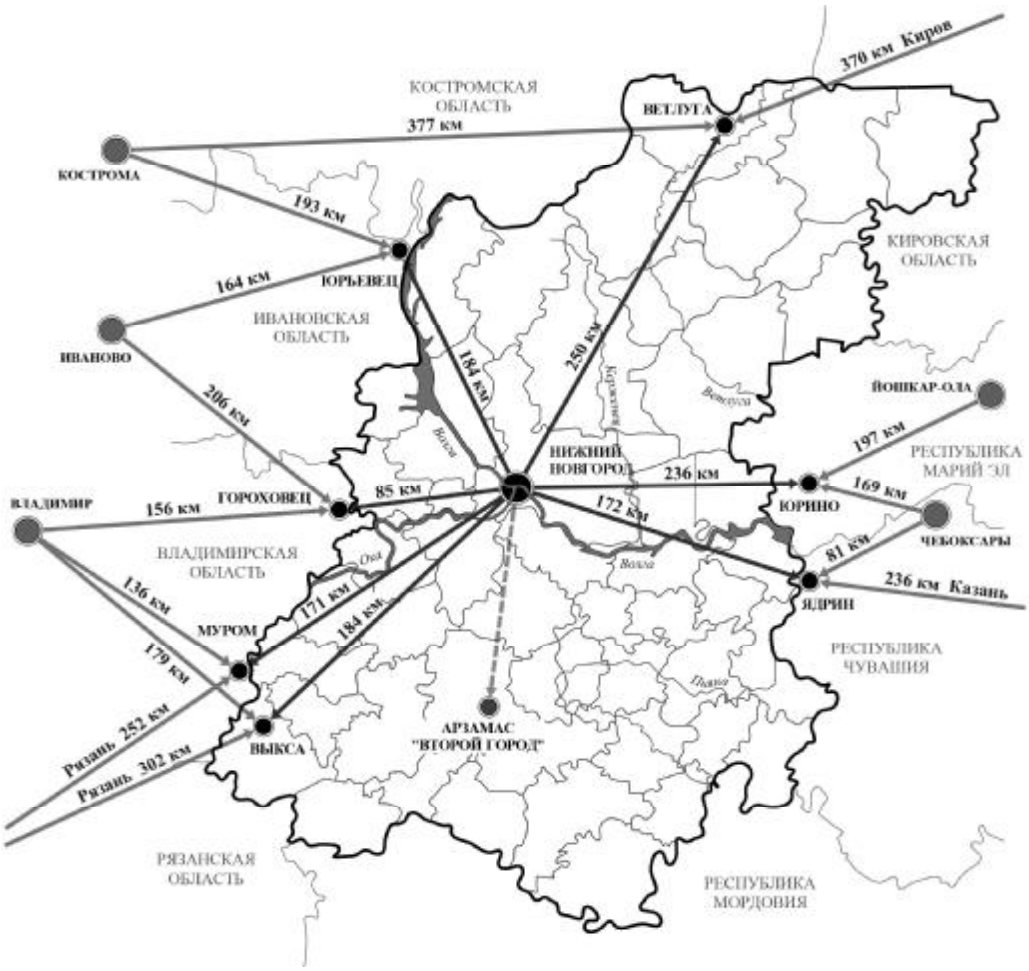


Рис. 1. «Пограничные города» на схеме Нижегородской области, начало XXI в.

Поддержание и развитие своеобразия исторического города, его идентичности подразумевает заботу не только об отдельных достойных зданиях или даже об отдельных фрагментах застройки – необходимо сохранить историко-архитектурную среду в целом. Средовая парадигма, характеризующая современную теорию архитектуры, включает в себя понимание наследия как системного образования, отдельные объекты которого не могут быть сохранены вне их взаимосвязи [2, с. 29]. Цель статьи – рассмотреть влияние традиций архитектуры и градостроительства крупных городов на формирование историко-архитектурной среды (ИАС) малых и средних городов, занимающих «пограничное» расположение в исторически сложившейся системе расселения, на примере Нижегородского Поволжья. Выбор городов – объектов исследования обусловлен их географическим положением, современной численностью населения (до 100 тысяч человек, что соответствует категории малых и средних городов), долгим историческим развитием, наличием ИАС и отдельных объектов культурного наследия (рис. 2).

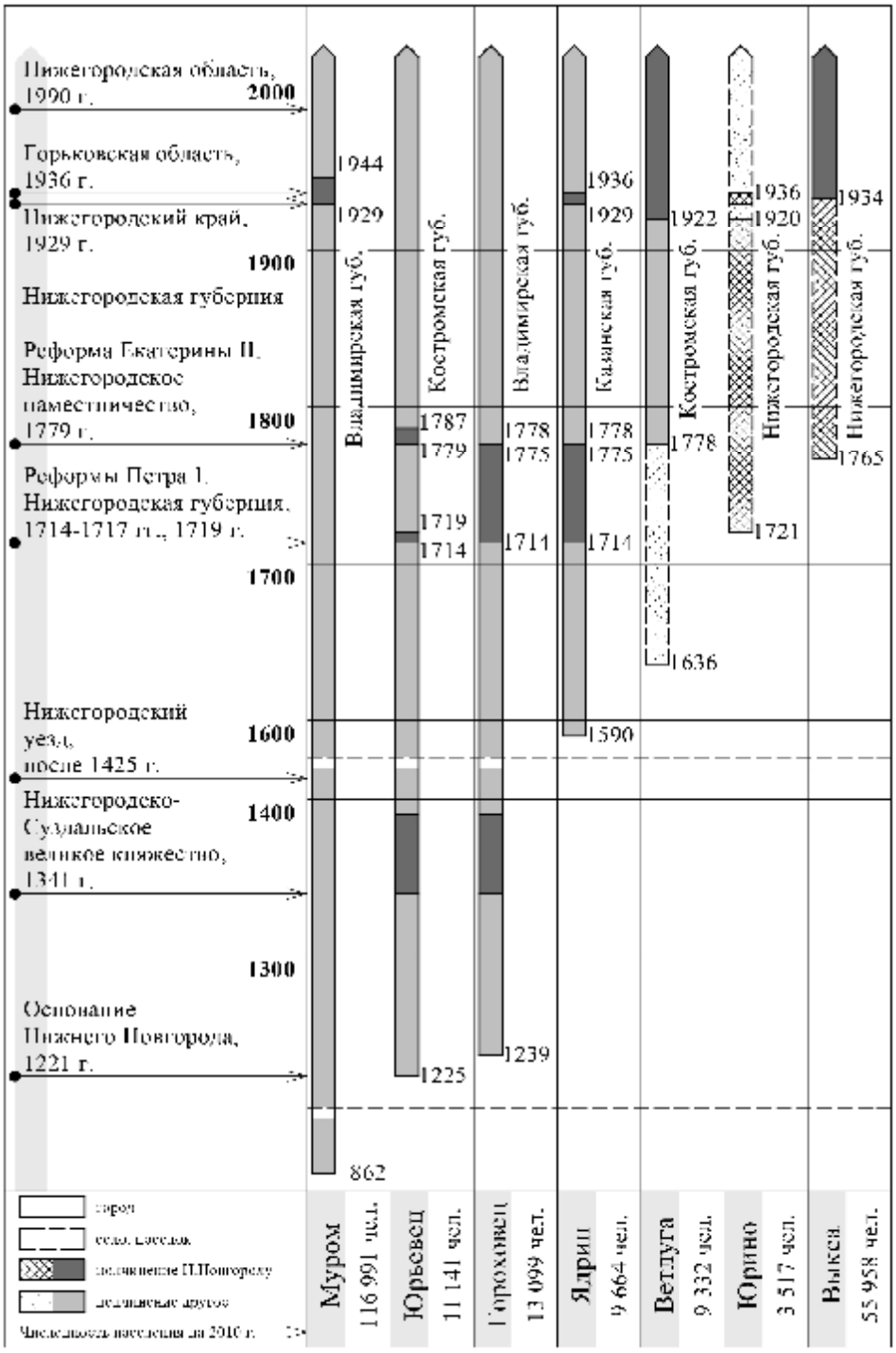


Рис. 2. Историческое развитие «пограничных городов» Нижегородского Поволжья: административный аспект

Формирование ИАС изучаемых городов происходило в контексте разнородных экономических и культурных явлений, существовавших в разные исторические периоды и охватывавших определенные географические ареалы. Среди них Нижегородско-Суздальское великое княжество XIV-начала XV вв., основание новых русских городов-крепостей второй половины XVI в., феномен Макарьевской (Нижегородской) ярмарки, «куст» железоделательных заводов Баташевых-Шепелевых в нижнем течении Оки, бурный рост текстильных фабрик Центрального промышленного района, развитие пароходства на Волге в середине XIX-начале XX вв. Все эти процессы оставили свой след в архитектурном облике «пограничных городов» Нижегородского Поволжья.

Юрьевец – районный центр Ивановской области. Расположен на правом берегу Волги, в 184 км к северо-западу от Нижнего Новгорода. Один из самых старинных городов Поволжья, по преданию, заложенный в 1225 г. владимиро-суздальским князем Юрием Всеволодовичем, основателем Нижнего Новгорода (1221 г.). В последней трети XIII в. Юрьевец входил в Городецкое удельное княжество, в XIV в., вместе с Городцом – в Нижегородско-Суздальское великое княжество. В начале XVIII в., находясь в составе Казанской, а затем Московской губерний, Юрьевец был подчинен Нижегородской епархии (1719-1740 гг.). Искусствовед Н.А. Мерзлютина указывает на близость двух самых древних каменных церквей Юрьевца – Благовещенской и Богоявленской – к нижегородской традиции. Образцом для первой каменной церкви Благовещенья (1700 г.) стала одноименная церковь Нижнего Новгорода, построенная в 1697 г. Архитектура церкви Богоявления, возведенной в период между 1702 и 1719 гг., была, в свою очередь, ориентирована на Благовещенскую церковь Юрьевца. Примечательно, что оба храма украшал прекрасный изразцовый декор балахнинского производства [12, с. 107-108, 118]. В 1779 г. Юрьевец был включен в Нижегородское наместничество, но уже в 1787 г. был отнесен к Костромскому наместничеству (с 1796 г. – губернии) и стал уездным городом. Памятники конца XVIII-начала XIX вв., среди которых выделяется комплекс Входоиерусалимского собора с его высокой легкой колокольней, обнаруживают несомненное сходство с костромскими постройками [17, с. 703-704, 707-709]. В декоре деревянных жилых домов XIX-начала XX вв. прослеживаются традиции поволжской глухой резьбы, центрами распространения которой были Городец и Нижний Новгород.

Гороховец – районный центр Владимирской области. Расположен на правом берегу Клязьмы, притока Оки, в 85 км к западу от Нижнего Новгорода. Впервые упоминается в 1239 г. Как и Юрьевец, входил в Нижегородско-Суздальское великое княжество. Во второй половине XVII в. Гороховец представлял собой один из процветающих городов русского государства, сформировавший своеобразную местную архитектурную школу, к лучшим образцам которой относятся ансамбли Никольского и Знаменского монастырей, Благовещенский собор, Воскресенская церковь. Живописный по композиции и декору Сретенский собор одноименного монастыря, главы которого покрыты цветной черепицей, близок к постройкам нижегородских земель. Уникальность ИАС Гороховца во многом определяют каменные палаты XVII в., общее количество которых даже больше, чем в Нижнем Новгороде [16, с. 81-85, 138]. В 1714-1775 гг. Гороховец находился в составе новой Нижегородской губернии, выделенной из северо-западных частей Казанской губернии; в 1778 г. вошел во Владимирское наместничество (с 1796 г. – губернию) как уездный город. В XIX-начала XX вв. наблюдался расцвет своеобразного деревянного зодчества, обусловленный расположением Гороховца в эпицентре Якушевского плотничного района. Здесь сложились оригинальные версии деревянного ампира и деревянного модерна, апеллирующих к поволжской глухой резьбе первой половины XIX в. При этом крестьянское строительство Гороховецкой земли, которая непосредственно примыкала к Нижегородскому Поволжью, несомненно, принадлежало к Поволжской этнографической зоне [18, с. 223]. Этнограф В.Е. Добровольская, рассуждая о традиционной культуре Гороховецкого края, отмечает его ориентацию на городской тип культуры, заимствованный не у Владимира, а у географически более близкого Нижнего Новгорода. В ментальном аспекте постоянное изменение административных границ района привело к тому, что многие жители исконно гороховецких земель осознают себя нижегородцами или ивановцами [4, с. 21].

Муром – районный центр Владимирской области. Расположен на левом берегу Оки, в 170 км к юго-западу от Нижнего Новгорода. Один из древнейших русских городов, известный с 862 г., центр удельного Муромского княжества. Своеобразие ИАС Мурома определяет богатое архитектурное наследие XVI и XVII вв., в котором органично соединились черты московского, суздальского и поволжского зодчества. Строительство первых каменных сооружений – городского собора Рождества Богородицы, собора Спасо-Преображенского монастыря, церкви Козьмы и Дамиана – было связано с казанским походом царя Ивана Грозного в 1552 г. В их создании принимали участие московские и ростовские мастера. Храмы Благовещенского и

Троицкого монастырей восходят к московским образцам периода правления царя Алексея Михайловича [16, с. 52-54, 66-67, 76]. В более позднее время Муром, уездный город Владимирской губернии, был тесно связан с юго-западной частью Горбатовского уезда Нижегородской губернии, ядром которого было развитое торгово-промышленное село Павлово, центр крупнейшего в России района металлообработки и слесарного производства XIX-начала XX вв. Экономически и географически к Павлову тяготела вся северо-западная часть Муромского уезда. В самом Муроме металлообработка также получила заметное развитие (чугунолитейные заводы Зворыкиных и Валенкова). Знаменитые фабриканты Кондратовы, владельцы слесарных фабрик в Ваче, Павлове и Ворсме, были муромскими купцами. Весьма оживленными были связи Мурома с Нижегородской ярмаркой, чему способствовало пароходство на Оке, получившее развитие во второй половине XIX в. Однако, в аспекте архитектуры Муром в большей степени тяготел к центральным и юго-западным регионам – Москве, Владимиру, Рязани. Кроме того, здесь издавна выработалась самостоятельная строительная традиция.

Выкса – районный центр Нижегородской области. Расположен в 10 км от правого берега Оки, в 184 км к юго-западу от Нижнего Новгорода. Центр группы фабричных сел при железоделательных заводах Баташевых, основанных в середине XVIII в. на границе Нижегородской, Владимирской и Рязанской губерний. Братья А.Р. и И.Р. Баташевы, выходцы из Тулы, попали на Выксу с юга, через Касимовский край. Богатейшие предприниматели своего времени, они поддерживали тесные связи со столичными городами, Москвой и Санкт-Петербургом [9, с. 144]. Архитектура баташевских построек в Выксе носила черты барокко, раннего классицизма или романтизма конца XVIII в. По сравнению с другими городами Нижегородского Поволжья, ИАС Выксы имеет ярко выраженную специфику, обусловленную особым путем развития. Центр города, ядро его застройки составляют усадьба Баташевых с парком и обширными заводскими прудами, а также сам металлургический завод Баташевых-Шепелевых. На территории Выксунского металлургического завода находятся замечательные памятники промышленной архитектуры начала XX в., построенные В.Г. Шуховым – здание листопрокатного цеха и водонапорная башня. Великий русский инженер был приглашен в Выксу после Всероссийской художественно-промышленной выставки, проходившей в 1896 г. в Нижнем Новгороде. В создании построек крупного архитектурного ансамбля Выксунского Иверского монастыря, формирование которого относится к последней трети XIX-началу XX вв., принял участие нижегородский зодчий И.Ф. Каратаев. Для завершения ансамбля были приглашены московские архитекторы А.П. Белоярцев и П.А. Виноградов [1, с. 18, 19, 22; 3, с. 43]. Вероятно, это связано с тем, что старец Варнава Гефсиманский, основатель монастыря, был иноком близкой к Москве Троице-Сергиевой лавры. Таким образом, несмотря на административную подчиненность Выксы Нижнему Новгороду, его влияние нельзя назвать активным.

Ядрин – районный центр республики Чувашия. Расположен на левом берегу Суры, притока Волги, в 172 км к востоку от Нижнего Новгорода. Основан в 1590 г. как административный и военно-сторожевой пункт. В 1714 г. вошел в Нижегородскую губернию, более 50 лет находился в составе ее Алатырской провинции. Специальная дорога, проложенная по правому берегу Суры, соединяла Ядрин с Нижним Новгородом. Чувашское население этого края было объектом активной миссионерской деятельности Нижегородской епархии. Так, в 1620-х гг. рядом с городом было основано подворье Нижегородского Амвросиева Дудина монастыря – Казанская пустынь, позднее мужской монастырь [6, с. 29, 30, 47, 59]. С 1781 г. Ядрин стал уездным городом Казанской губернии. Имея городской статус практически с момента своего основания, Ядрин не получил экономического развития и был лишь «административным» городом, по существу, мало чем отличаясь от села. Известно, что для строительства деревянных домов нередко приглашали плотников-чувашей [5, с. 359]. Однако, яркие национальные черты народного жилища здесь не проявились. Декор деревянного жилища с использованием накладной моделированной резьбы обнаруживает общность с соседними поволжскими территориями Макарьевского уезда Нижегородской губернии. В 1915 г. в городе было всего лишь 15 каменных сооружений. Среди мелкомасштабной застройки

выделялись каменные церкви XIX в. и представительные здания в стиле модерн начала XX в., созданные по проектам казанских архитекторов А.И. Горохова, К.С. Олешкевича (?), В.А. Трифонова. Некоторые из них – здание реального училища, здание глазной лечебницы – были построены на средства купцов Таланцевых, известных широкой благотворительной деятельностью. Эти крупные предприниматели поддерживали активные связи с Нижним Новгородом и ярмаркой [13, с. 223-228].

Юрино – поселок городского типа, районный центр республики Марий-Эл. Расположен на левом берегу Волги, в 236 км к востоку от Нижнего Новгорода (расстояние дано по автодороге). Единственное из рассматриваемых поселений, никогда не имевшее городского статуса. Известное с 1721 г. село Юрино (Архангельское) входило в Васильсурский уезд Нижегородской губернии. Юрино стоит на древних нижегородских землях – Нижнее Поветлужье было отнесено к Нижегородской губернии в 1714 г. и лишь в 1920 г. вошло в состав Марийской автономной области. С 1812 г. Юрино принадлежало представителям «нижегородской» ветви Шереметевых; хозяйственная деятельность этих крупных землевладельцев тесно связала Юрино с другими нижегородскими землями. Известно, например, о переселении в Юрино 136 крестьянских семей из сел Богородского, Доскина, Дуденева, Лазарева Горбатовского уезда для внедрения развитого там кожевенного производства на новом месте [8, с. 21-23]. Главной достопримечательностью Юрина является усадьба Шереметевых с обширным парком и уникальным для Нижегородского Поволжья дворцом-замком второй половины XIX в. в эклектических архитектурных формах романтизма с обращением к европейскому средневековью. В завершении строительства дворца в начале XX в. участвовал нижегородский архитектор П.П. Малиновский. Усадьба, занимающая центральное место в структуре поселения, оказала мощное влияние на развитие Юрина и формирование его ИАС не только самим фактом своего существования, но и опосредованно – в архитектуре окружающих крестьянских усадеб наблюдается стремление к выразительности силуэта, к сложному, затейливому декоративному убранству. Многочисленные краснокирпичные здания конца XIX-начала XX вв. сочетаются с традиционными деревянными домами, многие из которых украшены поволжской глухой резьбой. По сравнению с Ядрином, исторический центр Юрино имеет несравнимо более «городской» облик.

Ветлуга – районный центр Нижегородской области. Расположен на правом берегу реки Ветлуги, притока Волги, в 250 км к северо-востоку от Нижнего Новгорода. Начало городу положила деревня Щулепниково, известная с 1636 г.; с постройкой церкви в XVIII в. деревня превратилась в село Верхнее Воскресение. В 1778 г. оно было преобразовано в уездный город Ветлугу Костромской губернии, который стал центром обширных поветлужских земель, почти целиком покрытых лесами. Удаленность города от крупных населенных пунктов – Нижнего Новгорода, Костромы и Вятки (Кирова) – обусловила самостоятельность развития Ветлуги. Город имеет компактный, целостный и довольно представительный исторический центр. Его силуэт определяют Троицкий собор и церковь великомученицы Екатерины. ИАС центральных улиц формируют торговые ряды, магазины, каменная и деревянная усадебная застройка, обновленная после большого пожара 1890 г. Архитектурный облик большинства зданий характерен для поздней эклектики. В городе есть интересные образцы пропильной моделированной домовой резьбы. Архитектор Н.Л. Шевяков, уроженец Ветлуги, долгие годы работавший в Москве, построил в родном городе здание уездной земской больницы и торговые ряды в «русском стиле», с выразительными высокими крышами. [11, с. 9-10, 16-17]. На окраине города в 1890 г. был возведен крупный краснокирпичный комплекс казенного винного склада, выполненный по «типовому» проекту того времени. С 1922 г. Ветлужский уезд вошел в Нижегородскую губернию.

Обращает на себя внимание неравноценность ИАС рассматриваемых городов. Они демонстрируют широчайший спектр – от ярких и выразительных по облику Мурома, Гороховца, Юрьевца с их древними памятниками архитектуры до скромных, но по-своему гармоничных Ветлуги и Ядрина (рис. 3).

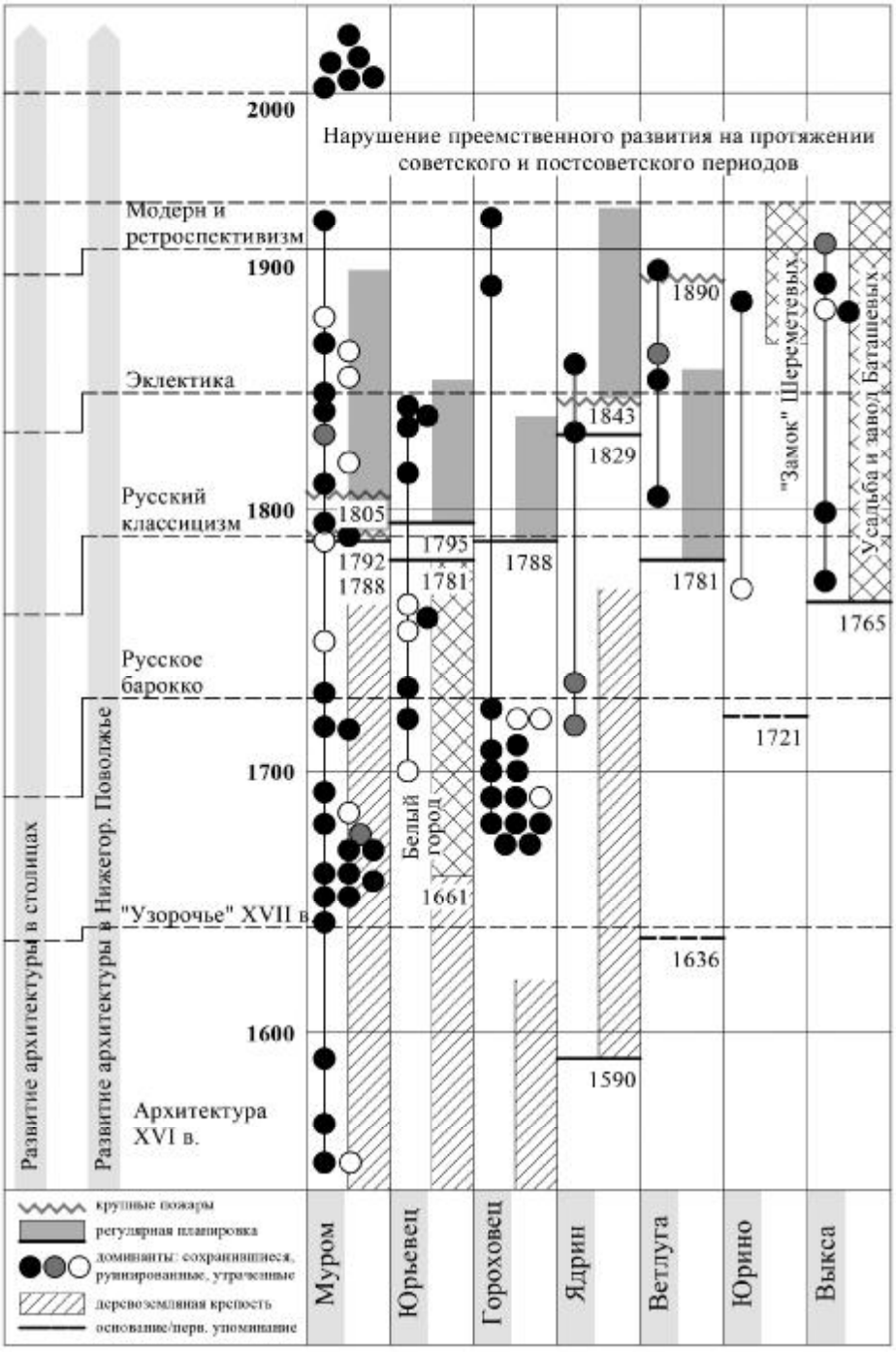


Рис. 3. Историческое развитие «пограничных городов» Нижегородского Поволжья: градостроительный аспект

Итак, «пограничные» города Нижегородского Поволжья располагаются по пяти географическим направлениям, три из которых определяются руслами крупных рек Волги и Оки. Каждое из направлений представляет собой периферию *трех* регионов и входит в сферы влияния *трех* крупных городов: 1) юго-западное – Нижний Новгород, Рязань, Владимир (Муром, Выкса); 2) западное – Нижний Новгород, Владимир, Иваново (Гороховец); 3) северо-западное – Нижний Новгород, Иваново, Кострома (Юрьевец); 3) северо-восточное – Нижний Новгород, Кострома, Киров (Ветлуга); 4) восточное – Нижний Новгород, Йошкар-Ола, Чебоксары (Ядрин, Юрино). При этом необходимо

отметить неравнозначность западного и восточного направлений: с запада, северо-запада и юго-запада к Нижегородскому Поволжью почти вплотную подходят земли Владимирской, Ивановской, Рязанской областей с их старинными городами; с востока, северо-востока и юго-востока простираются более обширные и не столь населенные пространства республик Марий-Эл, Чувашии и Мордовии. Рассмотрение влияния Нижнего Новгорода на формирование ИАС «пограничных городов» позволило установить, что в наибольшей степени оно выражено в северо-западном, западном и восточном направлениях, что отвечает руслам Волги и нижней Оки – в прошлом главных «дорог» края. В юго-западном и южном направлениях влияние Нижнего Новгорода заметно ослабевает. Во-первых, его «перехватывает» Арзамас, второй по величине и значимости город Нижегородского Поволжья. Во-вторых, южная и юго-западная часть региона, отделенная в прошлом непроходимыми муромскими лесами, тяготела к издавна освоенным Московским и Рязанским землям, сохраняя с ними историко-культурную общность. Что касается северо-восточного направления, то здесь объектов влияния просто-напросто не было. Единственным исключением являлся город Ветлуга, географически удаленный и поэтому развивавшийся достаточно суверенно.

Согласно тезису известного российского географа В.Л. Каганского, административные границы регионов в советском и постсоветском пространстве России – это барьерные границы. Внутренние приграничные территории не несут контактных функций и пребывают в состоянии упадка. Границы в наименьшей степени пересекаются коммуникациями, которые являются в основном внутрирегиональными [7, с. 30-32]. В конце XVIII-начале XX вв., в период, когда происходило интенсивное формирование ИАС «пограничных городов», ситуация была иной. Система расселения в Европейской части России была равномерной, а сельская местность – гораздо более освоенной. Для ее жителей уездные города и развитые негородские поселения играли роль своеобразных «провинциальных столиц», зачастую единственно доступных центров, выполнявших административные, торговые, производственные, духовные и культурные функции [15, с. 52]. Такие города были проводниками новшеств, выработанных в крупных городах, они играли роль посредников между губернскими центрами и сельскими районами. ИАС «пограничных городов» являла собой переходную ступень от собственно городской среды, с ее значительной профессиональной составляющей, к традиционной сельской среде [5, с. 610-611]. Сегодня нас удивляет сам факт существования в провинциальной глуши качественной архитектуры классицизма, эклектики, модерна. Но это лишь доказательство того, что еще сто лет назад рассматриваемые города отнюдь не являлись «захолустьями»!

Таким образом, влияние крупных городов на окружающие их средние и малые города было и остается разносторонним, многослойным, многовекторным. Прежде всего оно проявляется на уровне базисных структур – экономики, промышленности, торговли, а затем находит яркое отражение в сфере материальной и духовной культуры, неотъемлемыми составляющими которой являются градостроительство, архитектура и искусство. В данном аспекте механизмы влияния крупного города Нижнего Новгорода на ИАС малых и средних городов Нижегородского Поволжья определялись исторически сложившимися региональными культурными связями, обусловившими общность отдельных территорий (строительная культура Нижегородско-Суздальского великого княжества XIV в., региональные архитектурные школы XVII в., поволжское деревянное зодчество XIX в.). В эпоху Нового времени важную роль играла общая для всей страны градостроительная политика государства, внедрявшего принципы регулярности и стилевого единства. В этом ракурсе особое значение приобретала деятельность профессиональных архитекторов. В негородских поселениях существенное влияние оказывала воля владельца-помещика, его личные вкусы и материальные возможности (Баташевы, Шереметевы). Наконец, необходимо отметить деятельность народа, его активной части – членов городского самоуправления, купцов и предпринимателей – имевших тесные деловые и культурные контакты с крупными городами и привносивших различного рода новации, в том числе, и архитектурные, в места своего проживания.

Список библиографических ссылок

1. Агафонова И.С. Ансамбль Выксунского Иверского монастыря – памятник архитектуры периода эклектики // Приокская глубинка: краеведческий альманах, 2008, № 3. – С. 9-40.
2. Гельфонд А.Л. Общественное здание и общественное пространство. Дуализм отношений // ACADEMIA. Архитектура и строительство, 2015, № 2. – С. 18-31.
3. Давыдов А.И. Троицкий собор Выксунского Иверского монастыря // Приокская глубинка: краеведческий альманах, 2008, № 3. – С. 41-50.
4. Добровольская В.Е. Традиционная культура Гороховецкого края // Традиционная культура Гороховецкого края. В 2 т., Т. 1. – М.: Государственный республиканский центр русского фольклора, 2004. – С. 19-30.
5. Зорин А.Н. Города и посады дореволюционного Поволжья. – Казань: КГАСА, 2001. – 704 с.
6. Изоркин А.В. Ядрин: исторический очерк. – Чебоксары: Калем, 2003. – 232 с.
7. Каганский В.Л. Внутренняя периферия – новая растущая зона культурного ландшафта России // Известия РАН. Серия географическая, 2012, № 6. – С. 23-34.
8. Кислов К.А. Юрино. Замок Шереметева (Усадебно-архитектурный памятник). – Йошкар-Ола: ООО «Стринг», 2012. – 80 с.
9. Королев В.В. Не стреляйте в прошлое из пистолета. – Выкса: Print House, 2014. – 216 с.
10. Куликова Т.В. Метафизика границы // Уваровские чтения-VI: граница и пограничье в истории и культуре: материалы науч. конф. 16-18 мая 2005 г. – Муром, 2006. – С. 33-36.
11. Марков Д.А. К истории города Ветлуги // История Ветлужского края: историко-краеведческий сборник. – Урень, 2006. – С. 4-20.
12. Мерзлютина Н.А. Богоявленская (Симоновская) церковь города Юрьевца // Архитектурное наследство, 2015, № 62. – С. 101-118.
13. Муратов Н.И. Объекты культурного наследия Чувашской Республики: Каталог. В 2 кн., Кн. 1. – Чебоксары: Чуваш. кн. изд-во, 2011. – С. 221-250.
14. Орельская О.В. Нижегородская архитектура XX века как отражение российского и зарубежного зодчества: автореф. дис… д-ра архитектуры. – Н. Новгород, 2009. – 48 с.
15. Пустовгаров В.И. Сохранение и развитие исторических поселений // Вестник Зодчий 21 век, 2009, № 4 (33). – С. 52-55.
16. Свод памятников архитектуры и монументального искусства России. Владимирская область. в 6 ч., Ч. 1. – М.: Наука, 2004. – 752 с.
17. Свод памятников архитектуры и монументального искусства России: Ивановская область. В 3 ч., Ч. 3. – М.: Наука, 2000. – 813 с.
18. Скворцов А.И. Народное зодчество // Традиционная культура Гороховецкого края: В 2 т., Т. 1. – М.: Государственный республиканский центр русского фольклора, 2004. – С. 223-247.
19. Лисицына А.В. Историко-архитектурная среда средних и малых городов Нижегородского Поволжья как феномен культурного наследия // Архитектон: известия вузов : электрон. период. изд. 2014, № 45. URL: http://archvuz.ru/2014_1/6 (дата обращения: 17.03.2016).

Lisitsyna A.V. – candidate of architecture, associate professor
E-mail: av_lisitcyna@mail.ru
Nizhniy Novgorod State University of Architecture and Engineering
The organization address: 603950, Russia, Nizhniy Novgorod, Ilinskaya st., 65

The historical and architectural environment of «border» towns of Nizhny-Novgorod region of the river Volga

Resume

The paper studies the influence of architecture and urban planning traditions of the city of Nizhny Novgorod on the historical and architectural environment of small and medium towns and settlements located at the boundaries of Nizhny-Novgorod region of the river Volga, i.e.

Vetluga, Vyksa, Gorokhovets, Murom, Yurino, Yurievets, and Yadrin. Administratively subordinated to Nizhny Novgorod in certain periods of their history, now almost all of them belong to the neighboring territories (regions and republics). These towns are located in five geographic routes, each being in the outskirts of three regions and in the sphere of influence of three cities. The paper analyses the relationship between the «border» location of the studied towns and the specific features of their historical and architectural environment that was a transitional stage from the urban environment with its significant professional component to the traditional rural environment. For each town, the paper identifies the major milestones of their urban development and the most important cultural heritage of different periods of history, from the middle of the XVI century until the beginning of the XX century. It is shown that the cities influence on the medium and small towns surrounding them has been and remains versatile, multi-layered, multiple-vector. First of all, it manifests itself at the level of primary structures, i.e. the economics, industry, trade, and then is brightly displayed in the material and spiritual culture, which integral components are urban planning, architecture and art.

Keywords: Nizhny-Novgorod region of the river Volga, Nizhny Novgorod, small and mid-sized historical towns, historical and architectural environment, town planning.

Reference list

1. Agafonova I.S. The ensemble of Vyksa Iversky Monastery – architectural monument of the eclectic period // Priokskaya glubinka: almanac of Local Lore, 2008, № 3. – P. 9-40.
2. Gel'fond A.L. Public buildings and public spaces. Dualism of relations // ACADEMIA. Arkhitektura i stroitel'stvo, 2015, № 2. – P. 18-31.
3. Davydov A.I. The Trinity Cathedral of Vyksa Iversky Monastery // Priokskaya glubinka: almanac of Local Lore, 2008, № 3. – P. 41-50.
4. Dobrovol'skaya V.E. The traditional culture of Gorokhovets Territory // The traditional culture of Gorokhovetsky Territory. In 2 v., V. 1. – M.: Gosudarstvennyy respublikanskiy tsentr russkogo fol'klora, 2004. – P. 19-30.
5. Zorin A.N. Cities and posads of prerevolutionary region of the river Volga. – Kazan: KSABA, 2001. – 704 p.
6. Izorkin A.V. Yadrin: historical review. – Cheboksary: Kalem, 2003. – 232 p.
7. Kaganskiy V.L. The inner periphery – a new growing area of Russia's cultural landscape // RAN News. Serie geographical, 2012, № 6. – P. 23-34.
8. Kislov K.A. Yurino. Sheremetev Castle (The manor and architectural monument). – Yoshkar-Ola: OOO «String», 2012. – 80 p.
9. Korolev V.V. Do not shoot at the past out of gun. – Vyksa: Print House, 2014. – 216 p.
10. Kulikova T.V. Metaphysics border // Uvarovskie chteniya-VI: borders and border areas in the history and culture : materials of scientific conference. 16-18 maya 2005. – Murom, 2006. – P. 33-36.
11. Markov D.A. To the history of the city Vetluga // History of Vetluga Territory: digest of Local Lore. – Uren, 2006. – P. 4-20.
12. Merzlyutina N.A. Epiphany (St. Simon’s) Church in Yurevets // Arkhitekturnoe nasledstvo, 2015, № 62. – P. 101-118.
13. Muratov N.I. Cultural heritage of the Chuvash Republic: Catalog. In 2 v., V. 1. – Cheboksary: Chuvash. kn. izd-vo, 2011. – P. 221-250.
14. Orel'skaya O.V. Nizhny-Novgorod Architecture of the 20th Century as a Reflection of Russian and International Art of Building: Summary of Doctor of Architecture dissertation. – N. Novgorod, 2009. – 48 p.
15. Pustovgarov V.I. Preservation and development of historical settlements // Vestnik Zodchiy 21 vek, 2009, № 4 (33). – P. 52-55.
16. Set of monuments and monumental art in Russia. Vladimir region: in 6 v., V. 1. – M.: Nauka, 2004. – 752 p.
17. Set of monuments and monumental art in Russia. Ivanovo region. in 3 v., V. 3. – M.: Nauka, 2000. – 813 p.
18. Skvortsov A.I. Folk architecture // The traditional culture of Gorokhovets Territory. In 2 v., V. 1. – M.: Gosudarstvennyy respublikanskiy tsentr russkogo fol'klora, 2004. – P. 223-247.
19. Lisitsyna A.V. The historical and architectural environment of the mid-sized and small towns in the Nizhny-Novgorod region of the river Volga as a cultural heritage phenomenon // Arkhitekton: izvestiya vuzov: the periodic Internet-edition, 2014, № 45. URL: http://archvuz.ru/2014_1/6 (reference date: 17.03.2016).

УДК 74.01/.09
Мирсаяпова И.И. – аспирант
E-mail: Ilgina@list.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

Три волны теоретического дизайна

Аннотация

История дизайна как комплексная дисциплина перестает рассматриваться как прямолинейная эволюционная структура. Более рациональный подход подразумевает полилинейность, одна из линий эволюции является теоретической.

Элвин Тоффлер в 1970 году разработал теорию трех волн развития общества и, как следствие, это сказалось на развитии дизайна в целом. Поэтому для нас представляется интересным рассмотреть теорию Элвина Тоффлера применительно к дизайну.

Целью статьи является рассмотрение теории трех волн Элвина Тоффлера, сравнение развития теории дизайна с этими волнами, тем самым выявление процессов, которые являлись в дизайне толчком для появления и развития каждой волны.

Ключевые слова: теория трех волн, индустриальный дизайн, теория дизайна, постиндустриальный дизайн, Баухаус, постиндустриальное общество, периодизация дизайна, история дизайна, теоретики дизайна, дизайн-теории, дизайн СССР.

За последнее время дизайн стал неотъемлемой частью деятельности человека. Дизайн, среди прочих, является одним из наиболее активно развивающихся направлений человеческой деятельности. Несмотря на свой достаточно короткий путь исторического развития, дизайн показывает нам пример достаточно бурного развития.

Дизайн, подобно жизнедеятельности человека и историческому прогрессу, не являются линейным, динамика развития общества протекает через некие временные интервалы, подобно волнам океана, так же и дизайн имеет волновую динамику развития.

Взгляды волнового движения – не единичны. Существует достаточно много взглядов на волновое развитие. На эту тему есть работы у американского финансиста Ральфа Нельсона Эллиотта[1], его монография носит название «Волновой принцип». Американский журналист Чарльз Доу является автором Теории Доу[2], а в 1913 году голландский экономист Якоб Ван Гельдерен разработал теорию волнообразного эволюционного развития[3]. Так же работы на данную тему были проведены нашим соотечественником Николаем Кондратьевым. Но все же мы остановимся на рассмотрим волнового движение выдвинутого Элвином Тоффлером.

По мнению американского философа, социолога и футуролога, одного из авторов теории постиндустриального общества Элвина Тоффлера, общество находится в постоянной динамике развития. Он считает, что это развитие происходит согласно неким временным отрезкам. Эти отрезки Э. Тоффлер называет волнами, тем самым выделяя три волны: аграрная волна, индустриальная волна и постиндустриальная волна. Кратко рассмотрим каждую из них, обозначив, что послужило предпосылками для возникновения каждой из них.

---

[1] Ральф Нельсон Эллиотт (1871-1948) – американский финансист, создатель Теории волн Эллиотта. Исследуя 75-летнюю история поведения рынка, у Эллиотта начали складываться общие совокупности принципов, которым подчинялись волновые движения. В результате в 1938 году увидела свет книга под названием «Волновой принцип». В 1939 году Эллиотт получил заказ на 12 статей по Волновому принципу для одного журнала. В 1946 году Ральф Нельсон выпустил свой последний труд, который получил название «Закон природы – секрет вселенной». В данной монографии присутствуют наработки, которые касаются Теории волн Эллиотта [1].

[2] Теория Доу – теория, описывающая поведение цен акций во времени. В основе теории лежит серия публикаций Чарльза Доу (1851-1902). Он также изобрел известный Промышленный индекс Доу-Джонса как часть его исследования движения рынка [2].

[3] В 1913 году голландский экономист Якоб Ван Гельдерен в книге «Springvloed, Beschouwingenover industrielle Ontwikkeling en Prijsbewegung» разработал теорию волнообразного эволюционного развития при капитализме, в которой обосновал существование 50-60-тилетних циклов [3].

Первая волна. Как считает Тоффлер, для появления аграрной волны понадобились тысячелетия. Скачком к суровым переменам в жизни общества явилось введение сельского хозяйства. Впоследствии первой аграрной технической революции возникла волна сельскохозяйственной цивилизации. Данную стадию помимо прочего время от времени именуют традиционной либо аграрной. Преобладающими видами работы тут считаются – рыболовство, земледелие, добыча полезных ископаемых. Главная часть народонаселения (приблизительно 90 %) занято в сельском хозяйстве. Лидирующей среди основных задач аграрного общества считалось производство продуктов питания, чтоб прокормить население. Наверное длительная из трёх стадий, и её история насчитывает тысячи лет. Территория была основным ресурсом первой волны, а немалая часть ее продукта потреблялась теми, кто его непосредственно создавал. Повторяя циклы сельскохозяйственного производства, время в цивилизации первой волны ходило по кругу. Первая волна в интервале между 1650-1750 годами стала утрачивать мощь, когда появился гребень второй волны, создавшей промышленное общество, которое, к тому же, завоевало мир.

Вторая волна (промышленная) случилась существенно быстрее первой, практически за пару веков, причиной всему этому стал промышленный переворот. В отличии от аграрного общества, в индустриальном все силы направлены на промышленное производство, производства необходимых продуктов для общества. Промышленная революция принесла собственные плоды – сейчас основная задача промышленного сообщества, состояла в том, чтоб удовлетворить потребности общества в его простых нуждах, например, просто прокормить общество и обеспечить его элементарными средствами к существованию, ушла на второй план. Небольшая часть населения, только 5-10 %, занималась сельским хозяйством, производила необходимое количество продовольствия, чтобы прокормить всё население. Впоследствии 200-летней экспансии в 1950-ом году вторая волна также пошла на спад в промышленно развитых странах. Тоффлер берет за «точку отсчета» пятидесятые годы XX века, поскольку тогда количество сотрудников в области интеллектуального труда в Соединенных Штатах Америки в первый раз превысила количество промышленных трудящихся. Примерно в это же время в странах индустриального мира начинает расцветать третья волна. И в течении всего времени, пока она набирает мощь, сталкиваясь со второй волной, архаичные основы и институты второй волны начинают трещать по швам под ее напором.

Третья волна (постиндустриальная) набирает обороты и совсем сменит вторую к 2025 году. Как считает Элвин Тоффлер, компьютер и есть третья волна. С конца 1960-х термин «постиндустриальное общество» заполняется новеньким содержанием – образование приобретает новое значение, меняется качество и престиж образования. Возникает целый слой образованных, клерков, тружеников интеллектуальной сферы. Различные области деятельности человечества, науки, образования равномерно начинает превалировать над индустрией и сельским хозяйством, где также интенсивно используются научные познания. В 1950-1970 годы становится очевидным, что общество переходит на новую ступень развития. В концепции Тоффлера возникновение компаний и специализированного класса управленцев-интеграторов относится ко второй волне (промышленное сообщество), впоследствии которой начинается период супериндустриального (англ. super-industrial society) сообщества. В обществе третьей волны компании уже имеют многочисленные цели (общественные), а не только финансовую выгоду [4].

Подобно обществу, дизайн так же развивается и не стоит на месте. Соответственно развиваются теория и история дизайна. Как и общество, дизайн проходит три волны своего развития, так называемые периоды развития дизайна. Для возникновения и развития каждого периода свои предпосылки. Каждый из периодов имеет свое названия: доиндустриальный, индустриальный и постиндустриальный. Если попытаться обозначить каждый период временными границами, то выглядеть это будет следующим образом:

· доиндустриальный дизайн XVIII-XX вв.;

· индустриальный дизайн 1919-1990 гг.;

· постиндустриальный дизайн 1990 г. по настоящее время.

Рассмотрим каждый период более подробно.

Период доиндустриального дизайна берет свое начало в XVIII веке и длится до 1919 года. Начало доиндустриального периода имеет плавающие временные границы. Почему? Потому что первая граница доиндустриального периода может быть разной, в зависимости от того какую из теорий возникновения дизайна мы берем за основу. Отправная точка доиндустриального дизайна может быть интерпретирована искусствоведами по-разному, в зависимости от теории возникновения дизайна[4]. Доиндустриальный дизайн возник в связи с появлением научно-технических революций в XVIII веке – это можно считать началом доиндустриального периода, поскольку процесс индустриализации ещё только начался. Доиндустриальный дизайн появился в переходный период, когда появились первые мануфактурные производства, и массовость тиража уже присутствовала. Но мнению других искусствоведов, дизайн – это детище индустриального периода.

Если взять за основу теорию Воронова Н.В.[5], тогда возникновение доиндустриального периода сдвигается к появлению первых орудий труда. Но вот дизайн ли это? Там есть зачатки композиции, зачатки компоновки, но, несмотря на это, массовость отсутствует. Поскольку мы считаем, что дизайн – это массовый объект производства, то есть дизайн это именно тиражирование, то мы не берем за основу эту теорию.

Рассматривая период доиндустриального дизайна с начала XVIII века, можно увидеть, что в это время произошли важные события для мира дизайна. Во-первых, первая всемирная промышленная выставка, которая прошла в 1851-м году в Лондоне, так как в середине XIX века Англия была самым богатым государством мира. Конкретно первые промышленные выставки положили начало традиции повторяющегося проведения интернациональных смотров достижения хозяйства [5], что непременно сыграло важную роль в начале доиндустриальной волны в дизайне. В 1855-м году Годфрид Земпер издал собственный труд под названием «Практическая эстетика», в котором он, очевидно, высказал собственную мысль не только лишь о фатальном кризисе художественного творчества в области промышленного производства, но и о надобности узнать предпосылки упадка буржуазного вкуса. В противовес философскому идеализму своего времени Земпер акцентировал внимание стилеобразующее значение материалов и техники. Он рассматривал форму как производное от ряда объективных обстоятельств: фактическое содержание (назначение, функции), материал и способы его обработки, вкусы потребителей, обыкновения, религиозные и политические установления, персона художника-творца. Не был противником машинного производства, а выискал свежую «эстетику» в продуктах этого производства. Его учение практически во всем предопределило идеи доктрины. Он считал, что сложившееся положение можно исправить при помощи художественных реформ, изучая и популяризируя истоки истинной красоты, окружающего предметного мира. Он предпринял серьёзную попытку разобраться в происходящем. Он был далёк от принципиального социально-эстетического анализа явления. Его взгляды были утопическими, но тем не менее привели к принципиально новой постановке вопроса о соотношении между техническим прогрессом и развитием предметного художественного творчества. Земпер показал, что наука и технический прогресс предоставляют в распоряжение художественной практики такие материалы и способы их обработки, которые ещё не освоены эстетически. По мнению Земпера, практическая эстетика даёт возможность на основе изучения искусства не только понять причины смены художественных форм, но и предвидеть их развитие [6].

Во-вторых, не менее важное событие, которое происходит в доиндустриальном периоде – это переход от ручного труда к машинному в 1860 году, что оставило свой отпечаток на истории дизайна, а так же послужить мощным развитием для первой волны. Это не могло не повлиять на развитие теоретической мысли и положило начало в 1880 году теории Уильяма Морриса под названием «эстетическая теория». Почти во всем У. Моррис выступил как последователь Д. Рёскина, восприняв его трактовку творческого труда, мысли воспитания художественного вкуса народа, как базу

[4] Всего выделяют 6 теорий возникновения дизайна [7].

[5] Воронов Никита Васильевич (01.08.1924-24.05.2002) – кандидат исторических наук, доктор искусствоведения, член союза художников СССР, Союза дизайнеров СССР, член Комиссии по Государственным премиям России по отделению дизайна [8].

нравственности и изобличения «соседства роскоши и бедности». Моррис пошёл существенно далее. Он предложил фактическую программу сотворения новейшего образа жизни, дал достаточно живую картину вероятного соединения высокоразвитой техники с ручным трудом ремесленным трудом, как особенным проявлением этнического творчества хоть и утопическую. Он опирался на следующие положения: любое поколение жителей нашей планеты и любая эра получают в наследие все достояние скопленной населением земли культуры, у них приблизительно одинаковые художественные способности, возможности к восприятию красоты и олицетворению данной красоты в продуктах собственного труда. Для Морриса было принципиально предметное окружение, без дробления его на эстетически значимое, рутинное либо рядовое.

Не менее важным событием этого периода является открытие в 1900 году школы прикладных искусств в Ваймаре, которая была основана бельгийским архитектором и художником, одним из основателей бельгийской ветви стиля модерн – Анри ван де Велде. В 1914 году началась Первая мировая волна, и продолжалась до 1918 года, что не могло не оставить свой отпечаток и на дизайне в частности. Что пришлось как раз на спад доиндустриальной волны в дизайне.

На гребне аграрной технологической революции сформировалась новая индустриальная цивилизация. А для нас появление индустриального общества означает, что появился и начинает развиваться индустриальный дизайн. Первые промышленные художники были замечены ещё в XVII веке в Англии и связывают данное, в первую очередь, с работой Джозайн Веджвуда и развитием производства набивных тканей. Промышленный дизайн получает свое становление сначала XX века, не последнюю роль в данном сыграло открытие в 1919 году германским зодчим Вальтером Гропиусом революционной школы промышленного дизайна в Ваймаре (Германия) «Баухауз».

Школа Баухауз (Государственный Баухауз) была образована в Ваймаре 25 апреля 1919 года вследствие соединения Саксонско-Ваймарской Высшей школы изобразительных искусств и основанной Анри Ван де Вельде Саксонско-Ваймарской школы прикладного искусства. Будучи инициатором сотворения новейшего заведения на должность управляющего А. Ван де Вельде предложил кандидатуру юного берлинского архитектора Вальтера Гропиуса. Это событие можно считать точкой начала промышленной волны в дизайне. Так же с этим можно связать и возникновение первого дипломированного специалиста в дизайне.

Впоследствии в 1920-м году в СССР открывается школа ВХУТЕМАС. Осенью 1918 года на базе Московского училища живописи, ваяния и зодчества в ходе реорганизации системы художественного образования Императорского Строгановского Центрального художественно-промышленного училища были образованы соответственно Первые и Вторые государственные свободные художественные мастерские (ГСХМ). Осенью 1920-го года Первые и Вторые ГСХМ преобразовали в единое учебное заведение – ВХУТЕМАС (Высшие художественно-технические мастерские). В новом учебном заведении были образованы восемь факультетов: архитектурный, художественные (живописный, скульптурный) и производственные (полиграфический, текстильный, керамический, деревообделочный и металлообрабатывающий) [8].

Немаловажную роль открытие этих школ сыграло и для теоретического дизайна. В это время появилось немало значимых теорий дизайна. Уже буквально в 1920-м году появляется «Теория индустриальных форм», основоположником которой является руководитель школы «Баухауз» с 1919-1928 гг. Вальтер Гропиус – он видел суть теории в том, что промышленный либо индустриальный дизайн относится к той области дизайнерского искусства, которая занимается художественным проектированием частей предметного заполнения сферы обитания жителя нашей планеты. Промышленные художники стараются найти облик находящихся вокруг нас вещей домашнего предназначения и сразу пробуют сделать их очень многофункциональными. От удобства использования предмета, его функциональности и внешнего облика данного продукта зависит в большой степени его фурор на рынке, потому сейчас промышленный дизайн необходим. Недаром, почти все люди, стоявшие у истоков развития промышленного дизайна, являлись выдающимися архитекторами того времени. Фактически, мы почти во

всем обязаны именно промышленному дизайну и архитектуре в формировании окружающей нас предметно-пространственной среды в том облике, в которой сейчас она присутствует. Но, в случае если архитектура решает скорее пространственные задачки, то дизайн промышленный нацелен на формирование предметного окружения. Главной задачей индустриального дизайна можно считать многофункциональные и структурные отличительные черты оборудования, продукции и продуктов, определение внешнего вида, техники, в общем всего того, с чем мы так неразрывно связаны в повседневной жизни. В связи с этим особой спецификой промышленного дизайна можно считать его ориентацию на массовое индустриальное производство.

Другая не менее значимая теория, появившаяся в 1930-м году – это «Теория бионических форм». Основоположники теории старались решить проблему многофункционального зонирования внедрением бионических форм при конструировании, другими словами можно сказать, что проектируемое, либо реконструируемое здание, с оказавшимися в нем людьми, представляется, как общий организм, в основе которого лежат не классические текстуры, а, преломленные через понимание архитектора, тектоника и форма, основанные на принципах возведения имеющихся природных систем. Специфичная черта освоения форм живой природы в архитектуре состоит в том, что осваиваются не столько формальные стороны живой природы, а инсталлируются глубочайшие взаимосвязи между законами становления живой природы и архитектуры.

В течении индустриального периода так же происходят важные события, которые послужили своеобразным толчком для развития индустриального дизайна. Конечно же, открытие главных школ Баухауз и ВХУТЕМАС, о которых было сказано ранее, помогли развиваться дизайну, несмотря на мировой экономический кризис 1929-го года. Безусловно, он оставил свой отпечаток, и развитие происходит не так быстро, как хотелось бы, поскольку мир ещё не до конца оправился от войны, но, несмотря на это, архитекторы и дизайнеры творили и воплощали свои проекты в жизнь. Например, всем известный американский архитектор Фрэнк Ллойд Райт создал свои знаменитые «Дома Прерий» в период с 1911-1925-го года. А в 1936-м году был построен известный «Дом над водопадом», который впоследствии был признан памятником США. Не менее известная его постройка – «Империал» в Японии, который устоял во время землетрясения 1923-м году, благодаря своему мощному «плавающему» фундаменту, уходящему в грунт на 18 метров. Еще одной немаловажной деталью является то, что именно Ф.Л. Райт является основоположником органической архитектуры и одним из авторов теории бионических форм. Другой, не менее известный архитектор, один из основоположников современной промышленной архитектуры и дизайна, Петер Беренс претворял свои проекты в жизнь и во время Первой мировой войны. Например, здание национальной автомобильной компании (Берлин, Германия; 1914-1917 гг.). И во времена мирового экономического кризиса тоже не находился без работы: здание табачной фабрики (Ленц, Германия; 1929-1935 гг.), Александрхаус (Берлин, Германия; 1930-1932 гг.). Вальтер Гропиус, делавший свои первые шаги в мастерской П. Беренса, тоже создал в те времена немало известных построек таких как: здание обувной фабрики «Фагус» (Альфред, Германия; 1911-1913, интерьеры закончены к 1925-му году), здание Баухауса в Дессау (Дессау, Германия 1925-1926 гг.).

После прихода к власти националистов в 1933-м году, школа Баухауз была упразднена. Но, не смотря на это, Вальтер Гропиус, Ласло Махой-Надь, Людвиг Мис ван дер Роэ и многие другие преподаватели Баухауза эмигрировали в США, в основном, через Великобританию, где и продолжали распространять философию своего движения: выполняли заказы на архитектурные проекты сооружений, организовывали выставки и, в случае Гропиуса и Мис ван дер Роэ, Ласло Махой-Надя, занимались преподаванием.

В 1940-м году возникает теория «Интернационального подхода в дизайне». Одно из направлений модерна, отличавшегося наименьшей утилитарностью был интернациональный подход, которое появилось в Соединенных Штатов с приездом туда дизайнеров, раньше преподававших в Баухаузе. Помимо варианта стиля модернизм, воплощаемого в жизнь Иоганнесем Иттеном, в этом его аналогично поддерживали такие знаменитые архитекторы, как Вальтер Гропиус, Мис ван дер Роэ, и их последователи,

применимо к эстетике модерна термин употреблялся «интернациональный стиль», появившейся вследствие многофункционального подхода в дизайне, хотя исключительно только на стилистическом уровне. Интернациональный стиль дизайна достигнул собственного расцвета в 1960-х. По мере становления данного стиля, некие художники, в числе которых были Ээро Сааринен и Чарлз Имз, пробовали устроить его наиболее гуманистическим, на тот момент как иные, к примеру, Кэндзо Танге, склонялись к иной крайности и действовали только в агрессивном духе. Фактически синонимическим интернациональному подходу стал термин «хороший дизайн», концепция которого появилась в Северной Европе и Соединенных Штатах сразу в последствии Второй мировой войны, объекты данного стиля разрабатывались «с учетом формальных, эстетических и технических основ» модерна. Интернациональный подход находит свое применение и в современном дизайне.

Другим немаловажным событием, перевернувшим деятельность многих дизайнеров, любящих экспериментировать с формой, стало появление пластмасс в 1957 году. Появление пластмасс дало жизнь новым экспериментам дизайнеров, и это была область эксперимента на стыке дизайна, искусства и науки. В данной области творили такие архитекторы и дизайнеры как Аллесандро Мендини. Одними из многочисленных знаковых объектов в промышленном дизайне Мендини, были его следующие проекты – кресло и кушетка «Sabrina» 1982 г., мебель «Kaktus» 1983 г., кресло «Прустэ» 1980 г., кресло «Сан Леонардо» 1985 г., кофейный сервиз 1983 г., «Метафизическая мебель» 1985 г., серия малой мебели – зеркала, полочки, вешалки, табуреты, столики и пр., серия столов «Макаоне», гамма декоративных паттернов – отделочной плитки, обивочных тканей, декоративных покрытий пола и пр.

Другой не менее значимый дизайнер Г. Пеше так же творил в этой области. Наиболее значимые его работы – кресло UP 5 для компании B&B Italia 1969, органическое здание в Осаке (Осака, Япония 1990 г.), галоши для обувной фирмы «Milissa» 2009 г.

На этом индустриальная волна начинает подходить к своему логическому завершению, поскольку уже к 1990-му году «компьютер – слово столетия» начал появляться в каждом доме. Общество становится информационным, вследствие чего на смену второй волне начинает приходить третья волна, которая носит название постиндустриальной волны. Дизайн тоже приобретает постиндустриалиальные черты.

Появление постиндустриального дизайна обусловлено тем, что на рубеже XX-XXI веков, индустриальный дизайн начал переходить на новый уровень, поскольку производство предметов потребления осуществлялось с применением новых информационных технологий. В связи с этим, дизайн в обществе информационных технологий перешел на следующую ступень своего развития, которая получила название постиндустриальный дизайн, а он, в свою очередь дает широкий спектр возможностей.

По мере перехода общества к постиндустриализму, все большие стороны жизнедеятельности человека становятся охваченными постиндустриальными процессами, поэтому на смену человеку индустриальной формации, приходит человек высокоинтеллектуальный и духовно богатый. И, в связи с этим, дизайн постиндустриального общества получает более качественного потребителя с более высокими запросами, что в свою очередь требует пересмотра индустриального дизайна, его принципов и перехода его на новую ступень [9].

Таким образом, мы видим, что каждая последующая волна приносит нам все более новые и качественные изменения. Волновое движение предполагает некую цикличность. С каждой новой волной изменяется общество, меняются его привычки и потребности. А в связи с этим сменяются и все сферы жизнедеятельности человека, и дизайн не исключение. Он непрерывно меняется, подстраиваясь под человека, под его привычки и потребности. Все развивается циклично и теория в том числе. Существует эволюция теорий – три волны, три периода, а так же цикличность развития самих теорий.

Рассмотрев в данной статье такое явление, как волны Тоффлера, можно с уверенностью сказать, что и в развитии дизайна, в развитии и формировании теоретической мысли в дизайне данные волны сыграли свою роль. Так же можно сказать, что дизайн развивается подобно обществу, так же имея свои три волны – три периода

развития, каждый из которых имеет свое начало и конец. Проанализировав все вышеизложенное, становится понятным, как интересно можно использовать в преподнесении этой информации и совершенно другие призмы восприятия, в частности, и волны Тоффлера, которые разрабатываются вовсе не дизайнерами или архитекторами, вовсе не теоретиками дизайна и не критиками, даже не педагогами дизайна, а культурологами, экономистами, социологами, философами, физиками и математиками. И это восприятие помогает нам совсем иначе посмотреть на то, чем мы занимаемся. Это достаточно интересный подход соединения экономической теории с теорией дизайна и попытка выявить общие моменты развития в современном развитии полилинейности, многоаспектности и синергетики, что позволяет нам заниматься такими междисциплинарными исследованиями и соответственно нельзя отрицать, что экономика и какие-то события мирового масштаба повлияют на развитие дизайна.

Список библиографических ссылок

1. Пректер Роберт Р., Фрост Альберт Дж. Волновой принцип Эллиотта. Ключ к пониманию рынка 4-е издание. – М.: Альпина Паблишер, 2009. – 272 с.
2. Чарльз Доу. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Доу,_Чарльз (дата обращения: 14.02.2016).
3. Якоб Ван Гельдерен. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Циклы_Кондратьева (дата обращения: 14.02.2016).
4. Элвин Тоффлер. Третья волна. – М.: АСТ, 2010. – 800 с.
5. Михайлов С. М. История дизайна: учеб. для вузов. – М.: Союз Дизайнеров России, 2004, Т. 1. – 280 с.
6. Готфрид Земпер. Практическая эстетика. – М.: Искусство, 1970. – 370 с.
7. Михайлов С.М. История дизайна: учеб. для вузов. – М.: Союз Дизайнеров России, 2004, Т. 2. – 396 с.
8. Воронов Н.В., Шестопал Я.Е. Эстетика техники (Очерки истории и теории). – М.: Советская Россия, 1972. – 176 с.
9. Михайлов С.М., Михайлова А.С., Белов М.И., Зисер И.Г. Введение в дизайн.– Казань: Дизайн-квартал, 2016. – 216 с.
10. Михайлов С.М., Михайлова А.С. Постиндустриальный дизайн: предпосылки, признаки, стили // Вестник ОГУ, 2015, № 5 – С. 33-37
11. Бруно Мунари. Фантазия. – М.: Изд. Дмитрия Аронова, 2014. – 216 с.

Mirsayapova I.I. – post-graduate student
E-mail: Ilgina@list.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Three waves of the theoretical design

Resume

Design history as a complex discipline ceases to be regarded as a straightforward evolutionary structure. A more rational approach involves multilinearity, one of the lines of evolution is a theory. Alvin Toffler developed the theory of three society development waves in 1970 and, as a result, it affected to the development of design in general. Therefore, it is interesting to consider the theory of Alvin Toffler applied to the design for us. The aim of the article is to examine the Alvin Toffler theory of three-wave, a comparison of the development design theory with these waves, thus the identification process, which is in the design of the impetus for the emergence and development of each wave. Examined in this article, the phenomenon of waves of Toffler, it is safe to say that in the development of the design, development and formation of theoretical thinking in the design of these waves played a role.

Keywords: theory of three waves, industrial design, design theory, post-industrial design, the Bauhaus, post-industrial society, periodization design, design history, design theorists, design theory, Soviet Union design.

Reference list

1. Prechter Robert R., Albert Frost J. Elliott Wave Principle. The key to understanding the market 4th edition. – M.: Alpina Publisher, 2009. – 272 p.
2. Charles Dow. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Доу_Чарльз (reference date: 14.02.2016).
3. Jacob van Gelderen. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Циклы_Кондратьева (reference date: 14.02.2016).
4. Alvin Toffler. Third Wave. – M.: AST, 2010. – 800 p.
5. Mihailov S.M. Design History: textbook for universities – M.: Soyuz Desaynerov Rossii, 2004, Vol. 1. – 280 p.
6. Gottfried Semper. Practical Aesthetics. – M.: Art, 1970. – 370 p.
7. Mihailov S.M. Design History: textbook for universities. – M.: Soyuz Desaynerov Rossii, 2004, Vol. 2. – 396 p.
8. Ravens N.V., Shestopal Y.E. Aesthetics of Technology (Studies in the History and Theory). – M.: Soviet Russia, 1972. – 176 p.
9. Mikhailov S.M., Mikhailova A.S., Belov M.I., Zisser I.G. Introduction to design. – Kazan: Design Quarter, 2016. – 216 p.
10. Mikhailov S.M., Mikhailova A.S. Post-industrial design: the background, signs, styles // Vestnik of OSU, 2015, № 5. – P. 33-37.
11. Bruno Munari. Fantasy. – M.: Publisher Dmitri Aronov, 2014. – 216 p.

УДК 72.03
Надырова Д.А. – аспирант, ассистент
E-mail: Dilyaran@yandex.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1

Доходные дома Казани конца XIX-начала XX вв., как многофункциональные комплексы

Аннотация

Статья посвящена изучению проблемы формирования и развития доходных домов рубежа столетий как многофункциональных комплексов. Автором были проведены натурные обследования, фотофиксация и архивные исследования материалов по этим объектам. По результатам данной работы был выполнен комплексный анализ доходных домов. Выявлена функциональная насыщенность, планировочные особенности и общая стилистика доходных зданий.

Ключевые слова: доходный дом, функция, архитектурный стиль, история архитектуры.

Во второй половине XIX столетия с развитием промышленности начался приток населения из сельской местности в города. Этот процесс имел глобальный характер и вызвал структурные изменения в городах. Появившееся с конца XVIII в. в Великобритании и Франции сдаваемое в наём жильё, в последней трети XIX в. получило широкое распространение и в других странах Западной Европы и Северной Америки. Вместо традиционных типов жилья, рассчитанных на семью, в городах появились доходные дома – многоквартирные здания в 3-5 и более этажей, рассчитанные на различные социальные группы населения. Первые доходные дома в России появились в первой половине XIX в., в том числе, и в Казани.

Актуальность данной темы вызвана повышенным интересом административных органов России к дореволюционному опыту строительства доходных домов. Решение острого квартирного вопроса в стране видится в развитии жилья, сдаваемого в наём. Помимо этого интерес представляет опыт дореволюционной России по совмещению в одном комплексе различных функций, в том числе и жилых. Это позволяет повысить экономичность сдаваемого в аренду жилья и решить многие проблемы социального обслуживания населения. В России сложились условия для распространения «доходных домов», широкой сдачи жилья в аренду крупными и средними собственниками. К такому выводу пришла экспертная группа кафедры политической экономии Российского экономического университета им. Г.В. Плеханова [1].

Доходные дома России были предметом изучения многих исследователей с начала 1970-х годов. В первых исследованиях рассматривались вопросы размещения доходных домов в структуре городов, архитектурная жизнь того времени и стилистические течения в архитектуре XIX-начала XX вв. [2]. Впервые исследовалась композиция доходных домов, как «классический пример равнозначности эклектики» [3]. На примере стилистических решений доходных домов Москвы и Петербурга в историко-теоретических работах изучался модерн, как основное архитектурное направление конца XIX-начала XX вв. В последние годы появились серьёзные исследования о творчестве видных российских архитекторов – авторов множества проектов доходных домов Москвы, Петербурга и других городов Российской империи [4, 5-7, 8]. Доходные дома Казани были в основном в центре внимания историков и краеведов [9].

Задача данной статьи – рассмотреть функциональную структуру доходных домов Казани и выявить их особенности как многофункциональных комплексов.

Доходными домами застроена большая часть исторического центра Казани. Они не изучались ни как типы жилых домов, ни как многофункциональные комплексы. Первые доходные дома в Казани были построены в 1840-х гг. на ул. Большая Проломная. Это

дома Иванова и Жарова. Доходные дома особо широкое распространение получили в конце XIX-начале XX вв.

Популярность доходных домов объяснялась высокой стоимостью индивидуального жилья, поэтому даже многие приезжие богатые купцы предпочитали селиться не только на месяцы, но и годы в доходном доме, напоминающим своей обстановкой скорее жилую квартиру, чем гостиницу. Офицеры и генералы, направленные на службу в Казань, также предпочитали селиться в доходных домах.

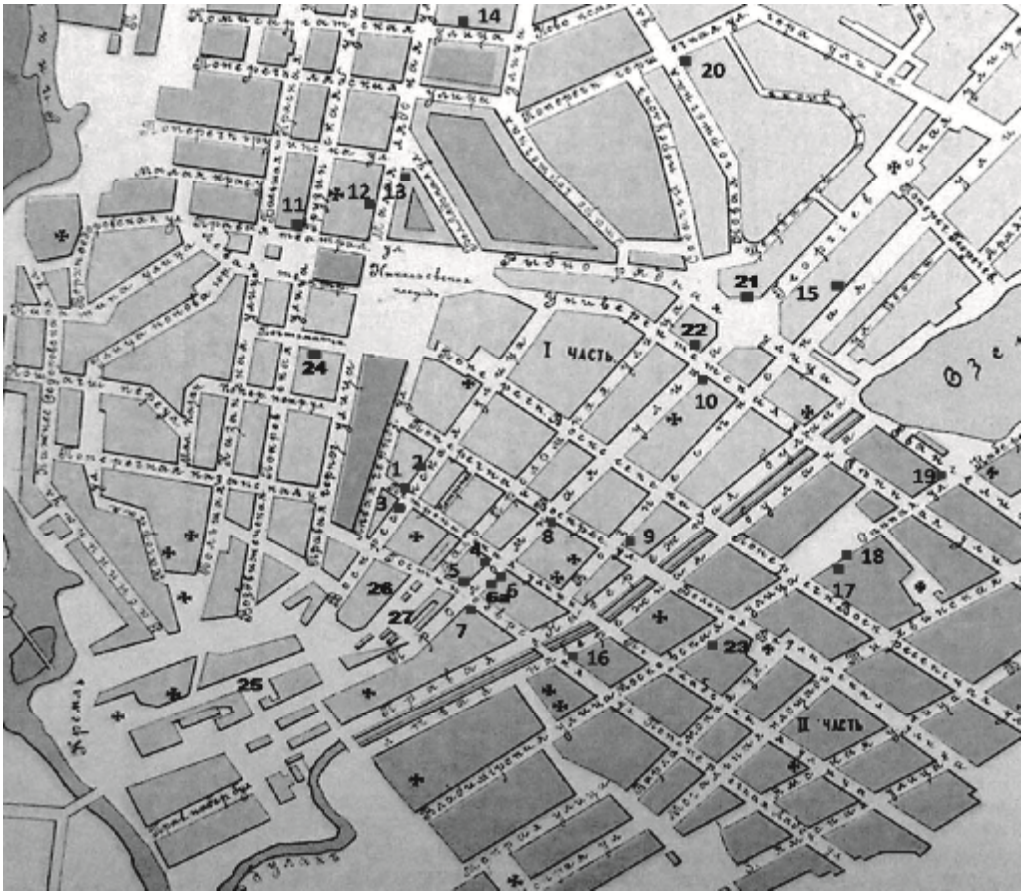


Рис. 1. Доходные дома в градостроительной структуре исторической части Казани

В основе схемы (рис. 1) план центральной части Казани 1913 г. [10]: 1. Александровский пассаж, 2. Черноярoвский пассаж, 3. Номера «Франция», 4-5. Казанское подворье, 6а. Доходный дом Иванова, 6. Дом В.Е. Жарова - первый доходный дом Казани, 7. Доходный дом В.И. Заусайлова, 8. Доходный дом Е.Г. Воронкова, 9. Купеческое собрание, 10. Доходный дом товарищества Е.С. Шмелёва и Н.П. Смоленцева («Северные номера»), 11. Дворянское собрание, 12. Номера «Волги», 13. Доходный дом Кекина, 14. Доходный дом Н.Н. Киселева, 15. Доходный дом А.С. Меркулова-С.С. Губайдуллина, 16. Доходный дом А. Молокова, 17. Апанаевское подворье («Московские номера»), 18. Номера «Амур», 19. Номера «Булгар», 20. Гостиница «Венценосная», 21. Доходный дом «Музуровские номера» (утрачены), 22. Доходный дом А. Бренинга, 23. Доходный дом Шакира-солдата, 24. Доходный дом И.Г. Стахеева, 25. Кремль, 26. Гостиный двор, 27. Толкучий рынок.

Следует отметить, что, несмотря на разные названия объектов: пассаж, гостиница, номера, доходный дом – все они представляли, по сути, здания, помещения которых сдавались в аренду на разные сроки и приносили владельцам доход.

Как правило, в планировочной структуре Казани они располагались на углах пересечений улиц или по красной линии уличных фасадов кварталов [4, с. 138].

Для исследования были отобраны 24 наиболее выразительных по объемно-планировочным и стилистическим характеристикам объекта, представляющие основные

типы доходных домов для всех социальных групп населения города в рассматриваемый период. На рис. 1 показана их локализация в исторической части Казани. На рисунке видно, что наибольшее количество доходных домов располагалось в тех частях улиц Воскресенская (Кремлёвская) и Большая Проломная (Баумана), которые примыкали к Гостиному двору и Толкучему рынку. Владельцами доходных домов были, как правило, купцы и предприниматели.

В качестве основных методов историко-архитектурного исследования отобранных объектов были применены натурное обследование и фотофиксация, архивные изыскания документов по этим домам в Национальном архиве РТ, сравнительный анализ всех выявленных документов и известных материалов по доходным домам Казани, Москвы, Петербурга и других регионов.

Натурное обследование доходных домов Казани показало, что они занимали угловую или срединную часть кварталов на половину или всю их глубину. Здания состояли из нескольких корпусов, опоясывавших участки по всему периметру или его части. В зависимости от композиционного решения здание имело открытый (рис. 2) или перекрытый внутренний двор-колодец (рис. 3).

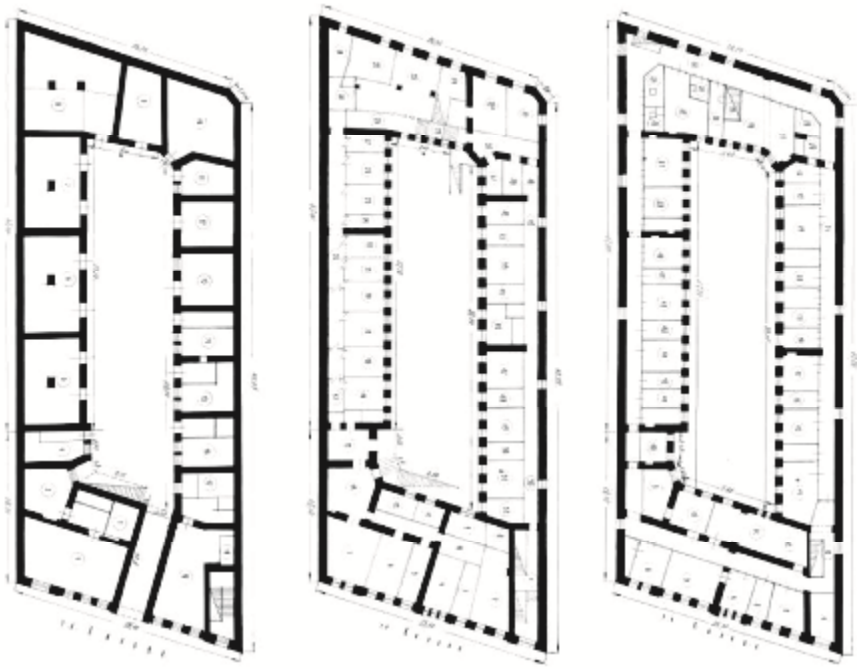


Рис. 2. Номера «Амур» (ул. Московская, 70).
Первоначально двухэтажный Г-образный доходный дом И.Г. Юнусова, построенный 1864 г. по проекту арх. П.Е. Аникина, реконструирован в 1912 г. с надстройкой третьего этажа и возведением новых дворовых корпусов, образовавших двор-колодец. Архитектор неизвестен [11]

В другом случае, комплекс имел внутренний двор, отделённый от улицы угловым или П-образным основным корпусом. С противоположных сторон двор отгораживали постройки соседних участков или забор (рис. 4). Так были организованы доходный дом А.С. Меркулова-С.С. Губайдуллина, Чернояровский пассаж, доходный дом товарищества Е.С. Шмелёва и Н.П. Смоленцева и др. Во внутренний двор с улицы вёл проезд, обычно закрытый воротами (рис. 5). Иногда въезжали во двор с противоположной стороны.

Объёмно-планировочная структура доходных домов конца XIX-начала XX века была однотипна для подобного типа построек во многих городах России. Именно в этот период в архитектуре был выработан распространённый до настоящего времени способ компоновки многоэтажного жилого дома из самостоятельных типовых объёмных единиц – горизонтальных секций, «нанизанных» на стержень – вертикальный объём лестничной клетки [13, с. 125].

Рис. 3. Александровский пассаж. 1883-1886 гг. Построен Г.Б. Рушем
на средства купца А.С. Александрова по проекту архитекторов В.В. Суслова и Н.И. Поздеева.
Покрытый стеклянным фонарём внутренний двор-колодец играл роль торговой улицы [12]

Часто в структуре доходного дома было несколько лестниц. Парадная лестница находилась в корпусе, выходившем на улицу. Иногда для её освещения устраивали верхний фонарь. Так решено освещение парадной лестницы в Чернояровском пассаже.

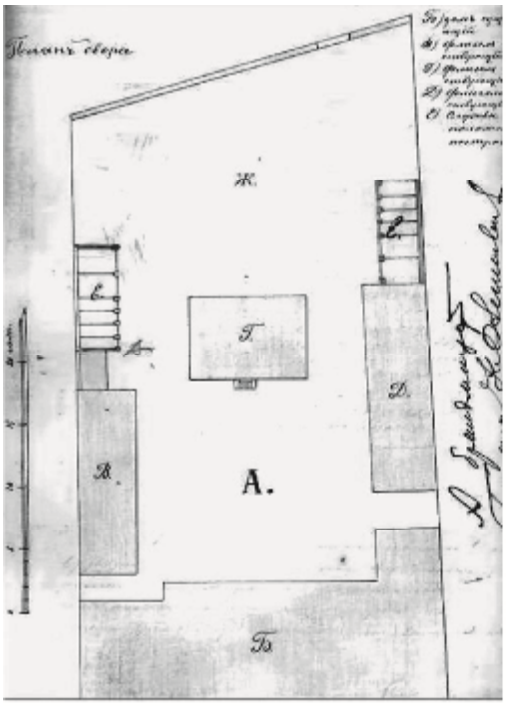


Рис. 4. Чернояровский пассаж. План участка. 1902 г. А – Двор комплекса, Б – Чернояровский пассаж на ул. Кремлёвской, В – Одноэтажный флигель с номерами, Г – Двухэтажный жилой дом Д.И. Чернoярова,, Д – Двухэтажный дом с номерами, Е – Службы, Ж – Сад с выходом на Чёрное озеро [14]

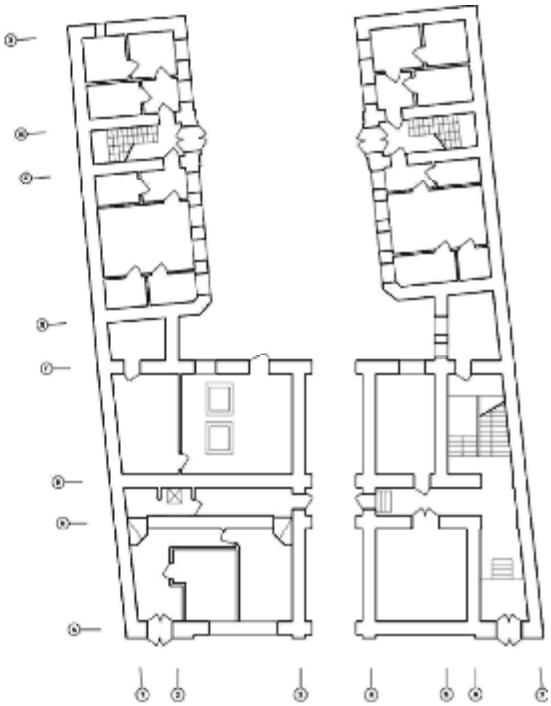


Рис. 5. Доходный дом А.С. Меркулова-С.С. Губайдуллина (ул. Островского, 53) 1913 г. Архитектор неизвестен. План 1-го этажа. Во двор въезжали через проездную арку в центре дома [15]

Помещения общественного назначения: магазины, рестораны, фотоателье, офисы и конторы, лечебницы и библиотеки, кинотеатры и салоны располагались на первом и втором этажах зданий. На верхних этажах главного корпуса, выходившего фасадом на улицу, размещались двухкомнатные и трёхкомнатные квартиры (номера) для состоятельных постояльцев. Двери этих квартир выходили на парадную лестницу. Дворовые корпуса имели, как правило, коридорную или галерейную систему планировки. По одной или обе стороны коридора тянулись комнаты или небольшие квартирки. В концах коридора располагались лестницы и туалеты. Галереи устраивали только на фасадах дворовых корпусов. В этом случае галереи этажей связывали открытые лестницы.

Анализ функционального зонирования объектов показал, что в доходных домах в тех или иных вариантах сочетались следующие функции: жилая (квартиры, меблированные комнаты, гостиничные номера, ночлежки), торговая (лавки, магазины), общественного питания (рестораны, столовые, кабаки, рюмочные), зрелищная (синематографы, театры), офисная (редакции газет, конторы фирм, товариществ, страховых обществ), медицинская (лечебницы, врачебные кабинеты, аптеки), складская (лабазы, склады), ремесленно-производственная (печатные мастерские, ремонтные мастерские), просветительская (библиотеки, читальные комнаты), развлекательные (бильярдные салоны, музыкальные и танцевальные залы, клубы по интересам), бытового обслуживания (фотосалоны, парикмахерские). Этот перечень функций и специальных помещений и учреждений позволяет характеризовать доходные дома как многофункциональные комплексы.

Доходные дома в конце XIX-начале XX вв. являлись значимыми объектами в архитектурно-пространственной структуре городов и оформлению их фасадов придавалось большое значение. Как правило, дворовые стены доходных домов не штукатурились и оставлялись без декоративного оформления. Такая практика была характерна и для известных доходных домов Москвы и Петербурга, предназначенных для очень состоятельных клиентов [5, с. 273; 6, с. 624; 7, с. 280]. Обычно основное внимание в оформлении дома отводилось уличному фасаду. В зависимости от времени строительства, района расположения в городе, ориентированности в обслуживании на определённые социальные группы общества решался внешний облик доходного дома. Доходные дома Жарова, Иванова, номера «Франция» были оформлены в стиле позднего классицизма первой половины XIX века. Музуровские номера, Апанаевское подворье, номера «Булгар» и некоторые другие здания несли на себе отпечаток классицистического направления эклектики второй половины XIX века. Александровский пассаж оформлен сочетанием элементов и мотивов нескольких направлений эклектики. Романтические тенденции проявились здесь в смешении элементов архитектуры западноевропейского средневековья и периода барокко.

Следует отметить, что подавляющее большинство доходных домов появилось в Казани в конце XIX-начале XX вв. путем реконструкции с надстройкой и объединением нескольких малоэтажных домов, находившихся на участках. Это был период становления и развития различных направлений модерна. Именно оформление уличных фасадов в стиле модерн стало визитной карточкой многих доходных домов Казани, как и в других городах России. В оформлении уличных фасадов доходных домов Казани начала XX в. широко применялась элементы, подчёркивавшие стилистические черты модерна. Особенно наглядно они проявлялась в рисунке и оформлении окон. Много общих черт в оформлении доходных домов Казани было с застройкой Москвы и Петербурга. Подобное многообразие рисунка оконных рам уникально как для творчества Л. Кекушева, так и в целом для московских построек периода модерна [5, с. 269]. Фасады зданий оформлялись не только в формах рационального и романтического модерна, но часто приобретали черты архитектурного гротеска. Так произошло с Чернояровским пассажем, в котором после реконструкции 1912-1913 гг. по проекту Г.Б. Руша на крышах были установлены немасштабные зданию и гипертрофированные по форме завершения с использованием волют. На фасаде появились огромные лепные лебеди, придавшие фасаду вид театральных декораций. Все эти архитектурно-декоративные ухищрения архитекторов по требованию владельцев были направлены на выделение данного доходного дома из среды других зданий, следовательно, и на привлечение клиентов.

Таким образом, проведенное исследование позволило установить, что доходные дома Казани рубежа столетий представляли собой многофункциональные комплексы, в которых дополнительные функции могли видоизменяться. Эти комплексы позволяли решать жилищную проблему не только прибывающим на определённый период в Казань, но и горожанам.

Список библиографических ссылок

1. Доходные дома в России скоро станут нормой. URL: http://business.rin.ru/novosti/37403/Dohodnye_doma_v_Rossii_skoro_stanut_normoj.html (дата обращения: 10.02.2016).
2. Борисова Е.А., Каждан Т.П. Русская архитектура конца XIX-начала XX века. – М.: Наука, 1971. – 239 с.
3. Кириченко Е.И. Русская архитектура 1830-1910-х годов. – М.: Искусство, 1978. – 395 с.
4. Надырова Д.А. Роль многофункциональных комплексов конца XIX-начала XX вв. в сохранении исторического облика улиц центра Казани // Материалы IV-й Международной научно-практической конференции «Культурное наследие в XXI веке: сохранение, использование, популяризация», 18-22 апреля 2016 года. – Казань, 2016. – 270 с.
5. Нащокина М.В. Московский модерн, 3-е, пересм., испр. и доп. – СПб: Коло, 2011. – 792 с.
6. Нащокина М.В. Московский архитектор Лев Кекушев. – СПб: Коло, 2012. – С. 268-273.
7. Нащокина М.В. Лев Кекушев. – М.: Издательский дом Руденцовых, 2013. – С. 621-632.
8. Сарабьянов Д.В. История русского искусства конца XIX-начала XX века. – М.: АСТ-пресс, Галарт, 2001. – 303 с.
9. Лев Жаржевский о доходных домах старой Казани. URL: http://kazanweek.ru/article/10/ (дата обращения: 27.03.2016).
10. План города Казани // Спутник по реке Волге и ея притокам Каме и Оке. Издано типографией А.С. Феокритова, 1913. URL: http://tat-map.ru/Kazan/do1917/1913 kazan.jpg (Дата обращения: 15.02.2016).
11. НА РТ Ф. 2, Оп. 13, Д. 123.
12. Александровский Пассаж: вчера и сегодня // Каз@нские истории: ежедн. интернет-изд. URL: http://history-kazan.ru/kazan-vchera-segodnya-zavtra/peshkom-v-istoriyu/ekskursionnymi-marshrutami/425-76 (дата обращения: 19.04.2016).
13. Борисова Е.А., Каждан Т.П. Русская архитектура конца XIX-начала XX века. – М.: Наука, 1971. – 239 с.
14. НА РТ Ф. 98, Оп. 3, Д. 3149.
15. Земельная кадастровая палата по РТ. План БТИ

Nadyrova D.A. – post-graduate student, assistant
E-mail: Dilyaran@yandex.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Profitable houses of Kazan of the end of XIX-beginning XX centuries, as a multi-functional complexes

Resume

The article is devoted to the study of profitable houses of Kazan of late XIX-early XX centuries as multifunctional complexes. The survey targeted 24 sites belong to different types of profitable houses. The author has conducted field surveys and photographic images of objects and archival research materials on these objects. The result of this work was carried out a comprehensive analysis of profitable houses of Kazan. It was found that apartment houses are multifunctional complexes. They carried out the following functions: residential, shopping, catering, entertainment, office, medical, warehouse, craft-production, educational,

entertainment, consumer services. A reasonable combination of these functions in tenement houses will meet the needs of customers from different social walks of life.

For the outdoor decoration of buildings of profitable houses used the elements and techniques characteristic stylistic trends in architecture of the late XIX – early XX centuries, eclecticism and art Nouveau. The art Nouveau style is most clearly reflected in the appearance of profitable houses of Kazan.

Keywords: profitable house, function, architectural style, history of architecture.

Reference list

1. Profitable houses in Russia will soon become the norm. URL: http://business.rin.ru/novosti/37403/Dohodnye_doma_v_Rossii_skoro_stanut_normoj.html (reference date: 10.02.2016).
2. Borisova E.A., Kazhdan T.P. Russian architecture of the end of XIX-beginning XX centuries. – M.: Science, 1971. – 239 p.
3. Kirichenko E.I. The Russian architecture 1830-1910 years. – M.: The Art Of, 1978. – 395 p.
4. Nadyrova D.A. The role of multifunctional complexes of the end of XIX-beginning XX centuries in preservation of historical appearance of the streets in the center of Kazan // Proceedings of the IV International scientific-practical conference «Cultural heritage in XXI century: preservation, use, popularization», 18-22 April 2016. – Kazan, 2016. – 270 p.
5. Nashchokina M.V. Moscow art Nouveau, 3-d, Rev., Rev. and extra. – SPb.: Kolo, 2011. – 792 p.
6. Nashchokina M.V. Moscow architect Lev Kekushev. – SPb.: Kolo, 2012. – 504 p.
7. Nashchokina M.V. Lev Kekushev. – M.: Publishing house Rudentsovyh, 2013. – P. 621-632.
8. Sarabyanov D.V. The History of Russian art of the end of XIX-beginning XX centuries. – M.: AST-press, Galart, 2001. – 303 p.
9. Leo Jarzevski on profitable houses of old Kazan. URL: http://kazanweek.EN/article/10/ (reference date: 27.03.2016).
10. The plan of the city of Kazan // Partner on the Volga river and its tributaries Kama and Oka. Typographiya A.S. Feoktistova, 1913. URL: http://tat-map.ru/Kazan/do1917/1913 kazan.jpg (reference date: 15.02.2016).
11. NA RT F.2, Op. 13, D. 123.
12. Alexandrovsky Passage: yesterday and today // Kaz@nskie istorii: the daily Internet-edition. URL: http://history-kazan.ru/kazan-vchera-segodnya-zavtra/peshkom-v-istoriyu/ekskursionnymi-marshrutami/425-76 (reference date: 19.04.2016).
13. Borisova E.A., Kazhdan T.P. the Russian architecture of the late XIX-early XX century. – M.: Science, 1971. – 239 p.
14. NA RT F. 98, Op. 3, D. 278.
15. Land cadastral chamber of the Republic of Tatarstan. Plan BTI.

УДК 7201
Фахрутдинова И.А. – кандидат архитектуры, доцент
E-mail: fahinessa@mail.ru
Ефимов Д.Д. – аспирант
E-mail: daniel.efimoff@gmail.com
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1

Архитектура общественных зданий периода советского модернизма как актуальная тема исследования регионального наследия (60-80 гг. 20 в.).

Аннотация

Статья посвящена проблемам в области исследования архитектуры общественных зданий периода советского модернизма – последнего периода в истории советской архитектуры. В то время как конструктивизм и сталинская архитектура знакомы достаточно широкой общественности, познания о советском модернизме еще по-прежнему ограничены. Особенно это относится к регионам, со множеством интереснейших построек, которые еще почти не изучены. Архитектура советского модернизма зачастую ассоциируется с массовой жилой застройкой и стандартно-типовым проектированием. Данное исследование призвано расширить представление об этом периоде истории архитектуры России, изучить региональное архитектурное наследие советского модернизма.

Ключевые слова: советский модернизм, региональное архитектурное наследие советского модернизма, историческая ценность архитектуры общественных зданий периода советского модернизма.

Тема советского модернизма в архитектуре еще совсем новая и в целом мало исследованная, но приобретает все больший интерес среди общественности и в профессиональных кругах в процессе осмысления архитектурной культуры России. Возрастающий интерес к архитектуре советского модернизма – тенденция, которая является частью общемирового процесса: год от года проводится все больше конференций, выставок, к теме советского модернизма обращаются кураторы венецианских биеннале и организаторы российских фестивалей. Первая тематическая выставка, посвященная советскому модернизму, прошла в 2006 году в московском Музее архитектуры имени Щусева. В 2012 году Венский архитектурный центр посвятил XIX конгресс советскому модернизму (в рамках выставки «Советский модернизм 1955-1991. Неизвестные истории») и изучению архитектуры этого периода в бывших республиках Советского Союза и вопросам ее сохранения. С проведения 4-й международной конференции «Долгая счастливая жизнь. Строительство и осмысление советского города с 1956 года до наших дней» в 2015 году Музей современного искусства «Гараж» дал старт масштабному трехлетнему исследованию советской модернистской архитектуры и градостроения, сфокусировавшее свое внимание на советской архитектуре, урбанистики и историю градостроительства.

Еще в прошлом десятилетии архитектура модернизма вызывала лишь негативные ассоциации, а ее ценность была понятна только узкому кругу специалистов. Подобное отношение сложилось во многом благодаря стандартно-типовому жилищному строительству, лишенному индивидуальности и образной выразительности. Тем не менее, несмотря на огромное количество модернистских объектов, построенных в советский период, основу этого направления составили не жилые массивы, а отдельные, наиболее выразительные сооружения, выполненные по индивидуальным авторским проектам и ставшие образцами стиля. Строительство общественных зданий: кинотеатров, домов культуры, цирков и стадионов – становилось пространством, открывавшим максимальные возможности для творческого самовыражения архитекторов. Необходимо отметить, что вопреки устоявшемуся мнению о невозможности свободного творчества в социалистическом обществе, именно архитектура советского модернизма с ее интернациональным характером, предоставляла наибольшую свободу для молодых

архитекторов того времени. В то время, как в живописи и скульптуре царил социалистический реализм, архитектура была выведена из разряда искусств, а вместе с тем, из под диктата идеологии. К тому же, взлет этого направления напрямую связан с атмосферой всеобщего оптимизма и наивысшего энтузиазма в советском обществе, подкрепленного успехами в освоении космоса, трудовыми подвигами, освоением целины и ударными комсомольскими стройками. В силу этих причин лучшие сооружения эпохи советского модернизма, проникнуты, в большей степени, не идеологией, а желанием выразить атмосферу эмоционального подъема в обществе победившего социализма.

Переосмысление этого периода, в рамках исторического контекста (хрущевская «оттепель», успехи в завоевании космоса) дает ответы на вопрос, почему еще не так давно нелюбимая многими архитектура советского модернизма сегодня привлекает к себе как профессионалов, так и широкую общественность? Ответ очевиден: с одной стороны, в сооружениях той эпохи мы видим гордость и патриотизм, воплощенный в искусстве и архитектуре того времени, а с другой – невероятно цельный и выразительный архитектурный стиль, отдельные произведения которого можно причислить к шедеврам мировой архитектуры.

Наряду с известными и признанными памятниками архитектуры этого периода большая часть регионального архитектурного наследия остается до сих пор неизученной. Казань, как большой региональный центр и столица республики, не является исключением. Город обладает довольно большим историческим слоем архитектуры общественных зданий периода советского модернизма. В послевоенные годы здесь были построены уникальные и теперь уже ставшие знаковыми для города архитектурные объекты, такие как: государственный цирк (рис. 1), театр имени Галиаскара Камала, высотные здания учебных корпусов КГУ. Появившиеся тогда крупные общественные здания во многом сформировали современный нам облик города, образовав новые модернистские ансамбли, при этом они были удачно вписаны в ландшафт и интегрированы в городскую среду.

Рис. 1. Казанский государственный цирк.
Арх. Г.М. Пичуев, инж. О.И. Берим, Е.Ю. Брудный, А. Таганцев, дир. ин-та У.Г. Алпаров.
1965-1967 гг. Фото А.А. Спориус

Привлекающий внимание своей футуристической формой диска, цирк, посаженный в сходящейся перспективе Булака, и соседствующий с ним центральный стадион были призваны организовать прибрежную зону Казанки, не споря с ансамблем Казанского кремля.

Корпуса физического факультета КГУ (Института физики КФУ) и гуманитарных факультетов с библиотекой (рис. 2) стали высотной доминантой исторической части города. Новые небоскребы возродили утраченную силуэтность города.

Рис. 2. Учебно-лабораторный корпус физического факультета КГУ им. Ленина.
Арх. В.П. Бондаренко, О.А. Кашенцева, Т.В. Смирнова и др. /ГИПРОВУЗ/, 1970-1973 гг.
Фото А.А. Спориус [1]

Татарский академический театр имени Галиаскара Камала (рис. 3) эффектно завершает эспланаду системы озер Кабан, образуя над местом их соединения с протокой Булак, пешеходную площадь. Однако многие постройки до сих пор еще не получили однозначной оценки общественности.

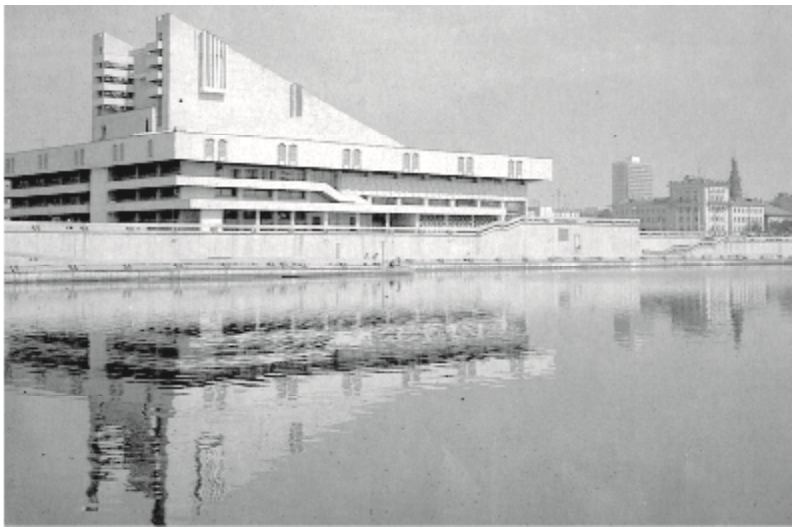


Рис. 3. Татарский государственный академический театр имени Г. Камала.
Арх. Г.П. Горлышков (рук.), Ю.А. Корнеев, Ф.М. Евсеев, Г. Хаджин, Н. Шебалина. 1972-1982 гг.
Фото Ю. Филимонов 1991 г.

На берегу Казанки привлекает внимание возвышающийся мемориал (бывший филиал центрального музея Ленина (ныне НКЦ) (рис. 4), завершающий анфиладу центральных площадей города. Задуманное авторами как образ развевающегося красного знамени, сооружение выражало идею – «Ленин – наше знамя». Существуют так и еще не попавшие в поле зрения исследователей объекты, заслуживающие внимания и представляющие историко-культурную ценность, которые можно внести в список выявленных объектов культурного наследия г. Казани.

Рис. 4. Казанский филиал центрального музея В.И. Ленина (НКЦ «Казань») [10]

За прошедшие с 1955 года три десятилетия советский модернизм как стиль прошел несколько этапов в своем развитии и трансформировался под влиянием брутализма, а затем постмодернизма, и изменился практически до неузнаваемости. Однако причины, направления, хронология и география этих изменений до сих пор не до конца определены и не исследованы в полной мере. Среди важнейших задач на сегодняшний день — рассмотреть принципы формообразования архитектурных объектов периода советского модернизма и их трансформацию, выявить ценные сегодня для общества качества модернистской архитектурной среды, а также исследовать процесс развития архитектурно-градостроительной теории и практики этого времени. Эти цели преследуются и авторами данной статьи.

Актуальность исследования общественной архитектуры советского модернизма обусловлена сегодня не только тем, что мы продолжаем жить в постсоветском городском пространстве: окружающая нас архитектурная среда, состоит, и по сей день, большей своей частью из объектов 1955-1985 годов постройки. Но и возможностью, которую предоставляет нам сегодняшний день: достаточно большой отрезок времени, позволяющий рассмотреть данное явление, неотделимое от социально-политического контекста своей эпохи, достаточно объективно, не только с точки зрения политики или идеологии, а в рамках новых архитектурных концепций, блестяще воплощенных в реальность. Необходимость создания стройной и последовательной системы знаний в области отечественной архитектуры требует системного подхода в изучении истории советской архитектуры, включая ее последний, модернистский период. Архитектура трех десятилетий 1955-1985-х годов, как модернистская часть этой системы, остается наименее изученной по сравнению с другими периодами. Выбранный для исследования период, самоценен, но вместе с тем, интересен своей преемственностью в идеологии и методологии по отношению к гораздо лучше изученному периоду авангарда и конструктивизма. Создание методических трудов по современной архитектуре России невозможно без изучения советского модернизма, так как данный период является переходным этапом к новейшей истории российской архитектуры.

Цель

На основе комплексного анализа архитектуры общественных зданий советского модернизма города Казани и других городов Татарстана, определить ее историческую ценность, выявить значение и роль данного периода в развитии советской архитектуры, выявить принципы формообразования в архитектуре общественных зданий на примерах значимых объектов регионального архитектурного наследия.

Задачи

- Рассмотреть архитектурно-культурный и социально-политический контекст развития архитектуры советского модернизма.

- Определить хронологические рамки периода советского модернизма, выявить структуру стиля, его характерные особенности в архитектуре общественных зданий.
- Определить основные принципы советского модернизма как стиля в архитектуре и выявить его региональные разновидности, обусловленные конкретным географическим и национальным контекстом.
- Рассмотреть принципы формообразования архитектурных объектов периода советского модернизма и их трансформацию.
- Выявить характерные архитектурно-планировочные и архитектурно-художественные приемы.
- Выявить, провести комплексный анализ и классифицировать общественные здания периода советского модернизма 1955-1985 гг. (в основном массиве на примере города Казани).
- Проследить влияние советского модернизма на архитектуру сегодняшнего дня и связь с современными проблемами архитектуры, потерявшей подходы к ансамблевости и соподчинению архитектурных объектов к среде и контексту.
- Выявить ценные сегодня для общества качества модернистской архитектурной среды.

Научная новизна исследования заключается в том, что впервые комплексно исследуется и анализируется архитектура общественных зданий периода советского модернизма 1955-1985 гг. на примере г. Казани.

Изучение архитектурного и социально-культурного контекста процесса развития архитектуры советского модернизма затруднено, главным образом, недостатком обобщающих исследований, посвященных архитектурному творчеству второй половины пятидесятых – первой половины восьмидесятых годов. Формотворческие поиски и методологические разработки этого периода в архитектуре еще не достаточно описаны в современной литературе.

Общие характеристики исследуемого периода можно найти в трудах таких исследователей в области истории архитектуры как А.В. Иконников, и А.В. Рябушин. Отдельные проблемы изучения архитектурного наследия того времени рассматриваются в работах Ю.П. Волчка, А.П. Гозака, А.Э. Гутнова, Ф.А. Новикова, С.О. Хан-Магмедова.

Что касается непосредственно архитектуры Казани периода советского модернизма, то различные ее стороны освещены в книге «Экскурс в архитектурную жизнь советской Казани. Иллюстрированное повествование на стыке истории и градостроительства в 1918-1991 годах» С.П. Саначина.

Считается, что особенности советского модернизма связаны с плановой государственной экономикой, то есть с особенностями социального строя. Это касается как масштабов строительства, так и безальтернативности «стиля». То есть идеология определяет эстетику, а всё, выбивающееся за рамки принятого, считается творческим диссидентством и маргинализируется.

Что же представляет собой «советский модернизм»? Для того что бы понять и сформулировать основные характерные черты этого явления, необходимо попытаться охватить в целом всю эту уникальную страницу истории советской архитектуры в ее историческом контексте – политическом, экономическом, социальном и культурном. Для Советского Союза, послевоенный период стал временем расцвета социалистической идеологии. Идеализм коммунистического общества начинает сдавать свои позиции лишь в конце 60-х, после трагических событий Пражской весны, а до этого времени международный интернационал пополняет свои ряды новыми странами социалистического лагеря. С другой стороны, после 1968 года и входа советских танков в Прагу меняется общественное мироощущение – до этого было больше оптимизма, еще могла оставаться какая-то вера в светлое коммунистическое будущее.

Советский модернизм – стиль, прославляющий единство советского государства, его могущество и несокрушимость. Стране советов, действительно, есть чем гордится в это время: космос, балет, мощный военно-промышленный комплекс. Все это, наряду со строительством новых городов, гидроэлектростанций, уникальных заводов, должно было отразиться в едином художественном направлении. Образ советского человека – строителя нового мира, готового в любой момент защитить этот мир – вот основная тема как в монументальном искусстве, так и в архитектуре того времени.

Для характеристики архитектуры модернизма как в советском, так и в мировом контексте, применяется обозначение «брутальная». Термин ввели в оборот в 1953 году британские архитекторы, основоположники стиля «брутализм», Элисон и Питер Смитсоны, как производное от французского «béton brut» («необработанный бетон»). Так Ле Корбюзье назвал монолитный бетон с оставшимися следами от опалубки, который впервые использовал в послевоенных проектах (Марсельской жилой единице).

Поэтому для описания основных, наиболее характерных художественных приемов стиля «советский модернизм», к ним можно применить определение приемов брутализма, а именно: подчеркнутая массивность форм и конструкций; смелость и сложность композиционных решений, отражающих «сложность жизни»; интернациональный и подчеркнуто демократичный характер.

Отличие зрелого стиля архитектуры советского модернизма в том, что для него характерно наличие облицовочных материалов, в качестве которых чаще всего использовался натуральный камень. Также характерны художественно-декоративные элементы, выполненные в стилистике модернизма, в частности, обширные мозаичные панно, сграффито, заменившие традиционный архитектурный декор. Одна из наиболее заметных черт, отличающих советский модернизм от брутализма, — сплошное остекление поверхностей, роднящее архитектуру советского модернизма с архитектурой конструктивизма.

В заключение необходимо отметить, что проблемы исследования советского модернизма актуальны и тесно связаны с современными проблемами архитектуры сегодняшнего дня. Постмодернизм показал, что при всем плюрализме не хватает единых постулатов: единства архитектурной идеи и содержания, ансамблевости, архитектурной культуры при вписывании в городскую застройку, сомасштабности с окружением.

Архитектуру модернизма характеризуют с лучшей стороны грамотные решения, архитектурное единство и гармоничные отношения форм, ансамблевый подход и интеграция в городскую среду. Одной из особенностей советского модернизма была именно работа архитекторов не с отдельными объектами, а со средой. Впервые в истории советской архитектуры здание рассматривалось как часть комплекса, единого с окружающими его территориями районов и кварталов. Проекты и постройки выполнялись на высоком профессиональном уровне. На лучших объектах советского модернизма можно учить будущих отечественных архитекторов.

Архитектура советского модернизма отсылает нас к опыту, чрезвычайно актуальному сегодня: потребность в доступном и удобном жилье с развитой транспортной, социальной и бытовой инфраструктурой, активное использование публичного пространства, освобождение архитектуры от диктата рынка и стратегический, системный подход к городскому планированию. Возможно, именно по этой причине модернистскому наследию зачастую отказывают в охранном статусе, что в свою очередь, неизбежно ведет к его утрате. Но было бы бесперспективно музеефицировать и превращать каждый объект этого периода да и сам советский модернизм в памятник – вместо этого следует использовать его постулаты и принципы на практике и в современных условиях.

Настоящее исследование позволит решить важную для архитектурной науки задачу – провести комплексный анализ архитектуры общественных зданий периода советского модернизма 1955-1985 гг. на примере города Казани: определить ее историческую ценность, выявить ее значение и роль в развитии архитектуры советского периода.

Список библиографических ссылок

1. Айдаров С.С. Архитектурное наследие Казани. – Казань: КГИ, 1978. – 79 с.
2. Антоненко Ю.С. Влияние творчества Колдера на архитектуру СССР / Ю. С. Антоненко // Научный диалог: вопросы гуманитарных исследований: Материалы Международной заочной онлайн-конференции. URL: https://interactive-plus.ru/discussion_platform.php?requestid=16968 (дата обращения: 12.01.2016).

3. Белоголовский В., Новиков Ф.А. Советский модернизм. 1955-1985. – Екатеринбург: Tatlin, 2010. – 232 с.
4. Белоголовский В. Советский модернизм: от общего к знаковому» // Советский модернизм. Неизвестные истории. 1955-1991. Материалы международной конференции 2013 URL: http://archi.ru/russia/48243/ot-obschego-k-znakovomu-i-obratno-ili-modernisty-vsekh-stran-soedinyaites (дата обращения: 10.01.2016).
5. Иконников А.В. Архитектура XX века. Утопии и реальность. Том 2. – М.: Прогресс-Традиция, 2002. – 669 с.
6. Казакова О.В. Понятие «современность» в архитектуре «оттепели» – от этики к эстетике. В кн.: Эстетика «оттепели»: Новое в архитектуре, искусстве, культуре / под ред. О.В. Казаковой. – М.: Российская политическая энциклопедия (РОССПЭН), 2013. – С. 161-173.
7. Казакова, О. В. Проектирование Всемирной выставки 1967 года в Москве. Поиск образа современности в архитектуре начала 1960-х годов. Диссертация на соискание степени кандидата искусствоведения. – М., 2009. – 140 с.
8. Казакова О.В. Советский архитектурный модернизм: формы времени. К итогам международной научной конференции. М., НИИТИАИГ // Культурологический журнал электрон. период. рецен. науч. издание, 2013, № 4 (14). URL: http://www.cr-journal.ru/rus/journals/244.html&j_id=17 (дата обращения: 14.02.2016).
9. Малинина Т.Г. Модернизм и «модернизмы»: о содержании понятия и расширении ее границ к XXI веку в архитектурной критике. Методологические заметки. II Хан-Магомедовские Чтения. – М., 2014. URL: http://sias.ru/upload/2014_3-4_106-126_malinina.pdf (дата обращения: 10.02.2016).
10. Саначин С.П. Экскурс в архитектурную жизнь советской Казани. – Казань: Фолиант, 2015. – 240 с.

Fachrutdinova I.A. – candidate of architecture, associate professor
E-mail: fahinessa@mail.ru
Efimov D.D. – post-graduate student
E-mail: daniel.efimoff@gmail.com
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Public architecture of the soviet modernism period as a topical issue for research of regional architectural heritage (60-80-ies of the 20th century)

Resume

The current scientific development of the problem is rather low. At the same time professional community is becoming more interested in the Soviet Modernism.

This period was characterized by not only the standard residential construction. Construction of public buildings: cultural centers, cinemas, stadiums and circuses - has become a space of creative expression for the architects.

Kazan has got a rather large historical layer of the public architecture of the Soviet modernism period. Among these public buildings there are such significant for the city, unique objects, as high-rise KSU academic buildings and, of course, Kazan State Circus.

Research problems of the Soviet modernism are relevant and closely related to the modern challenges of the present day architecture. This project will further explore the impact of the Soviet Modernism on contemporary culture and art practice. A comprehensive review of the public architecture of the Soviet modernism period, on the example of Kazan city, will determine its historical value and identify the role in the evolution of the architecture of the Soviet period.

Keywords: soviet modernism, public architecture, public buildings, historical value, regional architectural heritage.

Reference list

1. Aidarov S.S. Architectural heritage of Kazan. – Kazan: KGI, 1978. – 79 p.
2. Antonienko Y.S. Influence of Artistic work of Alexander Calder on the architecture of the USSR // Scientific Dialogue: Humanitarian Studies: Proceedings of the International Online Conference. URL: https://interactive-plus.ru/discussion_platform.php?requestid=16968 (reference date: 12.01.2016).
3. Belogolovsky V., Novikov F.A. Soviet Modernism: 1955-1985. – Ekaterinburg: Tatlin Publishers, 2010. – 232 p.
4. Belogolovsky V. From Generic to the Iconic and Backwards, or Modernists of the World, Unite! // Soviet Modernism 1955-1991 Unknown Stories. Materials of the International Scientific Conference on November 8, 2012. February 25, 2013. URL: http://archi.ru/Russia/48243/ot-obschego-k-znakovomu-i-obratno-ili-modernisty-vsekh-stran-soedinyaites (reference date: 10.01.2016).
5. Ikonnikov A.V. Architecture of the XX-th century. Utopia and Reality. Vol. 2. – M.: Progress-Traditsia, 2002. – 669 p.
6. Kazakova O.V. The concept of «modernity» in the architecture of the «thaw» – from ethics to aesthetics. In the book: The aesthetics of the «thaw»: The «new» in the architecture, art and culture. – M.: Russian Political Encyclopedia (ROSSPEN), 2013. – P. 161-173.
7. Kazakova O.V. Designing the World Expo 1967 in Moscow. Searching for the image of modernity in the architecture of the early 1960s. The thesis for the degree of candidate of art. – M., 2009. – 140 p.
8. Kazakova O.V. Soviet modern architecture: forms of time. By the results of the international scientific conference. – M.: NIITIAIG Culturological // Electronic Journal. periodic peer-reviewed scientific publication, 2013, № 4 (14). URL: http://www.cr-journal.ru/rus/journals/244.html&j_id=17 (reference date: 14.02.2016).
9. Malinina T.G. Modernism and «modernisms»: on the content of the concept and expand of its borders to the XXI century in architectural criticism. Methodological notes. «The II Khan Magomedovskie chteniya» Conference. – M., 2014. URL: http://sias.ru/upload/2014_3-4_106-126_malinina.pdf (reference date: 02/10/2016).
10. Sanachin S.P. An excursion into the architectural life of the Soviet Kazan. – Kazan: Foliant, 2015. – 240 p.

УДК 728.1.012.1.
Желнакова Л.В. – аспирант
E-mail: lyusiena_zhe@mail.ru
Родионовская И.С. – кандидат архитектуры, профессор
E-mail: rodionovskaya_mgsu@mail.ru
Московский государственный строительный университет
Адрес организации: 129337, Россия, г. Москва, Ярославское ш., д. 26

Способы экологической защиты архитектурной среды дошкольных образовательных учреждений в стесненных условиях мегаполиса

Аннотация

Современное урбанистическое развитие характеризуется интенсивной концентрацией населения, возрастающей высотностью застройки, существенным сокращением зеленого фонда и автомобилизацией. Все это негативно меняет качество внешней городской среды, при этом, страдают пространства, призванные комплексно и постоянно обеспечивать развивающие и рекреационные функции – детские дошкольные учреждения.

В этом аспекте, учитывая резкое осложнение условий строительства дошкольных образовательных учреждений в сложившейся высокоплотной застройке мегаполиса, проектирование детских садов инклюзивного типа (доступных для в том числе для детей-инвалидов) должно базироваться на принципах экологической защиты их внутренней среды: территории и помещений.

Статья посвящена рассмотрению возможностей создания такой защиты путем включения в функциональную схему ДОУ растительного компонента как экозащитного элемента развивающей среды. В статье определены основные принципы формирования аркологических сооружений. Приведены примеры современных зданий и сооружений, использующих аркологичесую концепцию в проектировании, экономичность и целесообразность гиперструктур.

Ключевые слова: аркология, фитокомпонент, дошкольное учреждение, экологическая защита, интегрированное озеленение.

Интуитивно мы понимаем, что дети ближе
к природе, чем мы, и важно поддержать эту связь,
создать среду, в которой прорастет будущее.

Рейулф Рамстад, архитектор.

Дошкольное образовательное учреждение как среда жизнеобеспечения и развития – одно из главных пространств, где в подсознание ребенка закладываются первые и ключевые стереотипы, импринты. На этапе взросления через пережитый опыт, полученные знания, общение происходит процесс формирования личности. Важно именно в этот момент сформировать окружающую среду, которая воспитывала бы индивидуальность, самодостаточную личность, проявляющую уважение к людям и природе. Эта среда должна помочь сохранить свои исторические корни и привить понимание и уважение к другим культурам, людям, отличным от себя. Через знакомство с другими людьми, общение с ними, с природой, познание окружающего мира и творчество это становится возможным. Такая среда должна предоставить ребенку возможность для диалога (с людьми, природой, животными), и таким образом постигать себя, слушать веление совести, гармонично существовать с окружающим миром.

Однако урбанистические условия и образ жизни детей в настоящее время характеризуются рядом негативных факторов: некачественной средой жизнедеятельности, нарушением в структуре питания, низким уровнем двигательной активности, высокой психоэмоциональной нагрузкой. Отмечается усиление процесса хронизации заболеваний у детей – большой процент детского населения имеет нарушения языковых, речевых, сенсорных и статодинамических функций. Во всем мире

наблюдается тенденция увеличения числа детского населения с различными отклонениями здоровья.

Детский сад – особенное пространство. Это остров в мире взрослых, на котором живут дети, и этот остров должен быть защищен от нежелательных вторжений извне. И в разрезе урбосреды мегаполиса первую очередь подразумевается экологическая защита, то есть территория и здание детского сада должны соответствовать высоким стандартам качества воздуха, шумового фона, ветрового режима, чистоты почв, наличие развитого и полноценного растительного мира. Последний экологический аспект представляется особенно значимым, поскольку качество среды во многом определяется наличием зеленых насаждений в тесном городском пространстве с высокими антропогенными негативами.

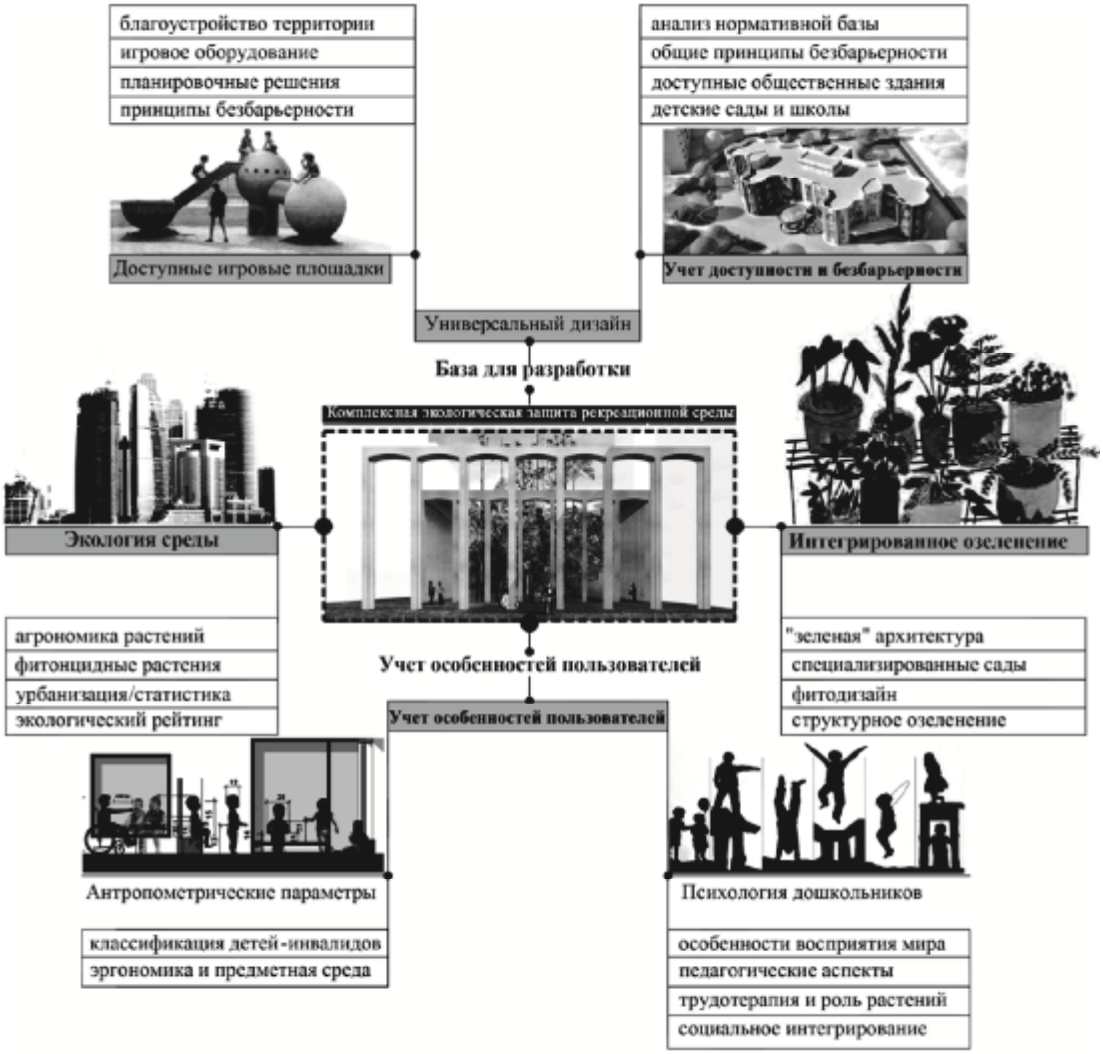


Рис. 1. Составные компоненты полноценной и комплексной экологически защищенной рекреационно-развивающей среды

Именно из-за того, что безопасность является одним из главных требований к зданиям дошкольных учреждений, данный тип общественных зданий в первую очередь следует проектировать согласно основополагающим принципам аркологии[1] – как замкнутую, ориентированную внутрь и самодостаточную систему.

[1]Аркология (слово-гибрид из двух слов: архитектура и экология) – архитектурная концепция, учитывающая экологические факторы при проектировании сред обитания человека. Основные принципы аркологии развиты итало-американским архитектором Паоло Солери: замкнутость инфраструктуры и самодостаточность зданий, сооружений, поселений, уменьшение занимаемой площади путём переноса поселения в трёхмерную гиперструктуру.

Такой подход ставит архитектурный вопрос разработки принципиально новых архитектурно – ландшафтных основ проектирования детских садов нового типа, учитывающих неизбежность влияния на детей негативных факторов урбосреды и компенсирующих их.

Фитокомпонент (растительность) должен стать неотъемлемым и средообразующим фактором этой системы, ее основным гармонизирующим компонентом, нивелирующим экологическую деградацию и повышающим качество микроклимата помещений детского сада.

Основной проблемой при решении данной задачи является недостаток в застроенных районах г. Москвы участков под строительство дошкольных образовательных учреждений. Выделяемые участки практически всегда являются сложными по конфигурации, рельефу или геодезическим условиям.

В связи с устойчивым ежегодным ростом численности воспитанников, потребность в строительстве большого количества детских садов в г. Москве с каждым годом возрастает. И, как репрезентативно свидетельствует практика, зачастую это приводит к тому, что качественные характеристики данного специфического пространства, в котором дети проводят большую часть активного времени суток, занижаются в угоду количественных.

По указанной причине все типовые проекты дошкольных учреждений различной наполняемости (14 проектов), принятые Департаментом градостроительной политики Москвы для строительства в 2013-2015 гг. имеют компактную планировку.

В сложившихся условиях эффективными решениями по экологической защите могут выступать как палеативные меры (частичная защита), так и прогрессивный подход к проектированию дошкольных учреждений, предусматривающий включение в их пространственно-планировочную структуру рекреационных пространств в виде встроенных или встроенно-пристроенных фитомодулей с автономной системой поддержания в них оптимальных микроклиматических условий.

Рассмотрим подробнее некоторые из вышеуказанных решений.

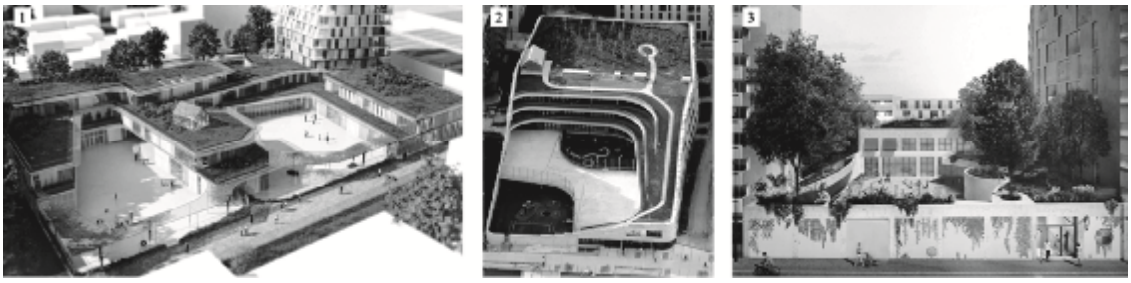


Рис. 2. Примеры устройства эффективного экранирования территории детского сада:
1– компоновка объема здания с образованием полузамкнутых рекреаций в уровне земли и дополнительных игровых площадок на озелененных террасах;
2, 3 – создание замкнутого защищенного глухим ограждением двора с активным ландшафтным компонентом

Палеативными архитектурными мерами по устранению или уменьшению негативного влияния факторов среды на здоровье воспитанников дошкольного учреждения являются: экранирование территории детского сада вертикальными шумо- и пылезащитныи ограждениями, фитостенками (рис. 2); интерьерное озеленение (в том числе вертикальное, как позволяющее максимально рационально организовать компактное пространство групповой ячейки), способствующее созданию максимального микроклимата помещений.

Следующий уровень защиты – позволяет создать комфортную экодоминантную и безопасную среду детского сада путем интегрирования фитокомпонента в здание в виде отдельного функционального модуля, который может быть представлен встроенным блоком зимнего игрового сада, изолированными прогулочными зонами на кровле, закрытым внутренним рекреационным атриумом и т.д. (рис. 3). В общем случае такое пространство

представляет собой встроенный респонсивный модуль[2], включающий в себя два активных компонента: фито и игровой (жизнеобеспечение). В таком модуле организовываются уголки активности детей дошкольного возраста по функциональному наполнению идентичные открытым игровым (уличным) площадкам. Помещение респонсивного сада в детском саду желательно разделить на несколько центров, в каждом из которых будет содержаться достаточное количество материалов для исследования и игры. Ребенку представится возможность самостоятельно делать выбор, в каком центре он в данный момент хочет играть, экспериментировать, бегать, прыгать или просто посидеть в тишине.

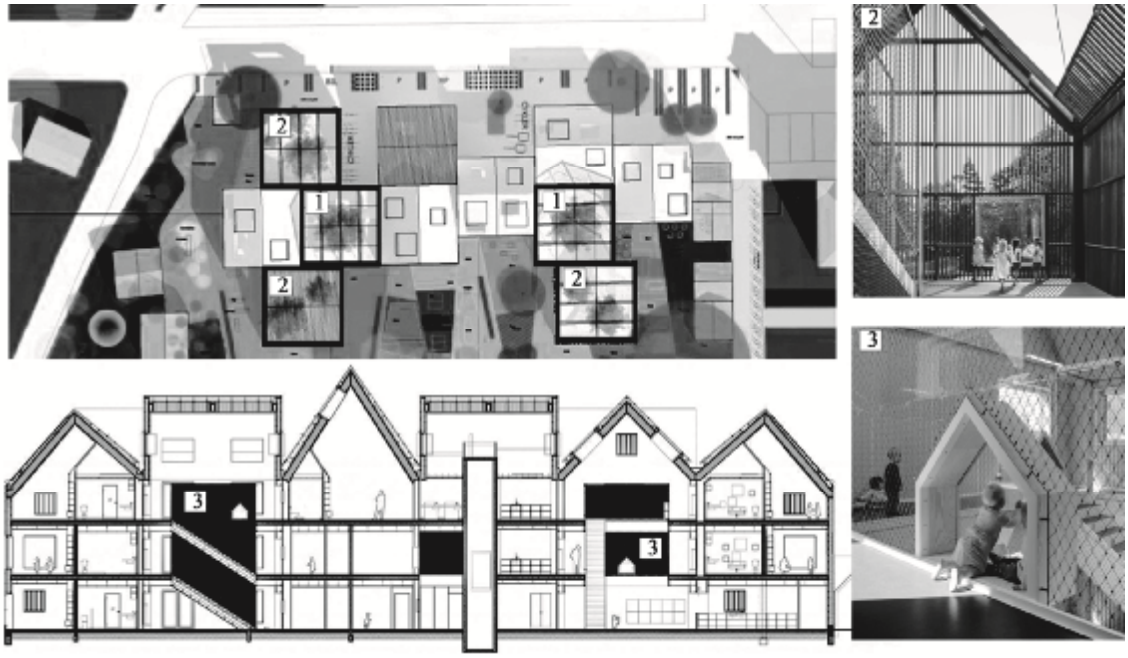


Рис. 3. Пример устройства встроенно-пристроенных к основному блоку детского сада фитомодулей в виде респонсивного сада с различными вариантами наполнения его фитокомпонентом (вьющиеся растения, крупномеры, вертикальное озеленение):
1 – встроенный модуль; 2 – пристроенный модуль;
3 – сетка используется в качестве функционального ограждения и в качестве каркаса для вьющихся растений

В разных группах наборы центров могут быть различными, а также могут быть даны названия каждому центру. Ниже указан примерный перечень центров активности в рамках такого пространства:

а.) центр сенсорного развития (для детей ясельного возраста) – насыщается растениями с разнообразной фактурной поверхностью листьев, плодов и цветов;

б.) центр тишины – выделяется в визуально обособленное, полузакрытое пространство (с помощью вертикальных озелененных панелей, фитокартин, трансформируемых ширм и т.д.);

в.) центр конструирования – наполняется мелким (настольным) и крупный (напольным) строительным материалом, в том числе природным для художественного конструирования;

г.) центр спортивный – выделяется достаточная по площади и конфигурации территория для активных игр и спорта, оснащается универсальным спортивным оборудованием, доступным для различных категорий пользователей, в том числе для детей с нарушениями физического здоровья (слепых и слабовидящих, глухих и слабослышащих, с нарушением опорно-двигательных функций и координации тела);

[2] Респонсивный (англ. responsive – чуткий, чувствительный) – характеристика пространства, способного оперативно реагировать на изменение его функционального назначения, эмоционального настроя пользователей.

д.) центр песка и воды – оборудуется столом-песочницей и игровыми водоемами с подводом канализации и других необходимых инженерных систем;

е.) центр живой природы – предназначен для развития экологической культуры детей (оборудуется муляжами, дидактическими играми, гербариями и пр.).

ж.) центр экспериментирования – уголки озеленения, в которых содержатся комнатные растения, в специально обустроенных вертикальных или аквариумных теплицах выращиваются душистые травы и сельскохозяйственные культуры, в отдельном блоке живой природы содержатся животные: рыбки, черепахи и т.д.

Респонсивный сад – это саморазвивающееся пространство – здесь ребенок думает и творит, он не сторонний наблюдатель или потребитель, он – сотворец. Концептуальной идеей является отказ от интерпретации среды детского обитания как игровой и рассмотрения ее как полноценной среды жизнедеятельности ребенка (рис. 4).

Рис. 4. Концепция рассмотрения детской рекреационнодосуговой среды, как среды полнофункциональной жизнедеятельности

К основным принципам организации инклюзивного респонсивного сада относятся:

· Принцип информативности. Разнообразие тематики материалов и оборудования, активность детей во взаимодействии с предметным окружением.

· Принцип вариативности. Определяется видом конкретного дошкольного образовательного учреждения, содержанием дошкольного образования, национально-культурными и климатическими особенностями города/региона.

· Принцип интеграции образовательных областей. Использование материалов и оборудования для одной образовательной области и в ходе реализации других областей.

· Принцип полифункциональности. Возможность разнообразного использования различных составляющих предметно-развивающей сред.

· Принцип трансформируемости. Изменение предметно-развивающей среды, позволяющие, по ситуации, вынести на первый план ту или иную функцию пространства

В контексте указанных принципов детский сад понимается как – эко защищенный оазис, где ребенок выступает, как сотворец среды, а природа как идеальный «партнер» для сотворчества.

Дальнейшее развитие архитектурных поисков в аспекте экозащиты приводит к проектированию детских садов как пространственных структур застройки (фитотроны, гиперструктуры), в которых развивается принцип активного включения в объемно-планировочную систему зданий и сооружений компонентов живой природы, компенсирует экологические и психофизические потери, вызванные урбанизацией.

Архитектура детского сада должна стремиться сделать общение с природой частью повседневного опыта детей. Это означает не просто снабдить сад игровой площадкой на открытом воздухе, но с помощью архитектуры активизировать переживание природных явлений.

Интенсивное развитие искусственной среды в городах и ее сосредоточение на относительно стабильных по площади территориях способствовали развитию ситуации,

когда рост потребности в площадях для тех или иных функций города значительно опережает возможность их удовлетворения.

Любые преобразования в существующих градостроительных системах чаще всего связаны с двумя главными задачами: увеличением полезной площади и совершенствованием качества среды. развитие архитектурной науки в аркологическом ключе позволит решить обе задачи

Развитие творческих, интеллектуальных возможностей, воспитание чувства природосообразности у детей и полноценное физическое воспитание возможны лишь при комплексном подходе к решению проблемы создания современных воспитательных учреждений. Таким образом, при пересмотре сложившейся старой модели на данном уровне задачей современной архитектурной науки является создание нового подхода к формированию типологии детских воспитательных учреждений, отвечающей современным социально-экономическим условиям и педагогическим требованиям, посредством создания комфортной, здоровой среды через экологический аспект.

Список библиографических ссылок

1. Асафов А., Епимахова Т., Морозова Н., Столетов А. Теория гиперурбанизма // Архитектор: Профессиональное интернет-издание Союза московских архитекторов, 2012, № 6. URL: http://www.archinfo.ru/publications/item/1354/?language=eng. (дата обращения: 12.04.2016).
2. База типовых проектов детских садов, общеобразовательных школ и блоков начальных классов (БНК), рекомендуемых к строительству в Москве // Комплекс градостроительной политики г. Москвы, 2015. URL: https://stroi.mos.ru/albom-proektov-detskih-obrazovatelnyh-uchrezhdenii (дата обращения: 12.04.2016).
3. Кузнецова А.А. Современные архитектурно-планировочные способы моделирования зданий дошкольных организаций // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – Самара, 2014, Т. 16, № 2. – С. 221-225.
4. Мартовицкая М.А. Архитектура и дети // Speech, 2015, № 14. – С. 16-37.
5. Маханева М.Д. Экологическое развитие детей дошкольного и младшего школьного возраста. – М.: Аркти, 2004. – 34 с.
6. Рау У. Безбарьерное строительство для будущего. – Берлин: 1-е изд., 2008. – С. 132-181.
7. Тетиор А.Н. Архитектурно-строительная экология – новая наука // Архитектура и строительство Москвы, 2010, № 2. – С. 30-39.
8. Broto C. Design for fun: playgrounds. – Barcelona: LINKS International, 2013. – P. 271-298.
9. Soleri P. Arcology – City in the image of Man. – Paradise Valley, AZ: Cosanti Press, 2006. – 136 p.

Zhelnakova L.V. – post-graduate student
E-mail: lyusiena_zhe@mail.ru
Rodionovskaya I.S. – candidate of architecture, professor
Email: rodionovskaya_mgsu@mail.ru
Moscow State University of Civil Engineering
The organization address: 129337, Russia, Moscow, Yaroslavskoe sh., 26

Some methods of ecological protection of the kindergarten architectural environment in the megacity cramped conditions

Resume

According to the adopted by the Russian government program of inclusive education, children with limited mobility may attend a kindergarten in conjunction with healthy children. This category includes children with impaired hearing, vision, speech, intelligence, musculoskeletal system, disorders of emotional and volitional and with learning difficulties. Such children can successfully live an active, busy life, can adapt to the environment, to learn and develop.

From an architectural perspective, this means that all new buildings of kindergartens to be built in Moscow should comply with the principles of universal design. All buildings must be accessible to persons with disabilities, should be inclusive. But, what is true inclusion? Is it possible to comply with its requirements if the building will be constructed in megapolis?

This article is dedicated to ensuring ecologically protected environment of children's institutions in a megapolis. The main environmental factors of a megacity are: air pollution, lack of sufficient landscaping, noise. The situation is complicated by the fact that due to dense development, increasingly difficult to find sites for the location of kindergartens, which would be sufficient in size and would have optimum relief and form. The article discusses how to resolve this problem by integrating planting into the functional structure of the building of the kindergarten. The author examines the different types of such integration: the creation of winter gardens, «green playrooms», «aquariums-gardens» and its architectural features and also the possibility of plastic to create green play areas into the building.

Positive effect of plants on physical and mental health of the child proved scientifically. A properly designed «Green playroom» is able to lighten the mood, stimulate the child to physical activity to relieve stress. Its importance for the inquisitive little man is hard to overestimate. Not only biological, but also «social» connection arises between the child and plants in urban settings. Plants variety of activities child and «heals» indoor climate.

Thus, the vegetation that is properly integrated into the kindergarten building will help solve two problems at once:

1. Creating of the environmental protection from the destructive factors of the city. This applies to all children, including children with disabilities;

2. Harmonization of habitat that is alive and constantly changing, as is typical for the child's psyche.

Keywords: arcology, phyto-components, kindergarten, environmental protection, integrated landscaping.

Reference list

1. Asafov A., Epimahova T., Morozova H., Stoletov A. The theory of hyper urbanism // Architect: Professional online edition of the Union of Moscow Architects, 2012, № 6. URL: http://www.archinfo.ru/publications/item/1354/?language=eng. (reference date: 12.04.2016).
2. The base of standard projects of kindergartens, schools and primary school blocks, recommended to be built in Moscow // The complex of urban policy of Moscow, 2015. URL: https://stroi.mos.ru/albom-proektov-detskih-obrazovatelnyh-uchrezhdenii (reference date: 12.04.2016).
3. Kuznetsova A.A. Modern architectural and planning ways of modeling of buildings of preschool institutions // News of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. – Samara, 2014, V. 16, № 2. – P. 221-225.
4. Martovitskaya M. Architecture and children // Speech, 2015, № 14. – P. 16-37.
5. Makhaneva M.D. Ecological development of children of preschool and primary school age. – M.: Arkty, 2004. – 34 p.
6. Rau U. Disability building for the future. – Berlin: 1-st pub., 2008. – P. 132-181.
7. Tetior A.N. Architectural and construction ecology - a new science // Architecture and building of Moscow, 2010, № 2. – P. 30-39.
8. Broto C. Design for fun: playgrounds. – Barcelona: LINKS International, 2013. – P. 271-298.
9. Soleri P. Arcology – City in the image of Man. – Paradise Valley, AZ: Cosanti Press, 2006. – 136 p.

УДК 334.021.1
Дембич А.А. – кандидат архитектуры, профессор
E-mail: grado@kgasu.ru
Закиева Л.Ф. – студент
E-mail: zakievalily@gmail.com
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

Медицинские кластеры на территории МО г. Казань, как «точки роста» медицины региона

Аннотация

В статье рассматривается кластерный подход как один из методов эффективного развития экономики региона. Анализируются этапы становления и развития понятия «кластер». Изучаются программы по содействию развития кластерной политики в РФ и РТ. Предлагается организация системы здравоохранения на территории региона на основе кластерного подхода. Определяются приоритетные площадки для размещения медицинских кластеров в структуре города. В результате анализа потребностей населения в медицинских учреждениях, выбирается специализация проектируемых кластеров. Предлагается функциональное наполнение объектами обслуживания каждого медицинского кластера.

Ключевые слова: кластерный подход, медицинский кластер, учреждения здравоохранения, научно-исследовательские центры, конкурентоспособность региона, инновационное развитие

Кластеры являются одним из наиболее эффективных методов территориального развития. В результате локализации предприятий, функционирующих в одной отрасли, научно-исследовательских центров, производственных организаций повышается производительность труда и эффективность каждой организации, осуществляется постоянный обмен опытом, увеличивается конкурентоспособность всего региона. Кластерная политика широко применяется в Германии, США, Японии, Франции, Норвегии, Финляндии. Последние десятилетия ознаменовались появлением кластеров на территории РФ. Развитие предприятий в форме кластеров находит поддержку со стороны государства: на федеральном уровне появляются долгосрочные концепции, методические указания, стратегии.

Вопросом взаимосвязи территориального размещения предприятий и экономической эффективности их функционирования ученые начали заниматься еще в XIX веке. Именно тогда, в результате анализа размещения сельскохозяйственных объектов относительно территории города, И. Тюнен вводит понятие «экономического пространства». Подобное исследование провел А. Вебер: он разработал «теорию размещения промышленности», анализируя влияние транспортных издержек, затрат на рабочую силу и агломерационные силы на размещение промышленных объектов [1]. Дальнейшее развитие идеи кластерного подхода находят в трудах А. Маршалла, который исследует экономическую целесообразность концентрации мелких предприятий на локальных участках [2]. Выводом его исследования является тот факт, что малые и средние предприятия, работающие в одной отрасли и сконцентрированные на определенной территории, имеют такую же производительность и эффективность, как крупные предприятия. Такие предприятия он именует «промышленными районами».

Перечисленные труды являются предпосылками современной кластерной теории. Однако, если в XX веке результатом объединения предприятий на локальной территории считали эффективное развитие отрасли (промышленности или сельского хозяйства), то сейчас результатом создания кластеров считается повышение конкурентоспособности всего региона. Основоположником данной теории считается М. Портер, который определяет кластер как «группу географически соседствующих взаимосвязанных компаний и связанных с ними организаций, действующих в определенной сфере и взаимодополняющих друг друга» [3].

М. Портер и его предшественники замечают, что наиболее эффективные предприятия одной отрасли обычно территориально сгруппированы. Здесь можно говорить об «эффекте концентрации», который наиболее ярко демонстрирует классический кластер – «Кремниевая долина» в Калифорнии. Благодаря локализации технологических компаний, число которых с каждым днем увеличивается, в «Кремниевой долине» появляются новые идеи, технологии, инновации, что приносит мировую известность и огромные доходы обитателям долины. Проанализировав историю развития, мы пришли к выводу, что три составляющие, а именно человеческий капитал, территориальные ресурсы и инновационная направленность, стали условиями успешного функционирования данного кластера. С течением времени кластер только процветает: здесь появляются новые компании, развивается инфраструктура, ежедневно совершаются новые открытия. Устойчивое развитие «Кремниевой долине» обеспечивают:

– высокий уровень конкуренции между организациями;
– мощная научно-исследовательская база;
– способность подстраиваться под новые индустрии;
– инновационная направленность;
– человеческий капитал [4].

Все территориальные кластеры имеют определенную специализацию: химия и нефтехимия, ядерные технологии, автомобилестроение, производство космических и летательных аппаратов, фармацевтика и медицина и т.д. Медицинские кластеры отличаются от остальных тем, что имеют более разветвленную структуру [5]. В качестве участников здесь выступают медицинские университеты, университетские клиники, производители фармацевтики, медицинского оборудования, инфраструктурные объекты и сами потребители. Наличие в регионе крупной многопрофильной больницы или медицинского университета дает все основания говорить о возможности дальнейшего размещения и развития медицинского кластера на базе данного учреждения.

Банин А.С. выделяет три ключевых типа медицинских кластеров:

1. Кластеры медицинских услуг.
2. Кластеры лекарственного обеспечения, медикаментов и медицинского оборудования.
3. Кластеры биотехнологий и инноваций в медицине [6].

Если второй и третий тип в России уже функционирует, то строительство кластера медицинских услуг только запланировано в инновационном центре «Сколково» в Москве. На наш взгляд, кластеры медицинских услуг должны появиться и в других регионах России, только в этом случае можно будет говорить о развитии в РФ передовой медицины и оказании населению медицинских услуг на уровне мировых стандартов.

Одним из регионов, где планируется создание медицинского кластера, станет МО г. Казань. Развитие высокотехнологичной медицины является одной из наиболее приоритетных задач для РТ на ближайшие годы. Согласно Стратегии социально-экономического развития РТ до 2030 года, на территории Республики должен быть сформирован многофункциональный межтерриториальный медико-реабилитационный кластер. Основная цель данного кластера – создание точек роста медицины в экономике и повышение глобальной конкурентоспособности системы здравоохранения РТ.

В результате проведенного анализа существующей организации объектов здравоохранения в структуре города, были выявлены потенциальные территории для размещения медицинских кластеров (рис. 1).

Новизна работы состоит в разработке современной системы пространственной организации медицинских услуг на территории Казани. Предлагается развитие кластерного подхода, который основывается на территориальной локализации и концентрации участников кластера (врачи, ученые, поставщики и т.д.) и современного медицинского оборудования. Данная система учитывается при разработке генерального плана города, что также является новшеством, так как до этого вопрос размещения медицинских учреждений при создании подобных градостроительных документов не рассматривался.

Рис. 1. Схема планируемого размещения медицинских кластеров на территории МО г. Казань

Первый кластер уже находится на стадии формирования. Инициатором создания данного кластера выступил Казанский Федеральный Университет (далее КФУ). С целью формирования на базе университета собственной научной медицинской школы, 26 апреля 2012 года произошло преобразование Биолого-почвенного факультета в Институт фундаментальной медицины и биологии далее (ИФМиБ): открылись новые факультеты, появились новые направления, начала развиваться фундаментальная наука. Как показывает мировой опыт, качественная наука может развиваться лишь там, где она активно взаимодействует с реальной практикой. Высококвалифицированные кадры появятся у нас лишь тогда, когда войдет в практику активное постоянное сотрудничество студентов медицинских ВУЗов с практикующими врачами. Для достижения данной цели было принято решение о создании университетской клиники на базе ГАУЗ РКБ-2 и ГАУЗ БСМП № 1. Данный выбор связан с тем, что больницы территориально граничат с университетом, и в результате объединения возникает единый комплекс, где интегрировано и образование, и наука, и реальная практическая деятельность. Как отмечает Гафуров И.Р.: «Основная цель создания Университетской клиники – это подготовка высококвалифицированных специалистов и развитие трансляционной медицины – междисциплинарной области, призванной создать оптимальные механизмы трансфера знаний и обеспечить скорейшее внедрение достижений фундаментальных наук в клиническую практику» [7].

В состав научно- образовательного кластера КФУ входят:

– Институт фундаментальной медицины и биологии (ул. К. Маркса, 74);
– ГАУЗ «Республиканская клиническая больница № 2» (ул. Чехова, 1А);
– ГАУЗ «Больница скорой медицинской помощи № 2» (ул. Н. Ершова, 2);
– ГАУЗ «Городская поликлиника № 2» (ул. Вишневского, 2А);
– Филиал клиники по ул. Волкова, 18;
– Филиал клиники по ул. Б. Красная, 51.

В дальнейших планах руководства – присоединение бывшего Казанского военного госпиталя в состав Университетской клиники с целью реконструкции и создания научного центра.

Научно-образовательный кластер КФУ станет неотъемлемой частью проектируемого медицинского кластера, однако, по территориальному признаку он также включает в себя следующие объекты (рис. 2):

– Казанский государственный медицинский университет (ул. Бутлерова, 49);

– Родильный дом им. В.С. Груздева (ул. Толстого, 4);

– Республиканский клинический кожно-венерологический диспансер (ул. Толстого, 4 к. 1);

– Детская клиника им. В.К. Меньшикова (ул. Толстого, 4 к. 2);

– Клиника медицинского университета (ул. Бутлерова, 47);

– Республиканская клиническая психиатрическая больница им. В.М. Бехтерова (ул. Волкого, 80);

– Казанская государственная медицинская академия (ул. Бутлерова, 36);

– Республиканская стоматологическая поликлиника (ул. Бутлерова, 16);

– Республиканская клиническая офтальмологическая больница (ул. Бутлерова, 14).

Концентрация данных учреждений на локальной территории способствует созданию многопрофильного медицинского кластера в центре города, опирающегося на мощную научно-исследовательскую базу ведущих медицинских университетов, крупных городских больниц и диспансеров. Создание данного кластера будет способствовать подготовке высококвалифицированных кадров и организации непрерывного процесса образования врачей, что является приоритетной задачей развития медицинской науки в РФ.

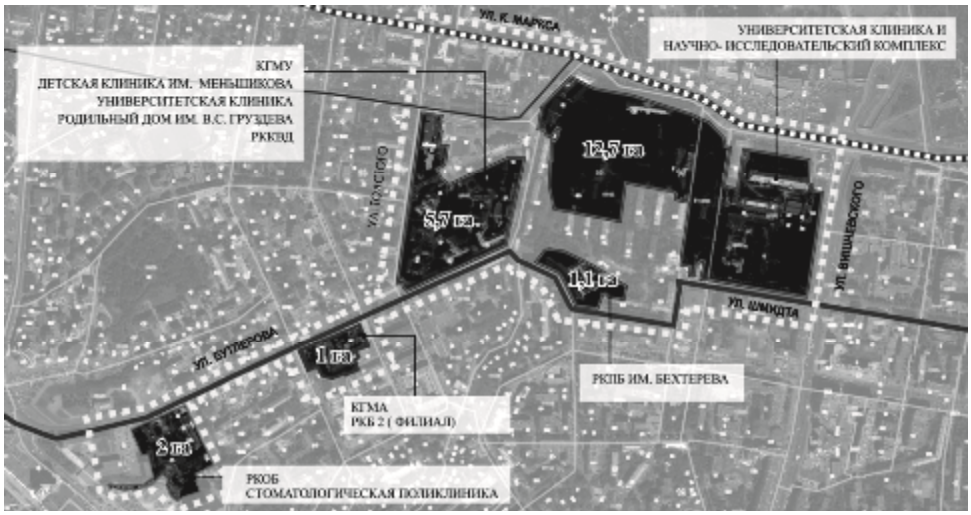


Рис. 2. Размещение медицинского кластера на базе ИФМиБ КФУ

Идея создания научно-образовательных медицинских кластеров для развития системы здравоохранения поддерживается на федеральном уровне: приказом министра здравоохранения РФ В.И. Скворцовой «Об организации работы по формированию научно-образовательных медицинских кластеров» на территории РФ по территориальному признаку было создано 11 научно-образовательных и 2 специализированных медицинских кластера. В соответствии с данным документом, Казанский государственный медицинский университет стал координатором «Средневолжского» кластера Приволжского федерального округа.

Создание следующего кластера планируется на базе двух крупных республиканских больниц – ГАУЗ РКБ МЗ РТ и ГАУЗ ДРКБ МЗ РТ (рис. 3А). На сегодняшний день данные больницы являются передовыми учреждениями, которые оказывают медицинскую помощь не только жителям города, но и всей республики. Больницы размещены на территории 22,8 га, однако есть территориальные ресурсы развития, которые позволяют расширить участок до 134,8 га. По проекту в состав кластера будут входить медицинские учреждения, обслуживающие разные группы населения: детей, взрослых и пожилых людей. Научная база кластера создается в виде исследовательских центров, лабораторий, филиала медицинского университета и

медицинского училища. Для исключения транспортных издержек жилье для профессорско-преподавательского состава, студентов создается прямо на территории кластера. Также планируется строительство гостиниц и общежития для посетителей и родственников больных. На территории кластера создаются бизнес-центры, выставочные залы, офисные помещения, для того чтобы происходил постоянный обмен опытом между специалистами разных регионов и стран, внедрялись передовые технологии, проводились конференции и международные выставки. В результате возникает платформа, где будет происходить постоянный обмен знаниями, мониторинг мировых тенденций и практик, непрерывный процесс обучения. Также в составе кластера располагается реабилитационный центр, который в результате совместного функционирования со стационаром увеличит его пропускную способность. В составе всех кластеров необходимо наличие рекреационной территории и общественной зоны. Рекреационная территория в первую очередь необходима для пациентов, которые проходят лечение, а общественная зона предназначена для сотрудников, студентов, посетителей. Наличие такого рода площадок помогает делиться «неявными знаниями», в результате чего процесс модернизации ускоряется. Локализация всех необходимых объектов, специалистов и оборудования на единой территории, позволит сократить время диагностики и лечения. Концентрация предприятий смежных областей позволит обмениваться технологиями и информацией между всеми участниками кластера. Интеграция медицины, науки, образования, реабилитации и производства поможет добиться синергетического эффекта в улучшении качества системы здравоохранения.

Медицинские кластеры могут быть многопрофильными и специализированными. Описанные выше кластеры относятся к многопрофильным, так как сочетают в себе учреждения, оказывающие все виды терапевтической, хирургической, скорой медицинской помощи. Существуют также специализированные кластеры, которые оказывают медицинскую помощь уникального вида определенным группам населения. На территории Казани планируется строительство нескольких специализированных кластеров:

– онкологический кластер на базе Республиканской клинической онкологической больницы (далее ГАУЗ РКОБ);

– гериатрический кластер в п. Кадышево Авиастроительного района г. Казани;

– реабилитационные кластеры.

ГАУЗ «Республиканский онкологический диспансер МЗ РТ» может стать третьей площадкой размещения медицинского кластера (рис. 3Б). Специализация здесь будет – онкология и ядерная медицина. Онкологические заболевания в РТ занимают второе место среди причин смертности. Происходит это из-за того, что в 40 % случаев выявление заболевания происходит на последнем неизлечимом этапе [8]. Основная цель онкологического кластера – ранняя диагностика, профилактика и оказание помощи онкологическим больным. В состав кластера входят онкологический диспансер, центр переливания крови, центр ядерной медицины, стационар, научно- исследовательский центр, пэт-центр, детское отделение. Онкология и ядерная медицина функционируют совместно, так как уже на сегодняшний день в результате строительство пэт-центра на территории ГАУЗ РКОБ оказывается возможным лечение заболеваний на молекулярном уровне.

Онкологические заболевания требует длительного количества времени как во время лечения, так и в период ремиссии, поэтому в составе онкологического кластера планируется строительство реабилитационного центра. Основная цель реабилитационного центра – возвращение пациентов к обычной жизни, помощь в уменьшении психологических и физических последствий заболевания. Благодаря размещению на берегу р. Казанки и благоприятной экологической составляющей, создается реабилитационный центр, который оказывает всю необходимую помощь пациентам.

Кластер с юго-запада граничит с территорией, где на данный момент располагаются садоводческие товарищества. Проектом предлагается перевод данных земель в категорию Д3 (зона специального назначения) и строительство на этом участке многопрофильной больницы. Данное решение обусловлено тем, что в Советском районе г.Казани многопрофильная больница отсутствует, что противоречит программе о многоуровневой системе оказания медицинской помощи.

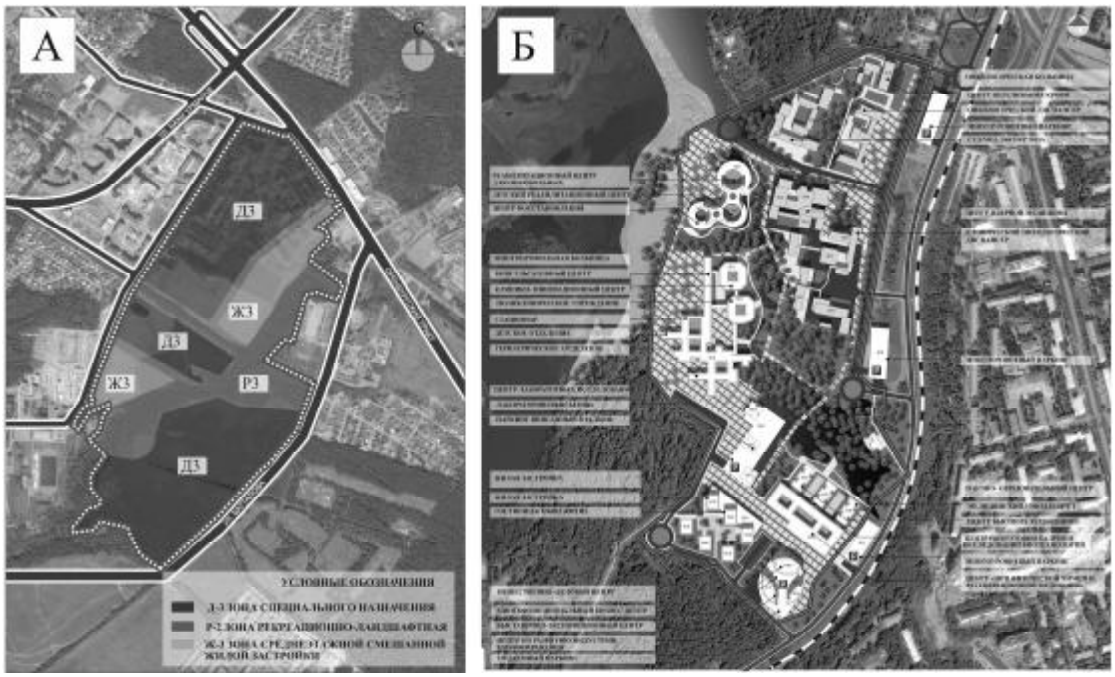


Рис. 3. А) Проектное градостроительное зонирование едицинского кластера на базе РКБ и ДРКБ; Б) Концепция онкологического кластера

В результате территориальной локализации многопрофильной больницы, реабилитационного центра для детей и взрослых, онкологической больницы, в Советском районе возникает крупный медицинский кластер, направленный в первую очередь на эффективную борьбу с онкологическими заболеваниями, а также повышение качества медицинского обслуживания населения в регионе.

Четвертый медицинский кластер рассчитан для людей пожилого возраста. Проектом предлагается строительство гериатрического кластера в п. Кадышево Авиастроительного района г. Казани. Нужно отметить, что для всего мира сейчас актуальна проблема демографического старения населения – процесса ежегодного увеличения доли пожилых людей относительно общей численности населения. На территории Казани на сегодняшний день проживает 332 817 пенсионеров, что составляет 27,6 % от общей численности населения города [9]. По общепринятым нормам, если более 7 % населения города старше 65 лет, то город считается старым, поэтому можно сделать вывод, что Казань – старый город. Следовательно, уже сейчас нужно задумываться о создании инфраструктуры для пожилых людей. Проектируемый гериатрический кластер имеет несколько блоков: пансион, дневной стационар, медицинский центр, дом-интернат. Дорога федерального значения «М7-Волга» обеспечивает хорошую транспортную связность гериатрического центра с городом, а примыкающие к объекту зеленые насаждения используются как рекреационная зона для проживающих.

На территории МО г. Казань также планируется строительство реабилитационных кластеров. Считается, что реабилитация является важным этапом в процессе лечения больного. Основными требованиями, предъявляемыми к объектам данного типа являются: наличие рекреационной зоны, размещение вдали от промышленных объектов и примыкание к крупным транспортным магистралям.

На территории города мы выбрали наиболее подходящие по параметрам две площадки для размещения реабилитационных кластеров:

– Территория в районе бывших Артиллерийских складов в Кировском районе г. Казани;

– Территория в районе Старого Победилово, примыкающая к Куйбышевскому водохранилищу.

В результате создания на территории МО г. Казань медицинских кластеров, планируется улучшить качество и эффективность объектов здравоохранения. Концентрация

на локальной территории всех участников кластера (врачи, педагоги, студенты и иные лица) позволит обмениваться им между собой опытом и знаниями, сформировать базу квалифицированных кадров. Общее использование оборудования всеми участниками способствует экономии на дорогостоящих закупках. К тому же, благодаря концентрации данного оборудования на территории кластера, сокращается продолжительность времени, затраченного на лечение и диагностику, что наиболее важно в современном мире, когда все люди находятся в процессе постоянного движения. Размещение организаций на локальных территориях способствует сокращению транспортных издержек, что ускоряет сам процесс лечения, диагностики и реабилитации. В результате внедрения научно-исследовательских центров формируется инновационная медицина, происходит модернизация объектов здравоохранения. Кластеры, в которых происходит интеграция лечения, образования, научной деятельности, реабилитации и рекреации повышают конкурентоспособность всего региона, становятся базой для привлечения больных из соседних областей, в результате чего развивается медицинский туризм.

Все вышеописанные преобразования нацелены на расширение «ресурсной базы здравоохранения», создание точек роста медицины в экономике РТ, улучшение качества оказываемых медицинских услуг населению.

Список библиографических ссылок

1. Котляров Н.Н. Зарубежный опыт формирования кластерных систем // Мировая экономика и международные экономические отношения, 2014, № 10. – С. 105-110.
2. Маршалл А. Принципы экономической науки. – М.: Прогресс, 1993. – 603 с.
3. Портер М. Конкуренция. – М.: Вильямс, 2000. – 610 с.
4. Henton D., Kaiser C., Kaiser J. Silicon Valley Competitiveness and Innovation Project – 2015, USA: COECON, 2015. – 54 p.
5. Захарова Е.Н., Ковалева И.П. Формирование медицинского кластера как направление интеграционного взаимодействия субъектов региональной медицинской сферы // Вестник Адыгейского государственного университета, 2013, № 4. – С. 216-222.
6. Банин А.С. О формировании кластеров в системе здравоохранения региона // Управление общественными и экономическими системами, 2007, № 1.
7. Доклад Гафурова И.Р. на заседании Наблюдательного совета от 28.04.2015 г. По вопросу создания университетской клиники.
8. Адель Вафин: «Главным в развитии системы здравоохранения является повышение эффективности» // pda.tatar-inform.ru: ежедн. интернет-изд., 2015, 10 июля. URL: http://pda.tatar-inform.ru/news/2015/07/10/462391/ (дата обращения: 05.01.2016).
9. Пожилые в зеркале цифр // kazved.ru: ежедн. интернет-изд., 2015, 1 окт. URL: http://www.kazved.ru/article/65338.aspx (дата обращения: 24.11.2015).

Dembich A.A. – candidate of architecture, professor
E-mail: grado@kgasu.ru
Zakieva L.F. – student
E-mail: zakievalily@gmail.com
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

The formation of medical clusters in Kazan functioning as «growth points» of the medicine in the region

Resume

This investigation is devoted to cluster approach that may turn into one of the effective means of the region’s economic development. The primary task of our investigation is analyzing of the main stages of cluster formation and development of the term «cluster».

Another key point is studying programs supporting clusters development politics in Russian Federation and Republic of Tatarstan. As a result we suggest the organization of health care system on the region's territory based on cluster approach. For carrying out this task we define prioritized locations in the city's structure, and choose the appropriate profile of cluster after detailed population's need analyses. Finally we suggest support facilities functionality for each medical cluster. Clusters which demonstrate the integration of different functions such as treatment, education, research, rehabilitation and recreation increase the competitiveness of the region, create the foundation for attracting patients from neighboring areas, and as a result contribute to the development of the medical tourism in region. Medical clusters in the city help to create the «points of growth» of medicine in RT's economy and to improve the quality of the medical services provided for population.

Keywords: the cluster approach, the medical cluster, health facilities, scientific research centers, competitiveness of the region, innovative development.

Reference list

1. Kotlyarov N.N. Foreign experience of the formation of cluster systems // Mirovaya ekonomika i mezdunarodnuye ekonomicheskie otnosheniya, 2014, № 10. – P. 105-110.
2. Marsall A. The principles of economic science. – M.: Progress, 1993. – 603 p.
3. Porter M. The competition. – M.: Williams, 2000. – 610 p.
4. Henton D., Kaiser C., Kaiser J. Silicon Valley Competitiveness and Innovation Project – 2015, USA: COECON, 2015. – 54 p
5. Zaharova E.N., Kovaleva I.P. The formation of the medical cluster functioning as the direction of integrative interaction between the subjects in the regional medical sector // Vestnik Adygeiskogo Gosudarstvennogo Universiteta, 2013, № 4. – P. 216-222.
6. Banin A.S. About the formation clusters in the region's health care system management // Upravlenie obshestvennumi i gorodskimi sistemami, 2007**,** № 1.
7. Gafurov I.R report in the meeting of the Supervisory Board from 28.04.2015 about establishment the university clinic.
8. Adel Vafin: «The key to development the health care system is to improve efficiency» // pda.tatar-inform.ru: the daily internet-edition, 2015, 10 july. URL: http://pda.tatar-inform.ru/news/2015/07/10/462391/ (reference date: 05.01.2016).
9. The senior figures in the mirror // kazved.ru: the daily Internet-edition, 2015, 1 oct. URL: http://www.kazved.ru/article/65338.aspx (reference date: 24.11.2015).

УДК. 711.1
Нарбеков М.Ф. – аспирант
E-mail: narbekov.m.f@gmail.com
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1

Территориально-планировочное развитие г. Баку и Бакинской агломерации (конец 30-х гг. XX в.-2015 г.)

Аннотация

В статье проводится исследование урбанизации столичного региона Азербайджанской Республики за 75-летний период. Освещаются основные факторы, оказавшие влияние на интенсивное освоение территорий Абшеронского полуострова в постсоветский период, осуществляется сравнительный анализ градостроительной структуры Плана Регионального Развития Большого Баку с выявлением отличительных качеств нового планировочного документа, приводится обзор основных крупномасштабных проектов, осуществляемых в г. Баку.

Ключевые слова: Бакинская агломерация, генплан г. Баку, План Регионального Развития Большого Баку, планировочная структура, устойчивое развитие.

Бакинская агломерация (БА) – компактная система городских и сельских населённых пунктов Абшеронского полуострова, расположенного на западном побережье Каспийского моря. В состав БА входят три города и около 60-ти населенных пунктов. Численность населения БА превышает 2,5 млн. человек, что составляет около 27 % от общей численности населения Азербайджана. По местоположению БА относится к приморскому типу; по морфотипу – моноцентрическая, одноядерная, ядром агломерации является г. Баку – столица Азербайджанской Республики; по планировочной структуре — лучевая; по генезису – классическая многофункциональная с преобладанием инфрастуктурно-промышленной и административной функций.

Хронология развития Бакинской агломерации 1937-2015 гг.

Историческое развитие БА с 1937 по 2015 гг. можно разделить на два хронологических этапа – советский период (1937-1991 гг.) и период независимости (после 1991 г.). В советский период было подготовлено два генеральных плана столицы – в 1937 г., авторами которого были архитектор Н. Баранов, В. Гайкович, при консультации Л. Ильина и генплан г. Баку 1986 г., разработанного проектным институтом «Бакгипрогор», главным инженером проекта являлся Т. Щаринский. В постсоветский период также было подготовлено два планировочных документа: генплан 2006 г. и генплан 2011 г. [1]

После Второй мировой войны наблюдается интенсивное развитие ядра БА. В конце 30-х гг. XX в. к северо-западу от столицы Азербайджана был основан г. Сумгаит в качестве центра химической и нефтеперерабатывающей промышленности. Статус города был получен в ноябре 1949 года [2]. В конце 60-х гг. специалистами Бакинского Государственного Проектного Института проводятся исследования развития г. Баку в планировочной системе Бакинского района расселения до 2000 г. [3, с. 68]. На основании проведенного анализа было предложено четыре варианта развития БА (рис. 1). По сравнительному анализу проектов был признан вариант с размещением Академгородка на южном побережье Абшеронского полуострова в районе пос. Тюрканы.

После 2000-го года наиболее оптимальным вариантом был выбран сценарий развития системы расселения по южному побережью, на восток от Баку [4, с. 15-16].

В 70-80-ые годы прошлого столетия продолжается интенсивное развитие городов и населенных пунктов Бакинской агломерации: значительно вырос объем жилищного строительства, были сданы в эксплуатацию новые крупные промышленные предприятия и научно-производственные объединения.

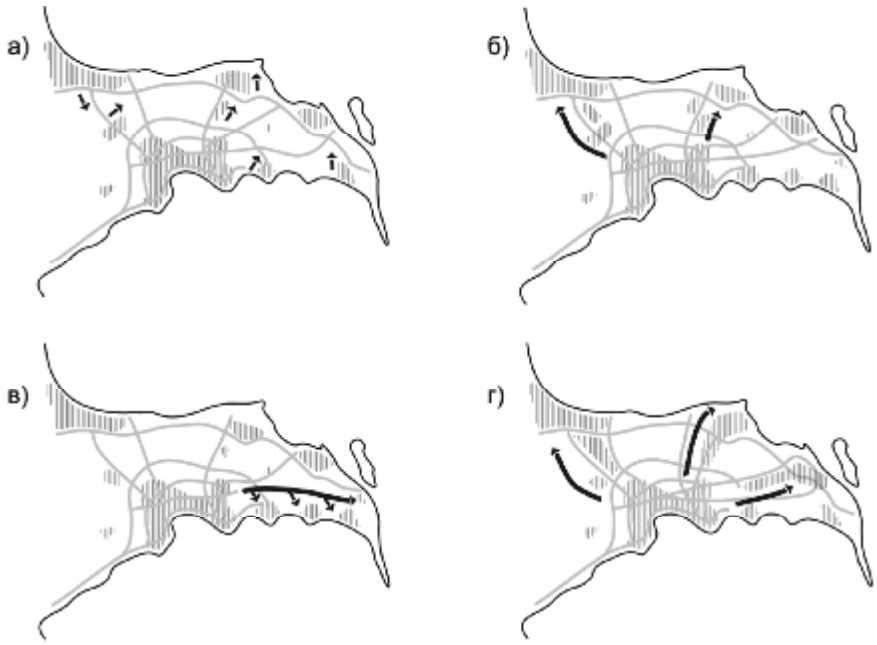


Рис. 1. Варианты развития г. Баку в системе Бакинского района расселения:
а) создание городов спутников с собственной градообразующей базой;
б) лучевое развитие, направленное на северо запад и северо-восток;
в) создание городов-спутников по южному побережью Абшерона;
г) трехлучевое развитие в направлении к основным поселениям
на северном побережье Абшеронского полуострова

С приобретением независимости республики начинается новый этап развития столичного региона: происходит слияние населенных пунктов полуострова друг с другом и с ядром агломерации, в составе БА появляется новый город между Баку и Сумгаитом – г. Хырдалан. В советский период этот населенный пункт имел статус посёлка городского типа, затем районного центра Абшеронского района Азербайджанской ССР. В октябре 2006 г. парламент Азербайджана принял решение об изменении правового статуса поселка Хырдалан. 29 ноября президент Азербайджана Ильхам Алиев подписал распоряжение о вступлении в силу закона «О присуждении посёлку Хырдалан Абшеронского района статуса города».

Факторы урбанизации столичного региона

Факторы бурного роста урбанизации на территории БА – приток инвестиций и развитие экономики страны, в особенности ее нефтяного сектора. 20 сентября 1994 г. в столичном дворце «Гюлистан» между 13 крупными нефтяными компаниями, представляющими Азербайджан, США, Великобританию, Россию, Турцию, Норвегию, Японию и Саудовскую Аравию, был подписан контракт о совместной разработке трех нефтяных месторождений – «Азери», «Чыраг», «Гюнешли» в азербайджанском секторе Каспийского моря. Ввиду высокой значимости, данное международного соглашение получило название «Контракт века». «Контракт века» вошел в список крупнейших соглашений нефтегазовой отрасли, как по общему объёму предполагаемых инвестиций, так и по количеству углеводородных запасов.

С начала подписания международного нефтяного контракта наблюдается общий роста ВВП (с 3,5 млрд. $ в 1994 г. [5, с. 210] до 75,2 млрд $ в 2014 г. [6, с. 15]). Максимальные темпы роста ВВП наблюдались в 2006 г. (34,5 %), [7, с. 1], [6, с. 11-12, 16]. Темпы роста ВВП на душу населения с 2005 по 2006 гг. составляли 33,1 %, опережая общемировые показатели на 30,3 % [8, с. 334-335], что также было связано с увеличением нефтедобычи и экспорта углеводородных ресурсов и относительно высокими ценами на сырую нефть [9, с. 10, 15].

Другим важным фактором влияния на интенсивность развития территорий БА, является демографический рост, наблюдаемый в столичном регионе. В табл. 1 приводятся данные роста численности населения Абшеронского экономического района 1990-2015 гг. (г. Баку, г. Сумгаит, Абшеронский и Хызинский район, в состав которых входят территории к юго-западу и северо-западу от столицы, включая г. Хырдалан) [10, с. 74].

Таблица 1

Демографические показатели БА за 25 летний период (млн. человек)

Год / Территория	1990	2000	2010	2015
Бакинская Агломерация	2,1	2,2	2,6	2,8

Снижние темпов рождаемости в конце 90-х-начале 2000-ых гг. было скомпенсировано естественным приростом населения последней декады [10, с. 40-41].

План Регионального Развития Большого Баку

Новейший период развития БА ознаменован разработкой нового Плана Регионального Развития Большого Баку (ПРРББ) в 2011 г. Генплан был разработан сроком на 20 лет – до 2030 г. Публичные слушания и обсуждение генплана состоялись 15 мая 2014 года. [11, с. 50]. Данный планировочный документ охватывает административные территории г. Баку и г. Сумгаит, а также участок Абшеронского района площадью более чем 282 тыс. гектаров. Основные характеристики ПРРББ: региональная и городская децентрализация; развитие города как метрополиса; создание двух субгородов – Сумгаит и Алят, создание двух субцентров: в районе г. Хырдалан на северо-западном направлении от центра и ст. метро Кёроглу на северо-востоке столицы; создание девяти подцентров.

Приоритетными задачами ПРРББ являются: 1) обеспечение устойчивого экономического и социального развития; 2) экологизация городской среды; 2) развитие городов спутников; 4) повышение функциональных характеристик транспортной системы за счет инфраструктурной модернизации; 5) создание благоприятных условий для привлечения инвестиций путем формирования новых коммерческих и селитебных кластеров, развития туристической инфраструктуры.

По итогам анализа ПРРББ можно выделить следующие новшества территориального развития БА (рис. 2):

1) увеличение площади урбанизированных территроий более чем в полтора раза;

2) уменьшение доли территорий с низкой плотностью населения за счет уплотнения застройки и освоения новых земель (городские парки, кампусы, технопарки, логистические центры, вспомогательные территории и т.д.);

3) увеличение площади территорий с высокой плотностью населения в полтора раза;

4) значительное увеличение площади озеленения территории Большого Баку;

5) рекультивация территорий нефтяной промышленности;

6) полное либо частичное осушение озер Абшеронского полуострова к 2030 г.;

7) создание деловых центров, крупных университетских кампусов, технопарков;

8) увеличение площади вспомогательных территорий более чем в 3 раза;

9) региональная и городская децентрализация;

10) перенос промышленной зоны на юго-запад от столицы, в удалении 40 км от городского центра;

11) развитие агломерации на северо-запад от г. Сумгаит, вдоль трассы Сумгаит – Губа, Ростов; западнее г. Хырладан, вдоль трассы Баку–Шамаха; по всему побережью Апшерона и западнее пос. Алят, вдоль трассы Алят–Газах, Тбилиси;

12) создание крупного логистического центра в пос. Алят;

13) создание метрополиса с 2-мя субгородами, 2-мя субцентрами и 9-ю подцентрами.

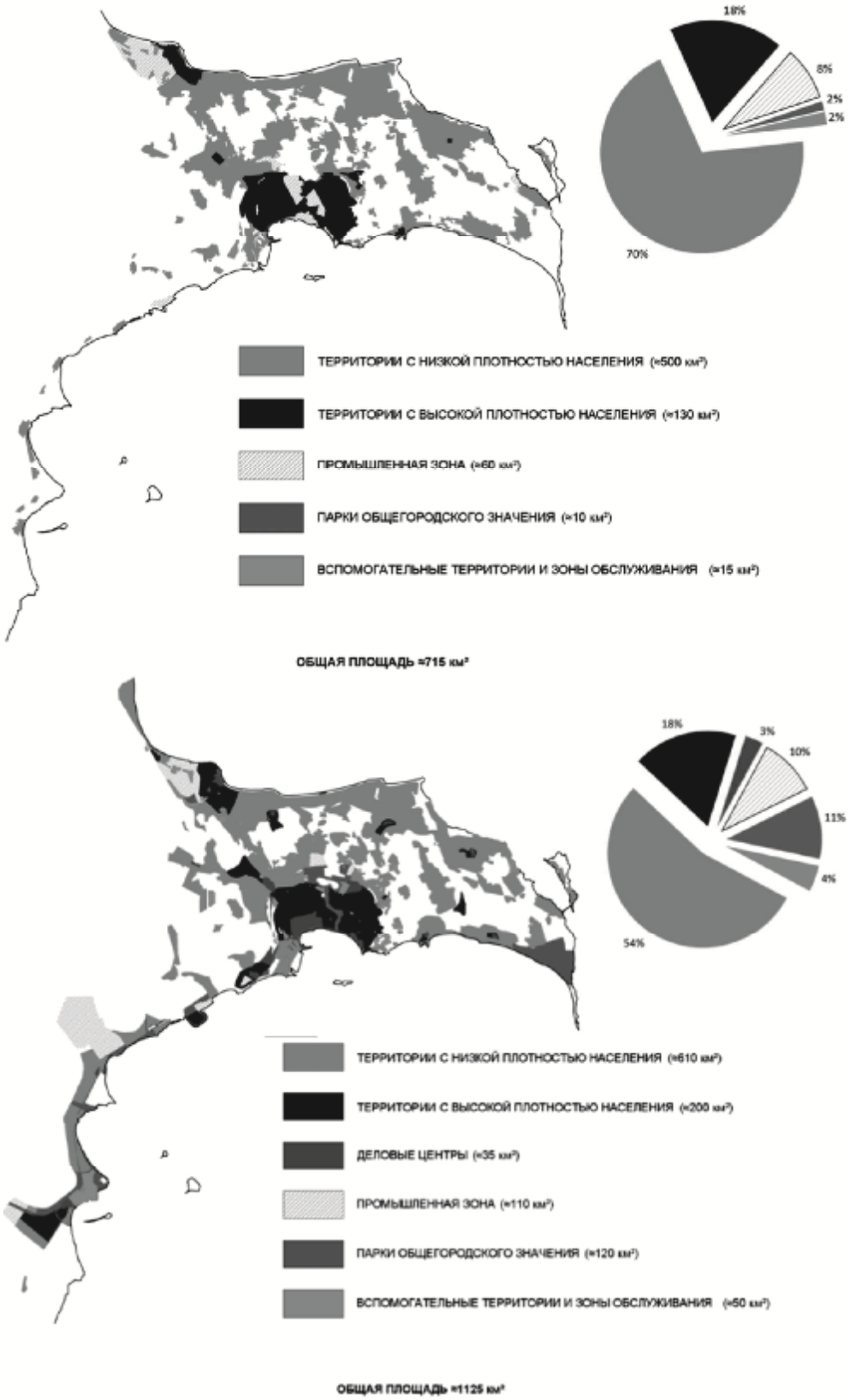


Рис. 2. Анализ планировочной структуры территории Большого Баку 2011 и 2030 гг.

Территориально-планировочное развитие ядра Бакинской агломерации

Столица Азербайджана – это город с богатым историко-культурным и духовным наследием, обладающий неповторимым колоритом, уникальность которого заключается в

гармоничном переплетении традиций европейского зодчества разных эпох, мусульманского Востока и современной архитектуры.

Исследование территориально-планировочного развития ядра БА было осуществлено на основе анализа генеральных планов с 1937 по 2011 год (рис. 3). По генплану 2011 г. проектная площадь столицы составляет около 330 км², что более чем в 3 раза превышает территорию г. Баку 1937 г. Изменения численности населения г. Баку за период с 1939 по 2015 гг. приведены в табл. 2 [10, с. 46, 74] [12, с. 162, 250]. Согласно приведенным данным около четверти населения Азербайджана проживает в г. Баку. Данный показатель, с незначительными колебаниями, остается стабильным на протяжении всего исследуемого периода.

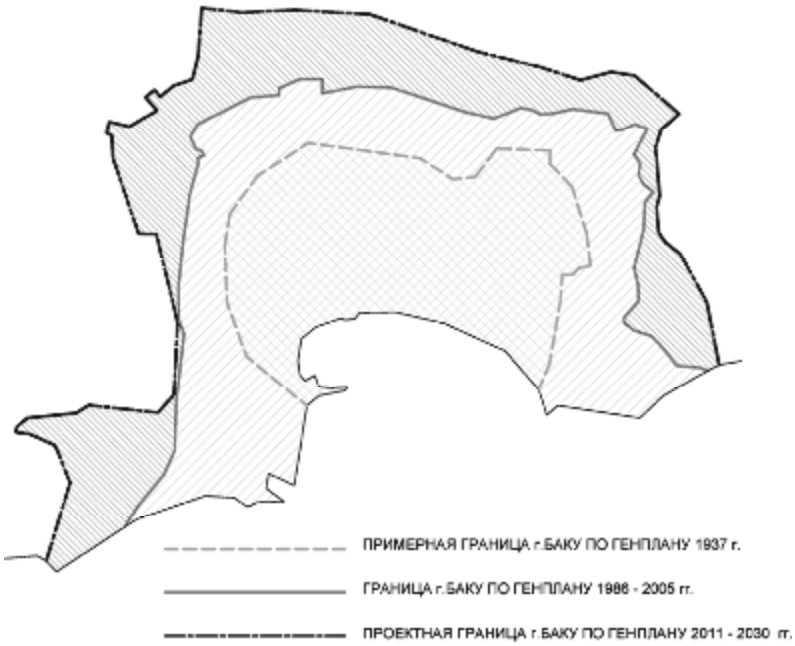


Рис. 3. Территориальное развитие г. Баку 1937-2011 гг.

Таблица 2

Демографические показатели г. Баку и Азербайджана (млн. человек)

Год / Территория	1939	1990	2005	2015
г. Баку	0,8	1,8	1,9	2,2
Азербайджан	3,2	7,1	8,4	9,6

Сегодня в г. Баку осуществляются крупномасштабные градостроительные проекты. Один таких проектов территориальной реновации носит название «Baku White City» (рис. 4). Данный проект предусматривает восстановление и развитие восточной части центра города. Генеральный план проекта «Baku White City» предусматривает создание нескольких универсальных кварталов городского типа на участке в 221 га. Также, по распоряжению Исполнительной власти г. Баку, были проведены работы по благоустройству и увеличению протяженности приморского Бульвара, в целях обеспечения доступа резидентов «Белого Города» к рекреационной зоне Бакинской бухты.

Другим значимым проектом служит создание нового населенного пункта «Khazar Islands» в 28 км к юго-западу от Баку (рис. 4). На насыпных искусственных островах будут возведены жилые здания класса люкс, офисы, гостиницы, а также различные инфраструктурные объекты туристической отрасли.

Еще одним уникальным градостроительным проектом служит застройка острова Бёюк-Зиря (прежнее название – о. Наргин), расположенного в южной части Бакинской бухты (рис. 4). Проект предусматривает полную ресурсную самообеспеченность острова,

использование альтернативных экологичных источников энергии. Автономная электрификация острова будет обеспечиваться при помощи солнечных батарей, морской воды, ветряных генераторов.

Также следует отметить проект реконструкции проспекта имени Гейдара Алиева. Проект предполагает строительство административных знаний вдоль транспортной артерии. Такое решение не только придаст новый градостроительный облик магистрали, но также позволит разгрузить центр города, в котором сконцентрированы основные госучреждения столицы.

а) Источник: http://www.bakuwhitecity.com/ru/downloads

б) Источник: http://www.baygroup.az/en/new-projects.html

в) Источник: http://www.ziraisland.com/downloads/Mipim_brochure.pdf

Рис. 4. Градостроительные проекты Бакинской агломерации:
а) Baku White City; б) Khazar Islands; в) остров Бёюк-Зиря

Заключение

За последние 75 лет города, входящие в состав Бакинской агломерации прошли стадии формирования, развития и слияния друг с другом. Если две первые стадии были характерны для советского периода (1937-1991 гг.), то в период независимости

наблюдается объединение и взаимная территориальная интеграция городов и населенных пунктов Абшеронского полуострова. Бурный экономический рост Азербайджана, связанный с подписанием «Контракта Века», а также стабильные демографические показатели послужили катализатором урбанизации столичного региона Республики. Учитывая современные тенденции развития, разработка нового ПРРББ до 2030 г. ставит своей целью обеспечение устойчивого развития Бакинской Агломерации (Больного Баку), экологизации городов и населенных пунктов Абшерона, экономической и социальной стабильности, совершенствования транспортной инфраструктуры, привлечения инвестиций, развитие туризма, сохранения исторического и культурного наследия страны.

Список библиографических ссылок

1. Градостроительство и архитектура. Генеральные планы г. Баку // Государственный Комитет Архитектуры и Градостроительства Азербайджанской Республики: официальный сайт. URL: http://www.arxkom.gov.az/105/baki_seheri.html (дата обращения: 05.01.2016).
2. О городе Сумгаит. Общие данные // Исполнительная власть г. Сумгаит: официальный сайт. URL: http://www.sumqayit-ih.gov.az/page/10.html (дата обращения: 15.01.2016).
3. Пир-заде Ш.Х. Градостроительное развитие системы общественного центра города Баку // Urbanizm: научно-практический журнал. – Баку, 2008, № 11. – С. 67-73.
4. Дадашева С.Х. Структурно-планировочное развитие Бакинской агломерации населенных мест. – Баку: Элм, 2007. – 148 с.
5. World Bank. World Development Report 1996: From Plan to Market. – New York: Oxford University Press, 1996. – 241 p.
6. State Statistical Committee of The Republic of Azerbaijan. National accounts of Azerbaijan: statistical yearbook / State Statistical Committee of The Republic of Azerbaijan. – Baku, 2015. – 169 p.
7. Harun Onder. Azerbaijan: Inclusive Growth in a Resource-Rich Economy. – Washington, DC: World Bank, 2013. – 50 p.
8. World Bank. World Development Report 2008: Agriculture for Development.– Washington, DC: World Bank, 2008. – 366 p.
9. BP. BP Statistical Review of World Energy June 2015. 64-th edition. – London, 2015. – 44 p.
10. State Statistical Committee of The Republic of Azerbaijan. Demographic indicators of Azerbaijan: statistical yearbook / State Statistical Committee of The Republic of Azerbaijan. – Baku, 2015. – 472 p.
11. «План Регионального Развития Большого Баку» – обсуждение // Memar: инфомационно-аналитический журнал Союза архитекторов Азербайджана. – Баку: Memar, 2014, № 4. – С. 50-59.
12. Lorimer Frank. The population of the Soviet Union: History of Prospects / Economic Financial and Transit Department. – Geneva: Publication Department of The League of Nations, 1946. – 289 p.

Narbekov M.F. – post-graduate student
E-mail: narbekov.m.f@gmail.com
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Urban planning and development of Baku and Baku Agglomeration (end of 1930s-2015)

Resume

The article contains the study of the urban development of Baku's metropolitan area over a 75-year period. It also covers the general factors which stimulated an urban sprawl across Absheron Peninsula in the post-Soviet period. A comparative analysis of the town planning

structure specified in Greater Baku Regional Development Plan (GBRDP) includes an identification of the distinctive features of the new planning document and an overview of the major large-scale projects implemented in Baku.

Development of new GBRDP until 2030 will ensure sustainable development of the metropolitan area of Baku (Baku patient), the greening of cities and settlements of Absheron, economic and social stability, the improvement of transport infrastructure, attracting investment, tourism development, preservation of historical and cultural heritage of the country.

Keywords: Baku agglomeration, Baku General Plan, Greater Baku Regional Development Plan, urban fabric, sustainable development.

Reference list

1. State Committee for Urban Planning and Architecture of Azerbaijan. General palns of Baku // State Committee for Urban Planning and Architecture of Azerbaijan: official website. URL: http://www.arxkom.gov.az/105/baki_seheri.html (reference date: 05.01.2016).
2. About City of Sumgait. Common data // Executive authority of Sumqait: official website. URL: http://www.sumqayit-ih.gov.az/page/10.html (reference date: 15.01.2016).
3. Pir-zade Sh.Kh. Town planning development of systeme public service of Baku city // Urbanizm: journal of research and practice. – Baku, 2008, № 11. – P. 67-73.
4. Dadasheva S. Kh. Structural-planning development of Baku agglomeration settlements. – Baku: Elm, 2007. – 148 p.
5. World Bank. World Development Report 1996: From Plan to Market. – New York: Oxford University Press, 1996. – 241 p.
6. State Statistical Committee of The Republic of Azerbaijan. National accounts of Azerbaijan: statistical yearbook / State Statistical Committee of The Republic of Azerbaijan. – Baku, 2015. – 169 p.
7. Harun Onder. Azerbaijan: Inclusive Growth in a Resource-Rich Economy. – Washington, DC: World Bank, 2013. – 50 p.
8. World Bank. World Development Report 2008: Agriculture for Development.– Washington, DC: World Bank, 2008. – 366 p.
9. BP. BP Statistical Review of World Energy June 2015. 64-th edition. – London, 2015. – 44 p.
10. State Statistical Committee of The Republic of Azerbaijan. Demographic indicators of Azerbaijan: statistical yearbook / State Statistical Committee of The Republic of Azerbaijan. – Baku, 2015. – 472 p.
11. «Greater Baku Regional Development Plan» – discussion // Memar: information - analytical journal of The Union of Architects of Azerbaijan. – Baku: Memar, 2014, № 4. – P. 50-59.
12. Lorimer Frank. The population of the Soviet Union: History of Prospects / Economic Financial and Transit Department. – Geneva: Publication Department of The League of Nations, 1946. – 289 p.

УДК 624.074.4
Бадертдинов И.Р. – соискатель
E-mail: ilnar.badertdinov@gmail.com
Кузнецов И.Л. – доктор технических наук, профессор
E-mail: kuz377@mail.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1

Оптимальные геометрические параметры поперечного сечения трехгранных стальных опор

Аннотация

В статье рассматривается стальные трехгранные решетчатые опоры с треугольной или раскосной решеткой. Для указанных опор получено аналитическое выражение массы. Из условия минимума массы получена формула для определения оптимальной высоты поперечного сечения. Для определения оптимального угла наклона раскосов опор треугольной и раскосной решеткой получены уравнения и приведены графики позволяющие определять указанные параметры.

Ключевые слова: трехгранная решетчатая опора, аналитическое выражение массы, оптимальная высота и оптимальный угол наклона раскосов.

В практике строительства стальных опор линий электропередачи, опор ветрогенераторных установок, опор для размещения светосигнального оборудования широко применяются решетчатые опоры [1, 4]. При этом наиболее рациональным типом сечения решетчатых опор являются опоры с трехгранным поперечным сечением [5, 6].

В работах [7, 8] показано, что расход стали зависит от геометрических параметров поперечного сечения. Поэтому для снижения расхода стали необходимо назначать оптимальное значение таких параметров как высота поперечного сечения, угол наклона раскосов.

Рассмотрим решетчатую опору трехгранного поперечного сечения (рис. 1).

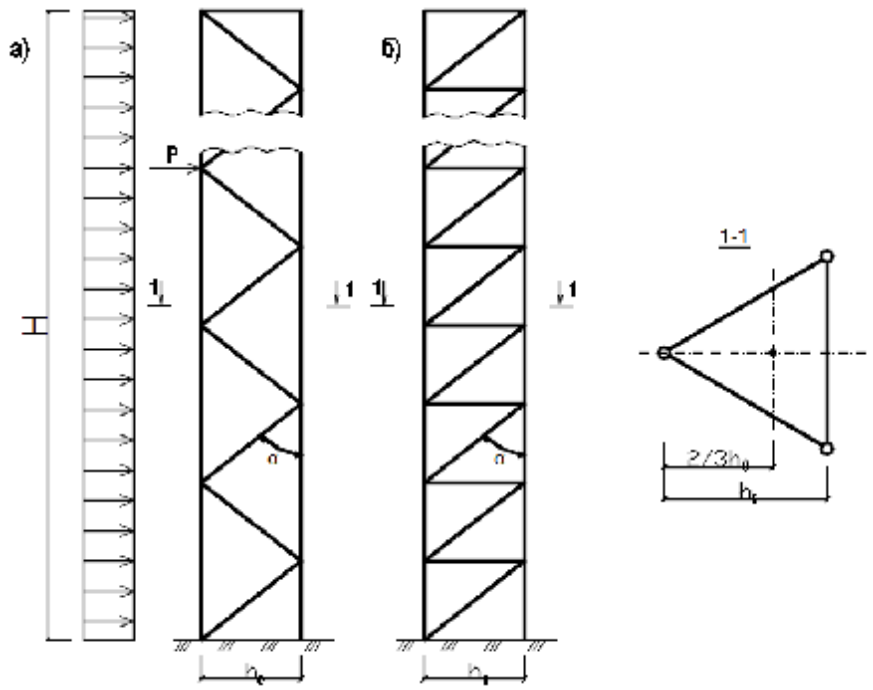


Рис. 1. Расчетная схема опоры треугольного поперечного сечения:
а) с треугольной решеткой; б) с раскосной решеткой

Для указанной опоры в работе [8] автором получено в общем виде аналитическое выражение ее массы, которое записывается так:

$$G = \psi_{TP} \cdot \gamma \cdot H \cdot \left(\frac{\psi_{\Pi}}{R_y \cdot \gamma_c} \cdot \left(N + \frac{3M}{h_0} + \frac{3 \cdot n \cdot k_{\Pi} \cdot R_y \cdot \gamma_c \cdot h_0^2}{m^2} \right) + 3\psi_P \cdot C \cdot h_0^2 \cdot \chi \right). \quad (1)$$

Здесь $\psi_{тр}$ – конструктивный коэффициент массы треугольного опоры; $\psi_п$ – конструктивный коэффициент массы поясов опоры; γ – плотность стали; H – высота опоры; R_y – расчетное сопротивление стали; γ_c – коэффициент условия работы поясов опоры; N – продольное усилие в опоре; M – значение изгибающего момента; h_0 – высота поперечного сечения опоры; n=1 для опоры с раскосной решеткой; n=2 – для опор с треугольной решеткой; $k_п$ – коэффициент учитывающий продольный изгиб; m=tgα, где α – угол наклона раскоса; $\psi_р$ – конструктивный коэффициент массы решетки; $C = \frac{\mu^2}{n_c \cdot \lambda_{пред}}$, где μ – коэффициент приведения расчетной длины; $\lambda_{пред}$ – предельное значение гибкости стержня решетки; $\chi = \frac{(1+m^2) \cdot \sqrt{1+m^2}}{m^2}$ – для опор с треугольной решеткой; $\chi = \frac{\left(m+\sqrt{1+m^2}\right) \cdot (1+m^2)}{m^2}$ – для опор с раскосной решеткой.

В выражение массы опоры присутствует высота поперечного сечения (h_0) и угол наклона раскоса (α), задаваемый как m=tgα. Поэтому для нахождения оптимальной высоты сечения опоры (h_{opt}) необходимо взять производную, т.е. dG/dh=0, откуда:

$$h_{opt} = \sqrt[3]{\frac{\psi_{\Pi} \cdot m^2 \cdot M}{2 \cdot \gamma_c \cdot R_y \cdot \left(n \cdot \psi_{\Pi} \cdot k_{\Pi} + \psi_P \cdot m^2 \cdot \chi \cdot C\right)}}. \quad (2)$$

На рис. 2 приведен график зависимости массы от высоты поперечного сечения опоры. График составлен для примера в табл.

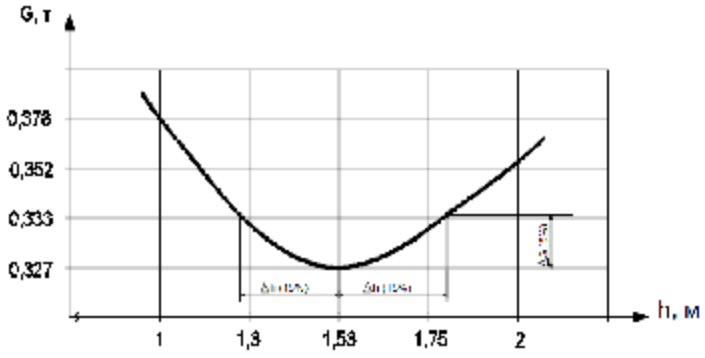


Рис. 2. График зависимости массы опоры от высоты поперечного сечения

Таблица параметров для рассмотренного примера.

Таблица

Высота опоры H	20 м
Эквивалентная равномерно распределенная ветровая нагрузка	50 кг/м
Сосредоточенная горизонтальная нагрузка на высоте 15 м	300 кг
Опора выполнена из стали класса с треугольной решеткой	С245
Сечение элементов опор	стальная труба
$\psi_{тр}$=1,1; $\psi_п$=1,05; $\psi_р$=1,05; n=2; R_y=2450кг/см^2; γ_c=1; ξ=2.828; $k_п$=3,2*10^{-5}; m=1; n_c=1; c=0.66*10^{-5}; M_{max}= 14,5 т*м; h_{opt}=153 см (при m=1)	

Из графика (рис. 2) следует, что отклонение высоты сечения опоры от оптимального значения на ±15 % изменяет массу опоры на 5 %. Это позволяет при назначении окончательной высоты сечения опоры применить ее с учетом других технологических факторов.

Другим геометрическим параметром, влияющим на массу опоры, является угол наклона раскосов. Оптимальное значение этого параметра найдем, также взяв производную по массе опоры (1) подставив в ее значение ξ. Из решения уравнений полученных из условия dG/dm=0 получим уравнения для нахождения оптимального значение угла наклона раскосов, а именно:

- для опор с треугольной решеткой:

$$(m^2 - 2)\left(\sqrt{m^2+1}\right) - A_1 = 0; \quad (3)$$

- для опор с раскосной решеткой:

$$(m^2 - 2)\left(\sqrt{m^2+1}\right) + m(m^2 - 1) - A_1 = 0, \quad (4)$$

здесь

$$A_1 = \frac{\gamma_П n k_П}{\gamma_p C}. \quad (5)$$

Для практических расчетов оптимальный угол наклона раскосов целесообразно выполнить по приведенным графикам (рис. 3-4).

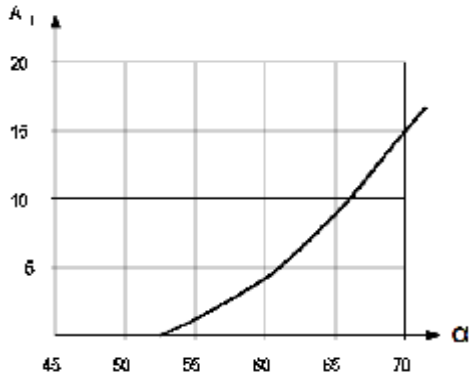


Рис. 3. График для определения оптимального угла наклона для опор с треугольной решеткой

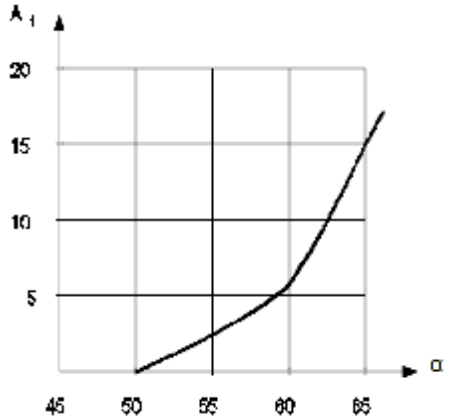


Рис. 4. График для определения оптимального угла наклона для опор с треугольной решеткой

Для рассмотренной в таблице опоры значение A_1=9,7, поэтому значение оптимального угла наклона согласно приведенных графиков для опор с треугольной решеткой равна $\alpha_{опт}=68^o$, а для опор с раскосной решеткой $\alpha_{опт}=63^o$. Оптимальная высота сечения при оптимальном угле наклона раскоса 68° против 45° как в примере с 153 см до 149 см.

Выводы

Получена формула для определения оптимальной высоты опор треугольного поперечного сечения. Для определения оптимального угла наклона раскосов получены аналитические условия и графики.

Список библиографических ссылок

1. Кузнецов В.В. Металлические конструкции. В 3 т., Т. 3. – М.: изд-во АСВ, 1999. – 528 с.
2. Сабитов Л.С., Хамидуллин И.Н. Оптимальные стальные многогранные опоры воздушных линий электропердачи // Сборник материалов конференции молодых ученых «Молодежь и инновации Татрстана» 22-23 октября 2015 г. – С. 35-38.
3. Сабитов Л.С., Кузнецов И.Л., Хамидуллин И.Н. Разработка и исследование опор для ветрогенераторных установок. // Научный вестник ВГАСУ. Строительство и архитектура. – Воронеж, № 2 (38). – С. 34-40.
4. Сабитов Л.С., Кузнецов И.Л., Бадертдинов И.Р. Разработка и исследование решетчатых трехгранных опор // Материалы 14-ой международной научно-технической конференции «Эффективные строительные конструкции: теория и практика». – Пенза, 2014. – С. 15-17.
5. Патент РФ № 2378469. Трехгранная решетчатая конструкция // Кузнецов И.Л., Сабитов Л.С., Бадертдинов И.Р. МПК E04H12/10.Бюл. № 1 от 10.01.2008.
6. Патент РФ по заявке № 2015105647/03. Трехгранная решетчатая опора. // Кузнецов И.Л., Сабитов Л.С., Бадертдинов И.Р. Положительное решение от 15.01.2016.
7. Сабитов Л.С., Кузнецов И.Л., Пеньковцев С.А. Выбор рационального типа поперечного сечения опор // Приволжский научный журнал, 2014, № 4 (32). – С. 90-94.
8. Сабитов Л.С., Кузнецов И.Л., Бадертдинов И.Р. К вопросу о рациональном типе поперечного сечения опор // Энергетика Татарстана, 2016, № 1. – Казань. – С. 47-51.

Badertdinov I.R. – researcher
E-mail: ilnar.badertdinov@gmail.com
Kuznetsov I.L. – doctor of technical sciences, professor
E-mail: kuz377@mail.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Optimal geometrical parameters of trihedral steel support's cross section

Resume

The article deals with steel triangular lattice towers with a triangular or diagonal bar for the construction of supports of transmission lines, poles wind generator installations, supports for the placement of lighting equipment. For these constructions have become consumption depends on the geometric parameters of cross-section. Therefore, to reduce the consumption of steel must be assigned the optimal value of parameters such as the height of the cross-section, angle braces. For these supports an analytical expression of the masses. From the condition of a minimum weight a formula for determining the optimal height of the cross-section triangular lattice towers received. The equations and the graphs allow to determine these parameters to determine the optimal tilt angle braces and supports a triangular lattice truss. The value of the optimal angle for the supports with a triangular lattice is $\alpha_{opt} = 68^o$, and for bearings with diagonal bars $\alpha_{opt} = 63^o$.

Keywords: trihedral support; analytical expression of weight; bracings's optimal height and angle of an inclination.

Reference list

1. Kuznetsov V.V. Metal Constructions. The 3 volumes, Vol. 3. – M.: Publishing House DIA, 1999. – 528 p.
2. Sabitov L.S., Khamidullin I.N., Optimal steel multifaceted supports of overhead lines elektroperdachi. // Collection of materials of the conference of young scientists «Youth and Innovation Tatrstana» October 22-23, 2015. – P. 35-38.
3. Sabitov L.S., Kuznetsov I.L., Khamidullin I.N. Development and research of supports for wind generator systems // Scientific Bulletin VGASU. Construction and architecture. – Voronezh, № 2 (38). – P. 34-40.
4. Sabitov L.S., Kuznetsov I.L., Badertdinov I.R. Development and research of grid triangular supports. // Proceedings of the 14th International Scientific and Technical Conference «Effective constructions: theory and practice». – Penza, 2014. – P. 15-17.
5. RF Patent № 2378469. Trihedral latticework // Kuznetsov I.L., Sabitov L.S., Badertdinov I.R. IPC E04H12 / 10. Bul. № 1 from 10.01.2008.
6. RF patent under the application № 2015105647/03. Triangular lattice towers. // Kuznetsov I.L., Sabitov L.S., Badertdinov I.R. A positive decision from 01.15.2016.
7. Sabitov L.S., Kuznetsov I.L., Penkovtsev S.A. Choosing the type of cross-section management supports // Volga scientific journal, 2014, № 4 (32). – P. 90-94.
8. Sabitov L.S., Kuznetsov I.L., Badertdinov I.R. On the question of the rational type of cross-section of support // Power of Tatarstan, № 1. – Kazan, 2016. – P. 47-51.

УДК 264.042.41
Куприянов В.Н. – доктор технических наук, профессор
E-mail: kuprivan@kgasu.ru
Альтапов С.Р. – студент
E-mail: earlaltapov@mail.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1

Моделирование ветровых воздействий изменением формы здания

Аннотация

Воздействие ветра на городскую застройку проявляется усилением проветривания или образованием «ветровой тени», т.е. застойных явлений, возникновением ветрового дискомфорта в пешеходных зонах за счет повышенных скоростей и образованием воздушных вихрей. Традиционное воздействие ветра проявляется как ветровая нагрузка на здания.

С использованием компьютерных программ анализируется изменение ветрового давления на здания различных форм. Показаны траектории ветровых потоков и изменение скоростей ветра при обтекании зданий различных форм.

Ключевые слова: скорость ветра, ветровое давление, траектории ветровых потоков, форма здания, компьютерные программы.

Анализ и учет ветровых потоков в городской застройке является весьма сложной и, в настоящее время, малоизученной проблемой. В городской среде возникают проблемы аэрации застройки, т.е. продуваемости территории застройки для исключения застойных явлений или защите ее от ветра [1]; возникают зоны с ветровым дискомфортом в пешеходных зонах за счет высоких скоростей или образованием воздушных вихрей [2]. Городская застройка приводит к уплотнению воздушных потоков и повышению скоростей ветра в пешеходных зонах, а при сезонном изменении преобладающих направлений ветра ветровой дискомфорт может возникнуть в других участках застройки. Следовательно, проект городской застройки должен учитывать не только величину скорости ветра, но также сезонные изменение преобладающих направлений ветра. Возникают проблемы расчета располагаемого напора для обеспечения естественного воздухообмена в помещениях зданий [3, 4].

Здания размещают в городской среде в соответствии с градостроительной ситуацией, как правило, без учета годового хода преобладающих направлений ветра. Направление преобладающих ветров изменяется в течение года, в связи с чем, ветровая нагрузка на здания будет иметь различный вектор. Так, например, в Казани в зимний период преобладают южные (28 %) и юго-восточные (20 %) ветры, в то время как в летний период преобладают северо-западные (18 %) и северные (16 %) ветры. В связи с этим фасады зданий, обращенные к этим направлениям, будут подвержены различной ветровой нагрузке, а несущая система здания будет подвержена многократной нагрузке с диаметрально противоположным вектором.

Классические задачи по определению ветровых нагрузок на здания также нельзя считать окончательно решенными [5, 6]. При расчете ветровых нагрузок возникают сложности с определением аэродинамических коэффициентов для зданий сложных форм, для которых эти коэффициенты не предусмотрены в СП 20.13330.2011 «Нагрузки и воздействия».

В рамках одной статьи невозможно осветить все перечисленные проблемы ветровых воздействий на городскую застройку и отдельные здания. В связи с чем в настоящей работе рассмотрено изменение ветрового давления на здание при изменении его формы.

В последние годы увеличивается проектирование и строительство высотных зданий и возникает множество проблем при их проектировании. Одной из таких проблем является оценка ветровых нагрузок на здания сложных форм. В этом случае одни участки фасада могут быть расположены под прямым углом к направлению ветра, другие – под различными углами. То есть одни участки будут испытывать максимальное ветровое давление, другие – лишь часть от максимального, третьи могут оказаться в зоне разряжения и испытывать отрицательное давление (т.е. разряжение).

При оценке ветровых воздействий на здания используют различные методы. Это расчет ветровых нагрузок по СП 20.13330.2011 «Нагрузки и воздействия». Экспериментальные методы путем «продувания» модели здания в аэродинамических трубах или численные методы моделирования ветровых воздействий с использованием различных пакетов прикладных программ [7].

В расчетных методах по СП возникают трудности с оценкой аэродинамических коэффициентов зданий сложных форм. Испытание модели зданий в аэродинамических трубах технический сложно, затратно и продолжительно по времени. В связи с этим все большее использование находят численные методы анализа ветровых воздействии [8].

Для этих целей используют различные компьютерные программы CFD моделирования: ANSIS CFX, Autodesk Flow Design и др., основанные на численном решении систем уравнений, отражающих общие законы аэрогидродинамики.

Анализ ветровых нагрузок проведен на двух 30-ти этажных зданиях высотой 98,7 метров. Первое здание (1) имеет традиционную форму в виде параллелепипеда, у второго (2) плоскости фасада имеют сложную форму, отдельные участки которого встречают ветровой поток под разными углами.

На рис. 1 приведены модели испытуемых зданий, геометрия которых создана в программном комплексе «SketchUp 2015».

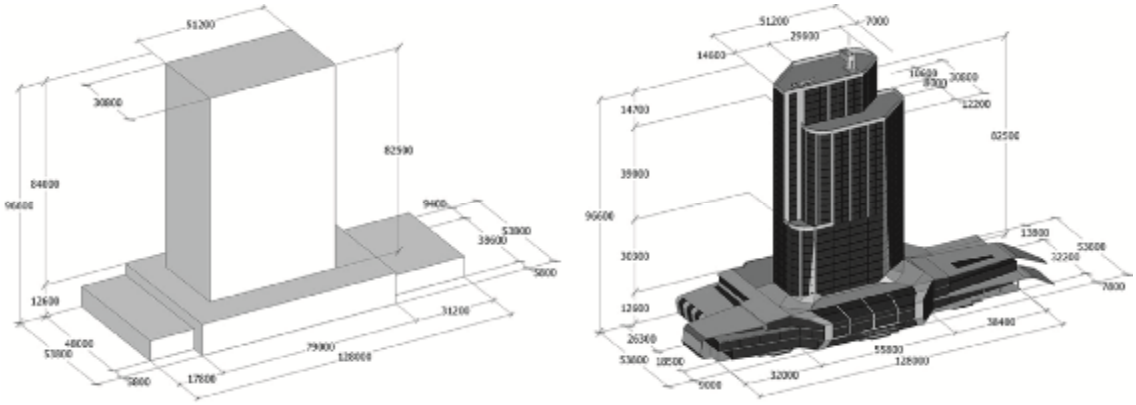


Рис. 1. Геометрия моделей зданий

Генерация конечно-элементных моделей воздушного объема зданий выполнена в программном комплексе «Autodesk Flow Design 2015». Этот комплекс выполняет генерацию конечно-элементной модели автоматический и в приемлемые сроки. Комплекс позволяет получить полную информацию о ветровых воздействиях на здание: ветровое давление (или разряжение) на различных участках фасада (Па); скорость ветровых потоков (м/с) и их траектории при обтекании здания.

Использованный метод позволяет без больших затрат изменять геометрию здания или его отдельных частей и корректировать ветровые воздействия.

Традиционный анализ ветровых воздействий на здание выполняется в 2-х мерной задаче, «в плане» и «в разрезе». Для исследуемых зданий эти результаты представлены на рис. 2-3.

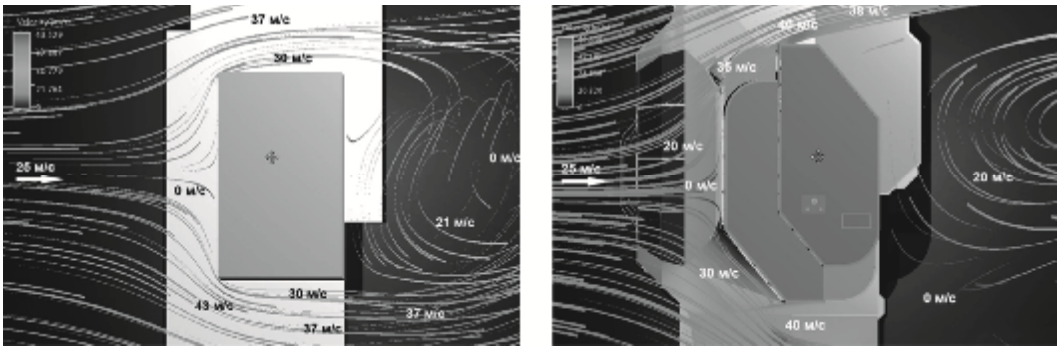


Рис. 2. Траектория воздушных потоков при обтекании зданий «в плане»

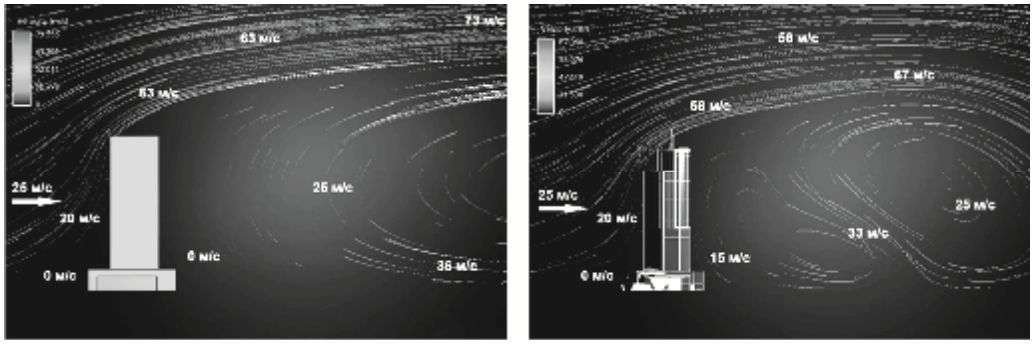


Рис. 3. Траектория воздушных потоков при обтекании зданий «в разрезе»

Можно видеть различие траекторий воздушных потоков, их скоростей и зон турбулентностей за зданием. Скорость воздушных потоков при обтекании зданий возрастает в 1,5-2 раз. Отличается различие в зонах турбулентности за зданиями «в плане» и «в разрезе». У здания 1 отмечается одно завихрение вдали от здания «в разрезе» и сложное завихрение непосредственно у здания. У здания 2 – одно завихрение «в плане» и два завихрения «в разрезе».

Такие различия в обтекании зданий «в плане» и «в разрезе» можно объяснить особенностями расчетного комплекса. Можно предположить, что расчетный комплекс при решении плоской задачи вычленяет только горизонтальные или только вертикальные потоки воздуха. Совместный учет вертикальной и горизонтальной составляющей ветрового потока при плоских задачах не происходит. С этой точки зрения расчетный комплекс «Autodesk Flow Design 2015» при решении плоских задач не дает объективной оценки.

Наиболее объективную оценку программный комплекс дает при решении 3-х мерной задачи, рис. 4-5.

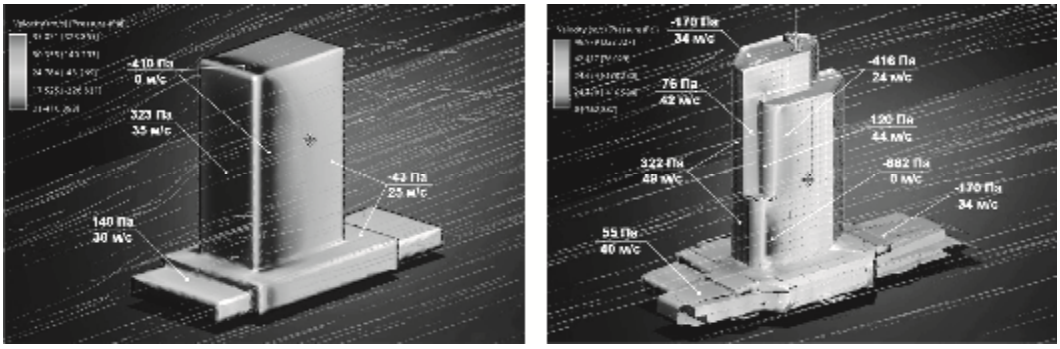


Рис. 4. Распределение давлении, траектории и скорости воздушных потоков при обтекании зданий с торцевого фасада

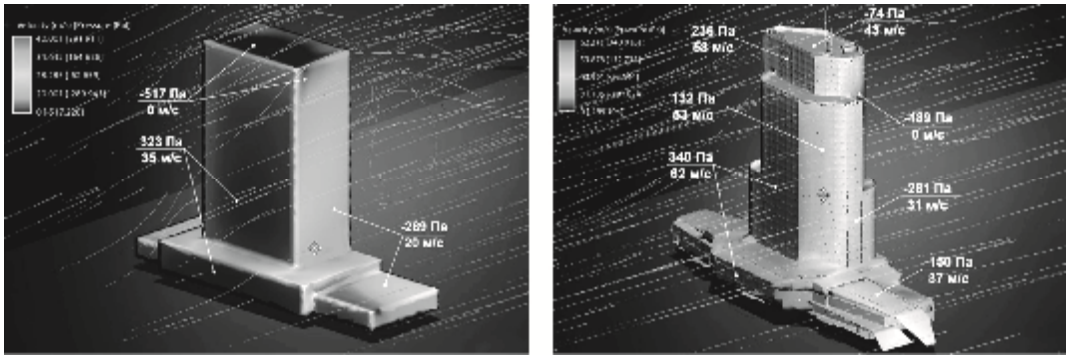


Рис. 5. Распределение давлении, траектории и скорости воздушных потоков при обтекании зданий с главного фасада

Можно видеть, что у здания 1 зона турбулентности за зданием в 3-х мерном решении не проявляется так явно, как в 2-х мерной задаче, а у здания 2 зона турбулентности не проявляется совсем. Участки фасада, расположенные нормально к линии ветрового потока, имеют одинаковые или близкие значения ветрового давления, хотя и занимают различные по площади участки (322, 323, 340 Па). Скорости ветра в этих участках выше, чем при 2-х мерных задачах. Решение 3-х мерной задачи позволяет получить величину давления (или разряжения) практический в любой точке фасада.

Таким образом, изменяя форму здания и его отдельных участков на геометрических моделях можно регулировать или снижать ветровое давление на здания.

Список библиографических ссылок

1. Серебровский Ф.Л. Аэрация жилой застройки. – М.: Стройиздат, 1971. – 112 с.
2. Симиу Э., Сканлан Р. Воздействие ветра на здания и сооружения / Перевод с английского Б.Е. Маслова, А.В. Швецовой. – М.: Стройиздат, 1984. – 360 с.
3. Реттер Э.И., Стриженов С.И. Аэродинамика зданий. – М.: Стройиздат, 1968. – 240 с.
4. Реттер Э.И. Архитектурно-строительная аэродинамика. – М.: Стройиздат, 1984. – 240 с.
5. Гордеев В.Н., Лантух-Лященко А.И., Пашинский В.А., Пичугин С.Ф. Нагрузки и воздействия на здания и сооружения. – М.: Издательство АСВ, 2009. – 528 с.
6. Савицкий Г.А. Ветровая нагрузка на сооружения. – М.: Стройиздат, 1972. – 110 с.
7. Дубинский С.И. Численное моделирование ветровых воздействий на высотные здания и комплексы. – М.: МГСУ, 2010. – 198 с.
8. Пузырев П.И., Оленьков В.Д. Моделирование ветровой нагрузки на уникальные здания на примере церкви Покрова Пресвятой Богородицы. – Челябинск: ЮУрГУ, 2014. – 87 с.

Kupriyanov V.N. – doctor of technical sciences, professor
E-mail: kuprivan@kgasu.ru
Altapov S.R. – student
E-mail: earlaltapov@mail.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Modeling of wind actions by changing of a form of the building

Resume

Analysis and accounting of wind effects on the urban environment and detached, especially high-rise buildings is difficult, but at the same time poorly studied problem.

The article defines the problem which should be solved in the design of the urban environment and high-rise buildings.

Particular attention is paid to the regulation value of wind pressure on the high-rise building by changing the shape of buildings, consequently, the angle between the wind direction and the plane of different sections of the facade.

Using software analysis shows wind pressure to different portions of the facade and the change of wind pressure on buildings of different shapes. Showing trajectory of wind currents and changing wind speeds in the flow of buildings of different shapes. Conclusions on the results obtained.

Keywords: wind speed, wind pressure, trajectories of wind streams, building form, computer programs.

Reference list

1. Serebrovsky F.L. Aeration residential developments. – M.: Stroyizdat, 1971. – 112 p.
2. Simiu E., Scanlan R. Wind effects on structures. – M.: Stroyizdat, 1984. – 360 p.
3. Retter E.I., Strizhenov S.I. Aerodynamics of buildings. – M.: Stroyizdat, 1968. – 240 p.
4. Retter E.I. Architecture and building aerodynamics. – M.: Stroyizdat, 1984. – 240 p.
5. Gordeev V.N., Lantuh-Lyachenko A.I., Pashinsky V.A., Pichugin S.F. Loads and effects on buildings and structures. – M.: ASV, 2009. – 528 p.
6. Savitsky G.A. Wind loads on structures. – M.: Stroyizdat, 1972. – 110 p.
7. Dubinsky S.I. Simulation of wind actions on high-rise buildings. – M.: MSUCE, 2010. – 198 p.
8. Puzyrev P.I., Olenkov V.D. Modeling of wind load of unique buildings on the example of Church of the Intercession of the Holy Virgin. – Chelyabinsk: SUSU, 2014. – 87 p.

УДК 69.059
Ладнушкин А.А. – кандидат технических наук, технический директор
Авхадеев Р.Р. – инженер
Хасанов Р.М. – генеральный директор
Садыков Р.Р. – инженер
E-mail: sic_expertiza@mail.ru
ООО Специализированный инженерный центр «Экспертиза»
Адрес организации: 420111, Россия, г. Казань, ул. Профсоюзная, д. 17в

Модернизация дымовых промышленных труб нефтеперерабатывающих производственных комплексов

Аннотация

Непрерывный рост как количественного, так и качественного совершенствования производства нефтехимических производств определяет необходимость в модернизации и техническом перевооружении, что влияет на физические и геометрические параметры существующих строительных сооружений. В статье рассматривается вопрос модернизации промышленных труб нефтеперерабатывающих производственных комплексов, необходимой для соответствия новым технологическим процессам. Данная проблема может быть решена реконструкцией дымовой трубы с устройством внутреннего газоотводящего ствола, подтвержденная практическим применением на действующем производстве. Работы по монтажу газоотводящего ствола велись по технологии бескранового монтажа без использования стандартных стреловых кранов ввиду стесненных условий прилегающей площадки. В рамках проведения плановых работ по комплексному обследованию и экспертизе вновь установленной дымовой трубы в период с момента возведения по наши дни сделаны выводы о пригодности к дальнейшей эксплуатации и целесообразности устройства газоотводящего ствола.

Ключевые слова: модернизация промышленных предприятий, монтаж газоотводящего ствола, дымовая труба, реконструкция дымовой трубы.

Существующие нефтехимические предприятия в России в рамках технического перевооружения и капитального ремонта регулярно модернизируют свое производство в соответствии с требованиями, диктующимся научно-техническим прогрессом современности. В силу этих обстоятельств, происходит увеличение и уменьшение мощностей установок и оборудования, параметры которых определяют новые конструктивные решения сооружений, неразрывно связанных с технологией основного производства. В данной статье рассматривается вопрос модернизации промышленных труб нефтеперерабатывающих производственных комплексов на примере ОАО Нижнекамского НПЗ.

Изначально дымовая труба цеха КГСД ОАО Нижнекамского НПЗ запроектирована железобетонной с футеровкой шамотным кирпичом № 3 класса «Б» II сорта, с диаметром устья $Д_о$=4,2 м, высотой Н=100 м, проектировалась с расчетными параметрами на удаление дымовых газов: температура отводимых газов t=140-300 ^{0}С, агрессивные составляющие в отводимых газах в % по объему SO =0,43 %.

По результатам комплексного обследования и экспертизы промышленной безопасности причинами выявленных дефектов и повреждений является несоблюдение температурно-влажностных, газовых и аэродинамических режимов дымовой трубы при эксплуатации (труба по объему отводимых газов нагружена на 10-15 % от проектных значений), некачественное выполнение бетонных работ при строительстве: недостаточное уплотнением бетонной смеси, смещением опалубки и плохая обработка рабочих швов бетонирования. Негативно сказалось и отсутствие консервации дымовой трубы в период с 1983 г. по 2002 г. Техническое состояние дымовой трубы на момент обследования было квалифицированно как ограниченно работоспособное.

В связи с недопустимо низкими нагрузками по объему дымовых газов Заказчику было предложено разработать мероприятия по теплотехнической наладке

технологических агрегатов (установок) или разработать проект реконструкции дымовой трубы с устройством внутреннего газоотводящего ствола.

Нарушения проектного режима эксплуатации дымовой трубы приводят к значительному выпадению конденсата на футеровке с фильтрацией в наружных слоях железобетонного ствола, образование в зимнее время наледей и вымораживания железобетонной конструкции. Во избежание дальнейшего разрушения несущего железобетонного ствола было предложено устройство внутреннего металлического газоотводящего ствола.

Общий вид трубы представлен на рис. 1. Работы по монтажу газоотводящего ствола велись по технологии бескранового монтажа без использования стандартных стреловых кранов [2].

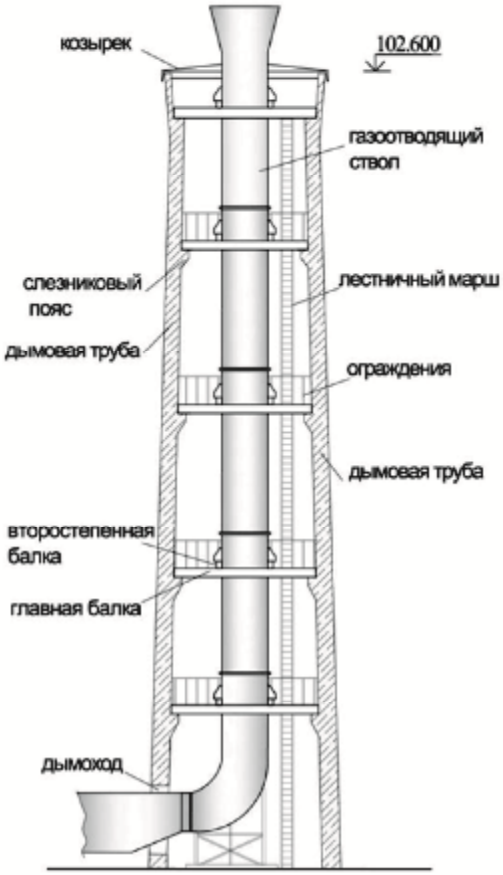


Рис. 1. Общий вид установленного нового ствола трубы

Расчетными для данного ствола являлись следующие параметры:

- минимальная температура дымовых газов на входе в трубу 160 ^{0}C;
- максимальная температура дымовых газов на входе в трубу 200 ^{0}C;
- объем отводимых газов (при 180 ^{0}C и влажности 18 %.): min-25000 м^3/час, max-105000 м^3/час;
- состав дымовых газов: H – 103,5 кмоль/час; N – 2,89 кмоль/час; CO – 252,87 кмоль/час; CO – 55,72 кмоль/час; CH – 102,78 кмоль/час;

По проекту ствол был поделен на секции по отметкам 15.000; 27.500; 35.000; 50.000; 65.000; 80.000, каждая из которых опирается на собственные грузовые балки. Сопряжения секций выполнены в виде сальниковых компенсаторов с заполнением зазоров асбестошнуром марки ШАОН.

При определении диаметра внутреннего металлического газоотводящего ствола одним из условий является отсутствие избыточного статического давления дымовых газов в стволе.

Критическая скорость, при которой в цилиндрическом стволе трубы не будет избыточного давления, выражается формулой [1]:

$$W_{кр}=\sqrt{2g(\frac{g_в}{g_г}-1)D^0/l}, \quad (1)$$

где g – ускорение силы тяжести (9,81 м/сек);
$\gamma_в$ – плотность воздуха (при t=26° С, γ = 1,185);
$\gamma_г$ – плотность воздуха (при t=150° С, γ = 0,85);
D^0 – диаметр металлического ствола (равен 1,3);
λ – коэффициент трения, равный 0,02.

При стабильном режиме работы оборудования наиболее неблагоприятные условия дымовой трубы имеют место в летние месяцы, когда уменьшается динамический напор. При расчете критической скорости дымовых газов необходимо также учесть то обстоятельство, что металлический ствол не теплооизолирован и температура дымовых газов на выходе из трубы в этом случае будет на 40-50 °С ниже температуры на входе в трубу, т.е. не 170 °С, а 130-140 °С. В расчете следует принимать t газов ~ 150 °С, а не 177 °С:

$$W^{кр}_{ц}=19,6 \text{ м/с}.$$

Критерий Рихтера R≤1,0, по которому устанавливается наличие избыточного статического давления в газоотводящем стволе, в данном случае, при указанных параметрах дымовых газов и диаметре ствола 1,3 м.

$$R=\frac{l\cdot h_g}{D_{gc}D_d}=\frac{0,02\cdot 20,97}{0,300\cdot 1,3}=1,08, \text{ что больше 1,0}, \quad (2)$$

где

$$h_g=\frac{g_{rc}\cdot W_d^2}{2g}=\frac{0,85\cdot 22^2}{19,62}=20,97 \text{ кг/м}^2, \quad (3)$$

$$W_\delta=\frac{\frac{105000 м}{час}}{3600\cdot 0,785\cdot 1,3^2}=22 \text{ м/с}. \quad (4)$$

В зимний период, когда минимальная температура наружного воздуха равна минус 25 °С газоотводящий ствол будет находиться под разряжением:

$$R=\frac{0,02\cdot 20,97}{0,574\cdot 1,3}=0,56<1. \quad (5)$$

Установка диффузора на выходе из трубы позволяет увеличить нагрузку на трубу на 40-50 % без появления в ней избыточного статического давления и снизить расход электроэнергии на транспорт дымовых газов, а также уменьшить стоимость газоотводящего ствола за счет меньшего диаметра ствола. Результат в практическом применении показан на рис. 2.

При высоте диффузора 1,6 м и раскрытием 1,7 м/1,3 м=1,31 скорость дымовых газов из диффузора снизится с 22 м/с до 12,9 м/с и тем самым пропускная способность газоотводящего тракта будет достаточной для компенсации дополнительных нерасчетных объемов удаляемых газов и более низкой температуры газов.

Толщина стенки ствола принята 5 мм, диффузора – 6 мм. При длине отдельных секций не превышающей 20,0 м и коррозионном износе, как показывает опыт эксплуатации, 0,05-0,08 мм/год при удалении дымовых газов от сжигания природного газа с температурой превышающей температуру точки росы белее чем на 100 °С, эксплуатационный ресурс металлического ствола составляет не менее 30 лет.

Конструкция сальникового компенсатора имеет четырехкратный запас на компенсацию теплового роста секции. В конструкции компенсатора не предусмотрена защита уплотнения компенсатора от воздействия разрежения или избыточного давления в трубе, а также нарушения положения жгутов при цикличных изменениях теплового состояния металлического ствола трубы.

Рис. 2. Установленный диффузор газоотводящего ствола

При реконструкции трубы предусматривается сохранение существующей футеровки дымовой трубы и теплоизоляции. Данное решение позволяет обеспечить улучшение температурного состояния железобетонной несущей оболочки дымовой трубы. Внутренний металлический газоотводящий ствол исключает контакт дымовых газов с футеровкой, и в наиболее неблагоприятном положении будет находиться верхнее звено футеровки и оголовок железобетонного ствола, защита которых от атмосферных осадков в проекте не предусмотрена. Для этого должна быть выполнена кровля трубы не препятствующая в то же время естественной вентиляции межтрубного пространства.

Увеличение нагрузки от газоотводящего ствола, площадок обслуживания, лестниц и других металлоконструкций на железобетонный ствол дымовой трубы составляет 30 тонн, что не превышает 1 % от массы ствола трубы. Дополнительное напряжение сжатия в бетоне менее 5 % точности расчета несущей способности ствола трубы.

Дополнительных мероприятий по усилению фундамента дымовой трубы не требуется вследствие незначительного увеличения дополнительных нагрузок, которые частично компенсированы демонтажем разделительной стенки и перекрытия трубы.

В рамках проведения плановых работ по комплексному обследованию и экспертизе дымовой трубы в 2010 г. и 2015 г., проведенными специалистами, можно сделать выводы:

· Проект реконструкции дымовой железобетонной трубы высотой 100,0 м диаметром устья 4,2 м цеха КГСМ ОАО «Нижнекамский нефтеперерабатывающий завод», предусматривающий установку внутреннего металлического газоотводящего ствола из стали С245, состоящего из отдельных секций длиной до 20,0 м с опиранием на металлические балки площадок обслуживание, выполнен с соблюдением требований стандартов, норм и правил промышленной безопасности.

· Пропускная способность металлического газоотводящего ствола, имеющего диаметр 1,3 м и диффузор раскрытием 1,7 м достаточна для удаления и выброса в атмосферу дымовых газов от установленного теплосилового оборудования цеха КГСД.

· Газоотводящий металлический ствол из стали С245 при толщине стенки 5 мм и слабоагрессивной парогазовой среде будет иметь эксплуатационный ресурс не менее 30 лет. Газоотводящий столб имеет высокую ремонтопригодность.

· Принятая в проекте система подвески секций металлического ствола, имеющего два опорных узла, наименее подвержена несимметричным деформациям конструкций трубы.

· Железобетонный ствол и фундамент дымовой трубы не требуют компенсирующих мероприятий в связи с увеличением нагрузок от металлического внутреннего ствола ввиду малых дополнительных нагрузок.

· Из десятилетнего опыта наблюдения можно сделать вывод, что устройство газоотводящего ствола при модернизации дымовых труб позволило значительно продлить ресурс сооружения при этом значительно снизить затраты на текущий и капитальный ремонт.

Список библиографических ссылок

1. Мочан С.И. Аэродинамический расчет котельных установок (нормативный метод). – Л.: Энергия, 1977. – 256 с.
2. Юдина А.Ф., Ладнушкин А.А. Разработка контруктивно-технологических решений бескранового монтажа при реконструкции промышленных зданий // Доклады 68-й научной конференции профессоров, преподавателей, научных работников, инженеров и аспирантов университета, СПбГАСУ, В 5 ч. I. – СПб., 2011. – 240 с.
3. Ельшин А.М., Ижорин М.Н. Дымовые трубы. – М.: Стройиздат, 2001. – 296 с.
4. Дужих Ф.П., Осоловский В.П. Промышленные дымовые и вентиляционные трубы. Справочное издание. – М.: Теплотехник, 2004. – 464 с.
5. Волков Э.П. Газоотводящие трубы ТЭС и АЭС: Энергоатомиздат, 1987. – 280 с.
6. Рихтер Л.А., Гаврилов Е.И. Избыточное давление в дымовых трубах и способы его устранения. Электрические станции, 1974, № 4. – С. 38-41.
7. Захаров И.В. Ремонт газоходов и дымовых труб электростанций. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 112 с.
8. Дужих Ф.П., Ижорин М.Н., Осоловский В.П. Сооружение промышленных дымовых труб: справ. изд. В 3 кн., Кн. 2. Строительство. – М.: Теплотехник, 2007. – 384 с.
9. Акатьев В.А., Ларионов В.И., Милютин Н.П., Сущев С.П. Совершенствование способов и средств внутритрубного неразрушающего контроля функционирующей дымовой трубы. – М., 2012. – 24 с.
10. Яблонько Е.В. Основные проблемы в эксплуатации дымовых труб // Молодой ученый, 2011, № 9 (32). – С. 65-68.

Ladnushkin A.A. – candidate of technical sciences, technical director
Avhadeev R.R. – engineer
Hasanov R.M. – general director
Sadykov R.R. – engineer
E-mail: sic_expertiza@mail.ru
LTD Specialized engineering center «Expertise»
The organization address: 420111, Russia, Kazan, Profsoyuznaya st., 17V

Modernization of industrial chimneys of oil production complexes

Resume

Continuous growth in both quantitative and qualitative improvements in the production of petrochemical plants determines the need for modernization and technical re-equipment, which affects the physical and geometrical parameters of the existing building structures. The article discusses the modernization of industrial pipes of oil refineries industrial complexes needed to meet new technological processes. This problem can be solved by reconstruction of the chimney with internal gas exhaust trunk, confirmed the practical application on current production. Work on installation of the gas exhaust trunk was conducted by gearless installation technology for installation without the use of standard jib cranes due to the cramped conditions of the adjoining sites. As part of the planned works for complex survey and examination of newly installed chimney in the period since the erection of the present day conclusions about the suitability for continued service and expediency of the device of the gas exhaust trunk.

Keywords: modernization of industrial enterprises, editing of gas-outletbarrel, flue, reconstruction of flue.

Reference list

1. Mochan S.I. Aerodynamic calculation of caldron options (normative method). – L: Energija, 1977. – 256 p.
2. Yudin A.F., Ladoshkin A.A. Development of constructive-technological decisions of the gearless installation during the reconstruction of industrial buildings // Proceedings of the 68_{th} scientific conference of professors, teachers, scientific workers, engineers and postgraduate students of the University of Architecture and Civil Engineering, 5 In part I. – SPb., 2011. – 240 p.
3. Elchin A.M., Egorin M.N. Chimneys. – M.: Stroiizdat, 2001. – 296 p.
4. Dugih F.P., Solowski V.P. Industrial chimneys and ventilation pipes. Reference book. – M.: Teplotekhnika, 2004. – 464 p.
5. Volkov Je.P. Flue pipe thermal and nuclear power plants. – M.: Energoatomizdat, 1987. – 280 p.
6. Richter L.A., Gavrilov E.I. Overpressure in the flue pipes and the way to remove it. Electric station, 1974, № 4. – P. 38-41.
7. Zakharov I.V. Repair Flues and chimneys of power plants. – M.: Energoatomizdat, 1991. – 112 p.
8. Dugih F.P., Egorin M.N., Solowski V.P. Construction of industrial chimneys: Ref. ed. 3 b. B. 2. Construction. – M.: Teplotekhnik, 2007. – 384 p.
9. Akatev V.A., Larionov V.I., Miljutin N.P., Sushhev S.P. Perfection of methods and facilities into the pipe of non-destructive control of functioning flue. – M., 2012. – 24 p.
10. Iablonko E.V. Basic problems in exploitation of flues // Young scientist, 2011, № 9 (32). – P. 65-68.

УДК 624.154.5
Мирсаяпов И.Т. – доктор технических наук, профессор
E-mail: mirsayapov1@mail.ru
Шарафутдинов Р.А. – студент
E-mail: rushan.1992@mail.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1

Несущая способность и осадки грунтового основания армированного вертикальными и горизонтальными элементами

Аннотация

Приводятся результаты исследований влияния комбинированного вертикального и горизонтального армирования на напряженно-деформированное состояние, несущая способность и осадки армированного основания. При проведении лотковых испытаний определены деформации грунта в различных зонах основания, в вертикальных и горизонтальных армирующих элементах, осадки основания. На основании полученных результатов построены графики зависимости выше названных параметров от нагрузки. Приводится анализ полученных результатов, который показывает, что при комбинированном армировании увеличивается несущая способность и уменьшаются осадки.

Ключевые слова: вертикальные и горизонтальные армирующие элементы, комбинированное армирование, грунт, осадка, статические нагружения, деформация, напряжение, несущая способность.

Введение

Одним из эффективных способов увеличения прочностных и деформативных свойств грунтов является применение комбинированного армированного грунта, который представляет собой комбинацию грунта, горизонтальных и вертикальных армирующих элементов.

Характеристики грунтов, которые обладают прочностью на сжатие и сдвиг, но не обладают прочностью на растяжение, могут быть значительно улучшены путем введения армирующих элементов, при этом армирующие элементы меняют условия деформирования основания, ограничивая деформации грунтов как в вертикальном, так и в горизонтальном направлении, повышая несущую способность и уменьшая осадки.

В этом случае появляется возможность целенаправленно изменять свойства грунта, получать основания с заранее заданными жесткостными и прочностными характеристиками, без проведения трудоемких и длительных мероприятий по усилению всей толщи грунтов. В настоящее время вопросы несущей способности и осадок комбинированно-армированных оснований практически не изучены.

В связи с этим были проведены ряд лабораторных испытаний в объемном лотке с размерами 1,0х1,0х1,0 м. В качестве грунта использовался песок средней крупности. Вертикальные армирующие элементы моделировались пластиковыми трубками диаметром 7 мм и длиной 200 мм. Горизонтальное армирование моделировалось геосетками с размерами ячейки 50х50 мм. Экспериментальные исследования позволили установить влияние комбинированного армирования на несущую способность и осадки основания фундамента.

Основная часть

Исследования проводились в металлическом лотке объемом со следующими размерами 1,0х1,0х1,0 м. Стенки и днища лотков изготовлены из листовой стали по ГОСТ 19903-74. Для сохранения грунтом заданной влажности между стенками лотка и грунтом была установлена пленка.

На выровненную поверхность грунта устанавливается квадратный жесткий штамп размерами 400х400х40 мм, армированный проволочной арматурой Ø3 Вр-I. Размер штампа для испытаний армированного грунта в лотке подбирался из условий зон распространения напряжений в массиве грунта под подошвой штампа для условий пространственной задачи

классической теории предельного состояния механики грунтов. Согласно этой теории, изолинии напряжений по глубине и по горизонтали, 0,1P должны вписываться во внутреннюю полость лотка. Выполнение этого условия позволяет исключить влияние жестких вертикальных стенок и днища лотка на распространение напряжений в грунтовом массиве под штампом и тем самым, исключить искажение результатов испытания.

Вертикальная нагрузка на основание создавалась с помощью гидравлического домкрата. Величина прикладываемого усилия регулировалась при помощи манометра, соединенного к шлангу домкрата. Нагрузка прикладывалась ступенями по 100 кг, каждая ступень выдерживалась во времени до стабилизации деформации основания менее 0,01 мм за 20 минут.

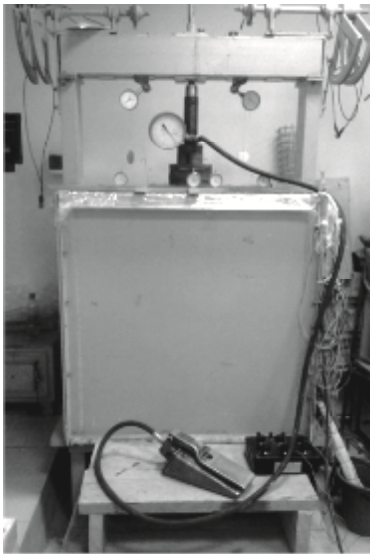


Рис. 1. Внешний вид испытательного стенда

Для исследования поведения основания фундамента с комбинированным армированием была использована теория моделирования.

На основе теории моделирования и анализа результатов пробных экспериментальных исследований вертикальное армирование моделировались полыми пластиковыми трубками диаметром 7 мм, с длиной 200 мм и толщиной стенки 1 мм, горизонтальное армирование моделировалось геосеткой типа А-40 с размерами 50х50 см.

Грунтом основания являлся песок средней крупности (плотность ρ=1,49 кг/м^3; влажность W=4 %; угол внутреннего трегия φ=23,8°; E0=1,3 МПа).

На каждой ступени нагружения после наступления стабилизации фиксировались показания индикаторов часового типа ИЧ, прогибомеров 6 ПАО, а также напряжения в грунтовом основании и усилия возникающие в армирующих элементах.

Давление в грунте определялось с помощью датчиков давления. Датчики давления устанавливались в грунтовое основание по высоте исследуемого массива и подключались к тензометрической станции АИД – 4.

Для определения усилий в армирующих сетках на них были наклеены датчики сопротивления. В качестве клея использовался фенолформальдегидный клей БФ-2.

Проводились испытания по следующей программе:

Испытание № 1: без армирующего элемента;

Испытание № 2: 1 геосетка и вертикальное армирование;

Испытание № 3: 2 геосетки и вертикальное армирование;

Испытание № 4: 3 геосетки и вертикальное армирование;

Испытание № 5: вертикальное армирование и 0 геосеток;

Испытание № 6: 1 геосетка;

Испытание № 7: 2 геосетки;

Испытание № 8: 3 геосетки.

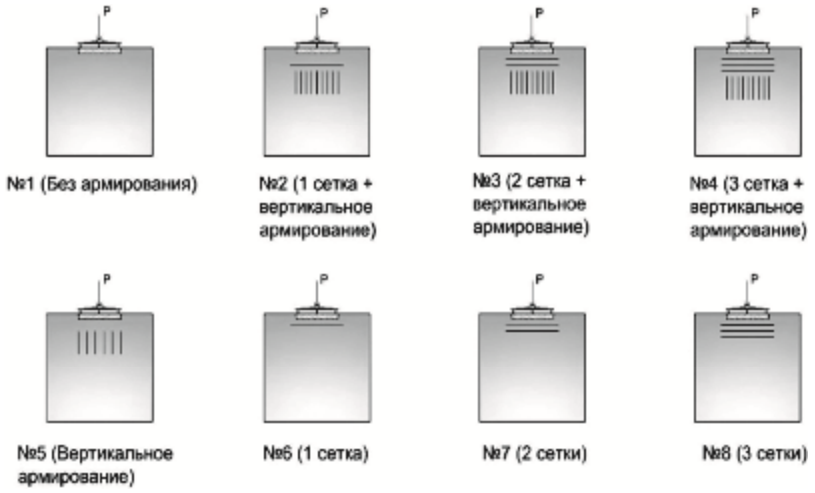


Рис. 2. Серии лотковых испытаний

За предельное состояние принималось достижение осадки штампа (плиты) величины 8 см

На рис. 3 приведены результаты экспериментальных исследований различных вариантов армированного основания и основания без армирования. Оценка влияния армирующих элементов на несущую способность и осадки армированных оснований проводилась путем сравнения с аналогичными характеристиками неармированного основания.

Экспериментальные исследования неармированного основания показали, что зависимость S-P меняется по мере возрастания нагрузки. До значения нагрузки 300 кгс зависимость линейная, затем становится криволинейной. Предельная нагрузка соответствующая осадке 8 см составляет 1500 кгс.

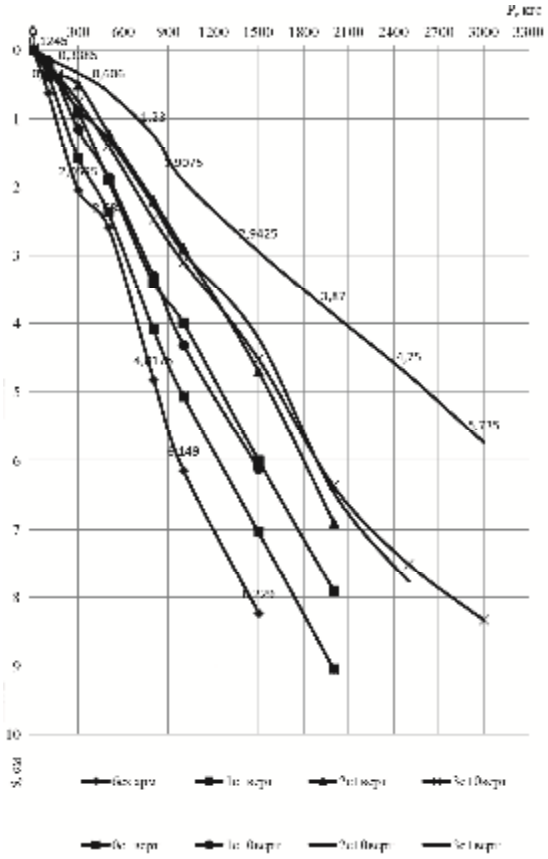


Рис. 3. Изменение осадок грунтового массива при различных типах армирования

Как видно из рис. 4а. распределение напряжений в грунте основания под железобетонным штампом подчиняется общеизвестным закономерностям.

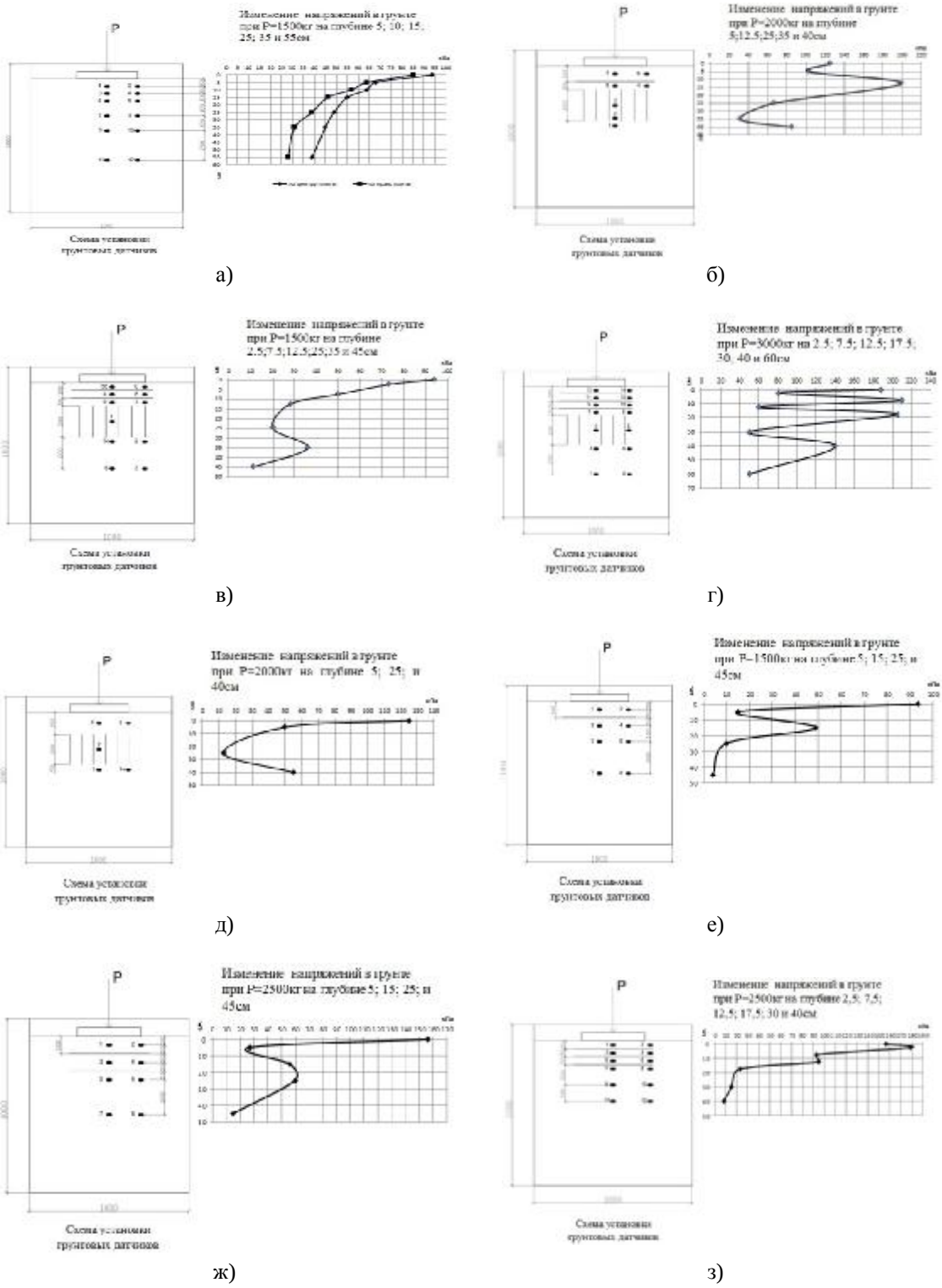


Рис. 4. Эпюры напряжений в грунте при различных типах армирования:
а – неармированный грунт; б – армирование 1-й сеткой и вертикальными элементами;
в – армирование 2-мя сетками и вертикальными элементами;
г – армирование 3-мя сетками и вертикальными элементами;
д – армирование только вертикальными элементами; е – армирование 1-й сеткой;
ж – армирование 2-мя сетками; з – армирование 3-мя сетками

Результаты экспериментальных исследований показывают, что горизонтальное и вертикальное армирование изменяет характер распределения давления в грунте в основании железобетонного штампа (рис. 4). При этом установлено, что напряжения концентрируются в зоне размещения сеток горизонтального армирования и на уровне плоскости, проходящей по острию вертикально армирующих элементов. Максимальные усилия в вертикальных армирующих элементах в нижней зоне.

Несущая способность основания, армированного горизонтальными элементами в разы больше чем несущая способность неармированного основания, осадки при этом уменьшаются 1,5-2,0 раза по сравнению с неармированным основанием. Комбинированное армированное основание увеличивает несущую способность основания на 1,5-3,4 раза, уменьшает осадки основания по сравнению с неармированным основанием.

График зависимости P-S для комбинированного и горизонтального армирования становится практически линейным на всех этапах нагружения (рис. 3.). Штамповый модуль деформации армированного основания до 2-3,2 раза выше штампового модуля неармированного основания (табл. 1).

Таблица 1

Модуль деформации основания, МПа			
Без арм.	1 сетка+верт.арм.	2 сетка+верт.арм	3 сетка+верт.арм.
1,3	4	5,8	8,57
Вертик. арм.	1 сетка (без верт. армирования)	2 сетки (без верт. армирования)	3 сетки (без верт. армирования)
3,46	2,67	3,75	6

Таблица 2

Осадки при различных вариантах армирования

Номер эксперимента	при 1000 кг		При 1500 кг	
№ 1	Без армирования	6,2 см	Без армирования	8,3 см
№ 2	1 сетка + верт.	4 см	1 сетка + верт.	6 см
№ 3	2 сетки + верт.	2,8 см	2 сетки + верт.	4,7 см
№ 4	3 сетки + верт.	1,8 см	3 сетки + верт.	2,9 см
№ 5	0 сеток + верт.	5,1 см	0 сеток + верт.	7,1 см
№ 6	1 сетка + 0 верт.	4,3 см	1 сетка + 0 верт.	6,1 см
№ 7	2 сетки + 0 верт.	2,9 см	2 сетки + 0 верт.	4,2 см
№ 8	3 сетки + 0 верт.	3,1 см	3 сетки + 0 верт.	4,5 см

Заключение

Комбинированное армирование грунтового основания горизонтальными и вертикальными элементами изменяет напряженно–деформированное состояние и условия деформирования основания, ограничивая деформации грунтов, как в вертикальном, так и в горизонтальном направлении. Совместное деформирование всех элементов системы приводит к перераспределению усилий между ними и как следствие увеличивается несущая способность 2-4 раза, уменьшаются осадки 1,5-3,4 раза по сравнению с неармированным основанием (табл. 2).

Список библиографических ссылок

1. Бартоломей, А.А. Механика грунтов. – М.: Изд-во АСВ, 2003. – С. 138-143.
2. Джоунс, К.Д. Сооружения из армированного грунта. Под ред. д-ра техн. Наук В.Г. Мельника. – М.: Стройиздат, 1989. – 268 с.
3. Крутов, В.И. Основания и фундаменты на насыпных грунтах. – М.: Стройиздат, 1988. – 223 с.
4. Тимофеева Л.М. Армирование грунтов (теория и практика применения); Перм. политех, ин-т. Пермь, 1991. – 478 с.
5. Тимофеева, Л.М. Исследование длительной прочности армированного грунта с глинистой матрицей. Основания и фундаменты в геологических условиях Урала: Межвуз. сб. научн. тр. Перм. политехи, ин-т. – Пермь, 1981. – С. 131-134.

6. Татьянников Д.А., Клевеко В.И., Пономарев А.Б. Исследование характера работы песчаного основания армированного разными геосинтетическими материалами на основе штамповых модельных испытаний // Геотехника. Теория и практика: межвуз. тем. сб. тр. – СПб., 2013. – С. 33-42.
7. Справочник геотехника. Основания, фундаменты и подземные сооружения. Под общей ред. В.А. Ильичева и Р.А. Мангушева. – М.: АСВ, 2014. – 728 с.
8. Методические рекомендации по применению нетканых синтетических материалов при строительстве автомобильных дорог на слабых грунтах. СоюзДорНИИ. – М., 1981. – 64 с.

Mirsayapov I.T. – doctor of technical sciences, professor
E-mail: mirsayapov1@mail.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1
Sharafutdinov R.A. – student
E-mail: rushan.1992@mail.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Bearing capacity and precipitation of soil foundations reinforced by vertical and horizontal elements

Resume

The results of researches of influence of combined vertical and horizontal reinforcement on the stress-strain state, carrying capacity and draught reinforced base. The modeling work of the Foundation soil under laboratory conditions was carried out in a bulk tray beneath a square rigid concrete slab. When testing we used a model of geosynthetic nets and plastic tubing. When conducting trough tests identified strain of the soil in different areas of the base, in vertical and horizontal reinforcing elements, precipitation of the base. On the basis of the results obtained, plots of the above mentioned parameters of the load. The analysis of the obtained results, which shows that the combined reinforcement increases the bearing capacity and reduced precipitation. The combined reinforcement of the Foundation soil horizontal and vertical elements changes the stress–strain state and deformation conditions of the base, limiting the deformation of soil in the vertical and in the horizontal direction.

Keywords: vertical and horizontal reinforcing elements, combined reinforcement, soil, sediment, static loading, deformation, stress, bearing capacity.

Reference list

1. Bartholomey A.A. Soil Mechanics. – M.: Publishing House of the DIA, 2003. – P. 138-143.
2. Jones K.D. Constructions of reinforced soil. Ed. Dr. tehn. Sciences V.G. Miller. – M.: Stroyizdat, 1989. – 268 p.
3. Krutov V.I. Foundations in the bulk soil. – M.: Stroyizdat, 1988. – 223 p.
4. Timofeev L.M. The research work of textile reinforcing layer in the ground array. Synthetic textile materials in the construction of highways (SoyuzDorNII Proceedings). – M., 1983. – P. 38-44.
5. Timofeev L.M. Reinforcement of soil (the theory and practice of application); Perm. Polytechnic University, Inst. – Perm, 1991. – 478 p.
6. Timofeev L.M. Research long-term strength of reinforced soil with a clay matrix. Foundations in the geological conditions of the Urals: Hi. Sat. Scien. tr. Perm. Polytechnical Inst. – Perm, 1981. – P. 131-134.
7. Tatyannikov D.A., Kleveko V.I., Ponomarev A.B. The research work of the sandy nature of the base reinforced by different geosynthetic materials on the basis of die model tests // Geotechnics. Theory and Practice: Hi. themes. Sat. Tr. – SPb., 2013. – P. 33-42.
8. Manual geotechnics. Grounds, foundations and underground structures. Under the general editorship. V.A. Ilicheva and R.A. Mangusheva. – M.: ASV, 2014. – 728 p.
9. Guidelines on the application of non-woven synthetic materials in the construction of roads on soft soils. SoyuzDorNII – M., 1981. – 64 p.

УДК 697.34
Ахмерова Г.М. – кандидат педагогических наук, доцент
E-mail: akhmerovaag@mail.ru
Фёдоров А.В. – студент
E-mail: alexallavol@mail.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1

Влияние влажности грунта на тепловые потери теплопроводов в непроходных каналах

Аннотация

Проведён анализ тепловых потерь через изолированную поверхность трубопроводов тепловых сетей для различных режимов работы теплопроводов с постепенным увлажнением грунта от 0 до 48 % при подземной прокладке в непроходных каналах. В результате получена зависимость тепловых потерь от увлажнения грунта, вида тепловой изоляции и режима работы. Полученные результаты сравнены с нормативными значениями.

Ключевые слова: теплоизоляционные материалы, тепловые потери трубопроводов.

Подтопление – больной вопрос для многих городов. Из 1108 городов России подтоплены земли 792 городов. Город Казань пресечён реками Казанка, Нокса, Киндерка, Солонка и 25 % территории находится в состоянии постоянного подтопления. Уровень грунтовых вод в Казани стал намного выше (от 0 до 3 м) после создания в 1957 году Куйбышевского водохранилища. Геологи констатируют: серьезным геологическим вопросом стало строительство метро. Например, в районе станции «Горки» (открыта в 2005 году) метрополитен стал своего рода подземной плотиной [1].

Такие условия существенно влияют на тепловые потери подземных теплотрасс. Общая протяжённость Казанских тепловых сетей – 1 173,0636 км (в однотрубном исчислении), в том числе: магистральные – 259,1 км; распределительные – 913,9 км. Протяжённость водяных тепловых сетей – 1 167,2 км в однотрубном исчислении. Протяжённость паровых сетей – 5,9 км в однотрубном исчислении. Магистральные тепловые сети проложены по городской территории в каналах. Основными источниками отпуска тепловой энергии являются Казанские ТЭЦ – они обеспечивают большую часть тепловой нагрузки города. На ТЭЦ-1, ТЭЦ-2, ТЭЦ-3 температурный график составляет 130/65 °С. Районные котельные «Азино» и «Горки» имеют температурный график 131,5/65 °С, а РК «Савиново» – 131,4/65 °С. Централизованные источники тепла работают автономно на свои тепловые районы и связаны между собой магистральными тепловыми сетями с разделительными задвижками. Потери тепловой энергии в сетях теплоснабжения составляют 8,4 %. Максимальные теплопотери не должны превышать 10 % – это предельный уровень потерь, при котором эффективность централизованного теплоснабжения физически выше, чем децентрализованного. Энергосбережение является одной из первостепенных задач на сегодняшний день, и поэтому исследование влияния увлажнения грунта на тепловые потери подземных сетей теплоснабжения является актуальным.

Расчёты были произведены для различных режимов работы теплопроводов с постепенным увлажнением грунта от 0 до 48 % (изоляция не увлажнена; насыщенную влагой тепловую изоляцию рассматривают авторы [2]).

Теплопроводность грунта так же не является величиной постоянной, она зависит от влажности. Коэффициент теплопроводности грунта резко возрастает по мере увеличения влажности, поскольку теплопроводность воздуха, вытесняемого водой из пор породы, приблизительно в 25 раз меньше теплопроводности воды.

Зависимость коэффициента теплопроводности влажных грунтов от массовой влажности:

- $W_{гр}$=0 %, λгр = 0,33 Вт/(м·°С) – абсолютно сухой грунт;
- $W_{гр}$=16 %, λгр = 0,96 Вт/(м·°С) – влажный грунт (естественная влажность);

- $W_{гр}$=32 %, λгр = 1,33 Вт/(м·°С) – влажный грунт;
- $W_{гр}$=48 %, λгр = 1,63 Вт/(м·°С) – насыщенный водой грунт [3].

Изменение коэффициента теплопроводности грунтов влияет на термическое сопротивление грунта, м°С/Вт:

$$R_{гр}^{к} = \frac{\ln\left[3,5\frac{H}{Г}\left(\frac{Г}{A}\right)^{0,25}\right]}{\left(5,7+0,5\frac{A}{Г}\right)\lambda_{гр}}, \qquad (1)$$

где H – глубина заложения, м, от поверхности земли до оси канала;
A и $Г$ – внутренние размеры канала: A – ширина канала, $Г$ – высота, м;
$\lambda_{гр}$ – коэффициент теплопроводности грунта, Вт/(м°С),
и, следовательно, на температуру воздуха в канале $t_{кан}$:

$$t_{кан} = \frac{\dfrac{t_{в1}}{R_{из1}^{L}+R_{н1}^{L}} + \dfrac{t_{в2}}{R_{из2}^{L}+R_{н2}^{L}} + \dfrac{t_{н}}{R_{кан}+R_{гр}^{к}}}{\dfrac{1}{R_{из1}^{L}+R_{н1}^{L}} + \dfrac{1}{R_{из2}^{L}+R_{н2}^{L}} + \dfrac{1}{R_{кан}+R_{гр}^{к}}}, \qquad (2)$$

где $t_{в1}$, $t_{в2}$ – среднегодовые температуры теплоносителя, °С;
$t_н$ – температура наружной среды, °С;
$R_{из1}^{L}, R_{из2}^{L}$ – термические сопротивления изоляции трубопроводов, м°С/Вт;
$R_{н1}^{L}, R_{н2}^{L}$ – термические сопротивления теплоотдаче от поверхности изоляции трубопроводов, м°С/Вт;
$R_{кан}$ – термическое сопротивление теплоотдаче от воздуха к поверхности канала, м°С/Вт.

Для расчёта тепловых потерь через изолированную поверхность трубопроводов тепловых сетей при подземной прокладке в непроходных каналах были выбраны два типа теплоизоляции: плиты минераловатные на синтетическом связующем М-75 (толщина изоляции с учётом уплотнения $\delta_{из}$=120 мм, коэффициент теплопроводности теплоизоляционного материала в конструкции $\lambda_{из}$ = 0,044 + 0,00021t_m, Вт/(м·°С) и маты из супертонкого стеклянного волокна без связующего толщина изоляции с учётом уплотнения $\delta_{из}$= 150 мм, коэффициент теплопроводности теплоизоляционного материала в конструкции $\lambda_{из}$ = 0,033 + 0,00014t_m, Вт/(м·°С), где t_m – средняя температура теплоизоляционного слоя t_m=0,5 ($\tau_в$ + 40), °С, $\tau_в$ – среднегодовая температура теплоносителя, °С.

Наибольшую долю среди трубопроводов по типу изоляции составляют трубопроводы в минераловатной изоляции, которая является наиболее дешёвой и простой в использовании. Её доля в среднем по России составляет 88 %. В Уральском, Приволжском и Северо-Кавказском федеральных округах 95 % и больше. Лидерами производства минераловатной изоляции в России стали компании «ТЕХНОНИКОЛЬ» и Rockwool. В Татарстане с 2007 года работает завод «ТЕХНО» (г. Заинск), который производит около 140 тыс. тонн теплоизоляционных материалов ежегодно, а в апреле 2012 года в ОЭЗ «Алабуга» запустили завод теплоизоляционных материалов Rockwool объёмом 110 тыс. тонн в год. Rockwool – каменная шерсть, если переводить дословно.

Основное отличие стекловаты от минеральной ваты – длина волокон: средняя длина стекловолокна составляет 5 см, в то время как у минеральной ваты – 1,5 см. Стекловолокнистые изделия (по сравнению с минеральной ватой) имеют большую прочность и отличаются виброустойчивостью.

Диаметр теплопроводов Dy = 500 мм. Тепловая сеть проложена в канале (2410х1105 мм). Грунт – суглинок, средняя плотность грунта 1600 кг/м^3. Средняя за год температура почвы на глубине 1,6 м для города Казань составляет 6,3 °С [4].

Расчётные параметры теплоносителя $t_{01}/t_{02} = 130/65$ °С. В Казанских тепловых сетях, как и во многих городах России, требования обеспечения надёжности теплоснабжения при значительном износе сетей привели к необходимости оптимизации расчётных параметров графика 130/65°С, срезкой 115/65°С (подача/обратка).

Согласно СП 124.13330.2012 «Тепловые сети» в качестве расчётной среднегодовой температуры теплоносителя в подающем/обратном трубопроводе можно принять температуры 65/50°С или рассчитать их по формуле:

$$t_{в} = \frac{(t_{m1}n_1 + t_{m2}n_2 + ¼ + t_{m12}n_{12})}{(n_1 + n_2 + ¼ + n_{12})}, \quad (3)$$

$t_{m1}, t_{m2}, ..., t_{m12}$ – средняя температура воды в подающем и обратном трубопроводе по месяцам, определяемая по графику центрального качественного регулирования в зависимости от среднемесячной температуры наружного воздуха;

$n_1, n_2, ..., n_{12}$ – количество часов по месяцам.

Расчёты проводились для следующих случаев: проектный режим; отсутствие изоляции на обратном трубопроводе; отсутствие изоляции на подающем трубопроводе; отсутствие изоляции на обоих трубопроводах. Результаты расчёта и сравнение удельных тепловых потерь с нормативными сведены в табл. 1-2.

Таблица 1

Сравнение тепловых потерь через изолированную поверхность трубопроводов тепловых сетей при подземной прокладке в непроходных каналах, для тепловой изоляции - плит минераловатных на синтетическом связующем

Влажность грунта, %	Норма плотности теплового потока по СП 61.13330.2012, Вт/м	q, Вт/м, при Dy = 500 мм			
		Проектный режим	Отсутствие изоляции на обратном трубопроводе	Отсутствие изоляции на подающем трубопроводе	Отсутствие изоляции на обоих трубопроводах
0	113	54,88	63,58	122,53	274,44
16		83,39	143,73	250,55	337,6
32		90,24	178,09	305,56	367,33
48		93,90	201,17	342,4	388,41

Примечание: в таблице заштрихованы q, превышающие нормируемые.

Сравнивая полученные результаты, очевидно, что при прокладке в непроходных каналах с изоляцией минераловатными плитами на синтетическом связующем в зависимости от увлажнения грунта тепловые потери теплопроводов условным диаметром 500 мм возрастают в 1,7-2,8 раза, а с изоляцией матами из стеклянного волокна в 1,5-3 раза. Анализ проведённых расчётов свидетельствует, что наиболее оптимальной для подземной прокладки в непроходных каналах является теплоизоляция матами из стекловолокна.

Таблица 2

Сравнение тепловых потерь через изолированную поверхность трубопроводов тепловых сетей при подземной прокладке в непроходных каналах, для тепловой изоляции – матов из супертонкого стеклянного волокна без связующего

Влажность грунта, %	Норма плотности теплового потока по СП 61.13330.2012, Вт/м	q, Вт/м, при Dy = 500 мм			
		Проектный режим	Отсутствие изоляции на обратном трубопроводе	Отсутствие изоляции на подающем трубопроводе	Отсутствие изоляции на обоих трубопроводах
0	113	42,75	60,46	115,47	274,44
16		58,29	138,32	246,87	337,6
32		61,573	171,32	302,93	367,33
48		63,25	193,55	345	388,41

Примечание: в таблице заштрихованы q, превышающие нормируемые

Заключение

Таким образом, получена зависимость изменения эффективности тепловой изоляции трубопроводов и тепловых потерь трубопроводов, в зависимости от влажности грунта, в то время как методики СП 41-103-2000 «Проектирование тепловой изоляции оборудования и трубопроводов» не содержат указаний о порядке учёта увлажнения грунта в различных условиях. Проведено сравнение полученных результатов с нормативными значениями. Естественная влажность суглинков составляет 16 %. Как видно из табл. 1-2, в этом случае тепловые потери проектного режима работы трубопроводов с различной изоляцией не отклоняются от нормы теплового потока через поверхность изоляции для трубопроводов двухтрубных водяных сетей при подземной канальной прокладке по СП 61.13330.2012 «Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов».

Список библиографических ссылок

1. Четверть Казани – в постоянном подтоплении //деловая электронная газета Татрстана. URL: http://www.business-gazeta.ru/article/57844/ (дата обращения: 29.03.2016).
2. Иванов В.В., Букаров Н.В., Василенко В.В. Влияние увлажнения изоляции и грунта на тепловые потери подземных теплотрасс // Новости теплоснабжения, 2002, № 7. – С. 32-33.
3. Теплоснабжение и вентиляция. Курсовое и дипломное проектирование / Под ред. проф. Хрусталёва Б.М. – М.: Изд-во АСБ, 2008. – 784 с.
4. Баляйкина И.В., Витальев В.П., Громов Н.К. Водяные тепловые сети. – М.: Энергоиздат, 1988. – 376 с.
5. Теплоизоляция. Материалы, конструкции, технологии: Справочное пособие / Гл. ред Кочергин С.М. – М.: Стройинформ, 2008. – 440 с.
6. Шойхет Б.М. Основные положения СП 61.13330.2012. Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов // Инженерные системы «АВОК – Северо-Запад», 2013, № 1. – С. 36-39.
7. Ахмерова Г.М., Хисамеев Б.Г. Расчёт теплоизоляции с помощью программы «ТЕХНОНИКОЛЬ» // Сб. научных трудов международной научно-практической конференции «Вопросы образования и науки: теоретический и методический аспекты». – Тамбов, 2015. – С. 140-141.
8. Толстова Ю.И., Туманова А.Э. Проблемы расчёта тепловой изоляции трубопроводов систем теплоснабжения // Сб. научных трудов «Интеграция, партнерство и инновации в строительной науке и образовании». – М.: МГСУ, 2015. – С. 591-596.

Akhmerova G.M. – candidate of pedagogical sciences, associate professor
E-mail: akhmerovaag@mail.ru
Fedorov A.V. – student
E-mail: alexallavol@mail.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

The influence of soil moisture on heat losses of pipes in the impassable channels

Resume

Flooding is a sensitive issue for many cities. 1108 cities of Russia flooded the earth 792 cities. Kazan, dissected by river valleys of the Kazanka River, the Knoxes, Kunderki, Salt, and a quarter of the territory is in a constant state of flooding. Geologists have concluded: the ground water is much higher – the groundwater level from 0 to 3 m. Such conditions can significantly affect heat losses of underground heat. The thermal conductivity of soil is not constant, it depends on the humidity. To calculate heat losses through insulated surface of heat pipelines for underground laying in impassable channels were selected two types of insulation: mineral wool

plates on synthetic binding M-75 and mats from super thin glass fibers without binder. The analysis of heat losses through insulated surface of pipelines of thermal networks for different modes of operation of heat pipes with simultaneous wetting of the soil from 0 to 48 %. The dependence of heat loss from the moisture of the soil, a kind of thermal insulation and modes of operation. Comparison of the obtained results with normative values.

Keywords: heat insulation materials, heat loss piping.

Reference list

1. A quarter of Kazan is in a constant flooding. URL: http://www.business-gazeta.ru/article/57844/free.
2. Ivanov V.V., Bucharov N.V., Vasilenko V.V. The Effect of wetting of the insulation and ground on heat losses of underground heat pipeline // Novosti teplosnabzheniya, 2002, № 7. – P. 32-33.
3. Heating and ventilation. Course and diploma design / Under the editorship of Professor B. M. Khrustalev. – M.: Publishing house ASB, 2008. – 784 p.
4. Balanina I.V., Vitale V.P., Gromov N. To. Water calorific nets. – M.: Energoizdat, 1988. – 376 p.
5. Insulation. Materials, design, technology: reference manual / CH. ed S.M. Kochergin. – M.: Stroyinform, 2008. – 440 p.
6. Shoykhet M.B. Main provisions of the SP 61.13330.2012. Thermal insulation of equipment and pipelines // Inzhenernye sistemy AVOK Severo-Zapad, 2013, № 1. – P. 36-39.
7. Akhmerova G. M., Khisameev B. G., Calculation of thermal insulation by means of the program «TEKHNONIKOL» // Proc. scientific works of the international scientific-practical conference «Education and science: theoretical and methodological aspects». – Tambov, 2015. – P. 140-141.
8. Tolstova Y.I., Tumanova A.E. Problems of calculation of thermal insulation of pipelines of heat supply systems // Proc. scientific papers «Integration, partnership and innovations in construction Sciences and education». – M.: MGSU, 2015. – P. 591-596.

УДК 622.48
Барышева О.Б. – кандидат технических наук, доцент
E-mail: obbars@mail.ru
Хабибуллин Ю.Х. – кандидат технических наук, доцент
E-mail: a0an@mail.ru
Беляева Е.Э. – студент
E-mail: bel.ewgenija@yandex.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1

Эффективность использования отработанного трансформаторного масла в системе отопления нежилых помещений

Аннотация

В качестве нежилого помещения примем для рассмотрения отопление обычной автомастерской или гаража, удаленного от жилых зданий на определенное расстояние.

При проектировании автомастерской для своего автомобиля необходимо учитывать климатические особенности нашего региона, знать, что в неотапливаемом гараже зимой образуется повышенное количество конденсата – это плохо сказывается на состоянии автомобиля, поскольку со временем металл начинает корродировать, образовывая ржавчину на агрегатах и деталях.

При поддержании в гараже в зимний период оптимальной температуры всегда можно легко запустить двигатель, поскольку при отрицательных температурах емкость аккумулятора резко снижается.

Ключевые слова: трансформаторное масло, система отопления, нагреватель, теплоноситель, экономичность.

Современная реальность показывает то, что наличие автомобиля в каждой семье не является роскошью, о нем надо заботиться для того, чтобы период его эксплуатации был максимальным. Но есть факторы, которые мешают длительной эксплуатации авто, а именно, коррозия металлических конструкций машины. От коррозии металла ни одна машина не застрахована. Есть люди, которые по долгу службы должны длительное время находится в гаражном помещении, а это значит, что там надо создать условия комфортного нахождения. Создание микроклимата в гараже является основой [1].

Кроме того, если человеческая деятельность связана с постоянным нахождением в гараже (выполнение ремонтных или других видов работ), то гараж с наличием хоть какой-то отопительной системы необходим в холодное время года.

Существует довольно много разных элементов систем отопления, как для жилых домов, так и для нежилого фонда, например, для автомастерской или просто гаража [2, 3].

В каждой ситуации выбирается наиболее приемлемое решение, как по цене, так и по качеству исполнения, в зависимости от требований заказчика.

Рассмотрим наиболее популярные элементы системы отопления, часто используемые для гаражей и автомастерских.

Сюда можно отнести:

1. отопление твердым топливом;
2. водяное отопление;
3. газовое отопление;
4. электрическое отопление.

Вкратце рассмотрим все перечисленное по отдельности и выявим преимущества и недостатки.

Отопление гаражного помещения или мастерской твердым топливом обычно применяют:

- при невозможности подключения электроэнергии;
- или при отсутствии поблизости газовой магистрали.

Преимущество: низкая цена топлива, простота конструкции отопительного котла и малые его габариты.

Недостатки: отопление твердым топливом – утомительный процесс, поскольку нужен постоянный контроль процесса горения (тления) в зависимости от конструкции отопительного котла. Необходимо следить за периодичностью подачи твердого топлива. Теплоотдача может варьироваться также в зависимости от конструкции котла, так при использовании обычной «буржуйки» теплоотдача низкая, а при использовании котла длительного горения – высокая. И в первом и во втором случае, помещение будет протапливаться неравномерно [4].

Во втором случае используются пиролизные котлы на твердом топливе. На данный момент такие котлы популярны среди населения. Затраты минимальны, конструкций великое множество и у каждой есть свое какое-то преимущество, по сравнению с любой другой.

Пиролизное горение – это высокотемпературный процесс разложения органических соединений, и чтобы термический распад не превратился в обычное сжигание, к материалу, подвергаемому пиролизу, ограничивают искусственно доступ окислителя (воздуха).

Достоинством этих котлов является высокий КПД, долговечность конструкции, надежность в применении. В пиролизных котлах возможна регулировка мощности, чего нет у большинства других аналогов.

Также к преимуществам можно отнести полноту сгорания топлива, и как следствие, отсутствие в продуктах сгорания высокотоксичных соединений типа дибензодиоксинов и дибензофуранов. Поскольку топливо сгорает полностью, то такому котлу почти не требуются частая очистка котла от твердых конденсированных продуктов сгорания (сажи).

К недостаткам пиролизных котлов можно отнести высокие требования к влажности топлива. Как известно, влага препятствует процессу термического разложения органических соединений, и при превышении ее на 20% горение в котле на этапе выхода на режим прекратится после снижения подачи первичного воздуха. Для хранения твердого топлива, нужно также дополнительно выделенное помещение, но как правило, в гараже его просто нет. Поэтому рассмотренный вариант отпадает [5].

Еще один вариант отопления автомастерской или гаража – это водяное отопление.

Этот вариант считается наиболее безопасным, удобным, но с рядом недостатков – этот способ отопления возможен лишь тогда, когда гараж встроен в дом, является частью дома, или находится в непосредственной близости от дома. Вода протекает по металлическим радиаторам, нагреваясь в отопительном котле, установленном в другом помещении. Эта система отопления должна работать круглосуточно, т.к. при ее отключении вода замерзнет, и система придет в негодность. Поэтому и этот способ нам не подходит, так как гараж находится в отдаленном от дома месте [6].

Рассмотрим газовое отопление.

Это отопление автомастерской или гаража, в котором используется в качестве топлива природный газ [7]. В настоящее время природный газ постепенно дорожает, но пока является одним из доступных по финансовым затратам видов топлива. Обычно для газового отопления гаража используется конвектор. Природный газ горит в камере закрытого типа и проникновение угарного газа в помещение в таком случае полностью исключено. Следует отметить экономичность этой системы и простота конструкции. Так для установки газового конвектора необходимо лишь отверстие в стене для подачи воздуха и отвода продуктов сгорания. Монтаж и запуск оборудования выполняется только лицензированными работниками газовой службы.

Достоинством этого способа отопления являются: надежность, эффективность, круглосуточное обслуживание, автоматизация.

Недостатком этого способа отопления являются:

- постоянная связь с работниками газовой службы (техосмотр и т.п.);
- соблюдение всех норм и правил при использовании газового оборудования продиктованные СНиПами, СП и санитарными нормами (учет высоты потолка не менее 2 м, обязательное наличие дымовых и вентиляционных каналов).

Следовательно, при таком способе отопления необходимы большие финансовые затраты, т.к. это связано с оформлением документов по разработке проекта системы отопления и выдачей технических условий. В рассматриваемом случае газ недоступен для подведения и это обстоятельство можно назвать основным недостатком данного способа [8].

И наконец, отопление гаража электричеством – это наиболее простой способ отопления автомастерской или гаража. Гораздо проще установить электрические нагреватели, чем провести газ, смонтировать котел или печку, или систему водяного отопления.

Теперь рассмотрим технологию выполнения альтернативного отопительного прибора, используемого и запроектированного в нашем случае для наших климатических условий. Регион – Республика Татарстан.

В нашем случае проводка новая и в силах выдержать большие нагрузки. Поэтому будем отталкиваться от этой возможности, т.к. отопление за счет электричества подходит нам больше всего. В качестве отопительного прибора будем использовать изготовленный собственноручно прибор.

Используемые материалы:

1. МС-140 (радиатор);
2. ТЭН на 2 кВт;
3. кран Маевского;
4. кран сливной;
5. теплоноситель.

Порядок сбора установки: в нижней части радиатора на нижний коллектор прибора, уплотнив резьбу фум-лентой, закручивается ТЭН прямо на место заглушки.

МС-140 ставится под уклоном в направлении ТЭНа. Через кран Маевского заливается до упора масло. Кран ставится вместо заглушки, с противоположной стороны ТЭНа и держится в открытом состоянии.

Выставляется нужная температура с помощью терморегулятора. Как только температура отработанного трансформаторного масла опускается ниже заданной, ТЭН включается.

Рассмотрим принцип действия прибора [8].

ТЭН отдает свое тепло трансформаторному маслу. Внутри радиатора возникает процесс естественной конвекции, и вся поверхность ТЭНа становится равномерно разогретой, т.е. происходит обогрев помещения.

При проектировании основой является мощность ТЭНа. Для определения необходимого подогревателя зададимся площадью обогрева в 20 м^2. Средняя теплоотдача одной секции чугунного радиатора – 170 Вт. Мы используем 2 радиатора типа МС140 (семисекционные), которые сварены между собой. Суммарная мощность составляет 2,0 кВт, этого достаточно, для обогрева гаража до заданных температурных параметров за минимальное время. Нами было предложено отработанное трансформаторное масло в качестве теплоносителя [8]. Главным аспектом является дешевизна масла, также его положительными характеристиками являются: морозоустойчивость и высокая теплоотдача.

По результатам оценочных расчетов, получается экономичность данного вида отопления. МС-140 после выключения ТЭНа долгое время выделяет теплоту. Также хочется отметить окупаемость предложенной установки.

Оценим стоимость всего оборудования:

Цена ТЭНа со встроенным регулятором температуры в среднем равна 1100 руб. Кран Маевского и сливной в сумме дадут округленно 250 руб. Новые чугунные радиаторы МС140 (14 секций) стоят примерно 4500 руб. Срок эксплуатации более 50 лет. Отработанное трансформаторное масло не включаем в расчет, потому что затраты на него минимальны.

Разработанная нами установка стоит примерно 5000...6000 руб.

Перейдем к реальной оценке стоимости: определим количество электроэнергии, потребляемое нашим устройством.

Отопительный сезон гаража длится примерно полгода. В сутки прибор потребляет около 15 кВт (с учетом того, что на нем стоит регулятор температуры) при непостоянном режиме работы.

Согласно постановлению Госкомитета от 12.12.2014 № 3-16э, тариф на электроэнергию в Казани для гаражных кооперативов и граждан, владеющих отдельно стоящими гаражами, приобретающих электрическую энергию (мощность) в целях потребления на коммунально- бытовые нужды и не используемую для осуществления коммерческой деятельности с 1.01.2015 по 30.06.2015 равна: 2 руб. 99 коп. с 1.07.2015 по 31.12.2015: 3 руб. 20 коп.

К расчету примем среднюю стоимость электроэнергии, равную: 3 руб.10 коп.

Количество потребляемой электроэнергии за отопительный сезон примерно составляет: 15·209 = 3135 кВт.

Стоимость сезонного отопления равна: 3135·3,1 = 9719 руб.

В итоге, предложенный способ отопления нежилых помещений получается менее затратным.

Выводы:

Проанализировав все возможные элементы системы отопления гаражной мастерской или гаража, мы делаем следующие выводы.

Пиролизное отопление на твердом топливе и отопление по типу «буржуйка» для нас неприемлемо, поскольку нет дополнительно свободных площадей для хранения твердого топлива.

Также неприемлемо и газовое отопление для нашего гаража, поскольку процесс оформления документов затяжной и затратный. Кроме того, нужен постоянный технический осмотр, во избежание утечек газа. Газ дорожает, и окупится ли прокладка газопровода и монтаж оборудования, неизвестно. Одно дело был бы жилой дом, другое дело – нежилое помещение. В данном случае газ – это невыгодно.

Водяное отопление заслуживает внимание, но если гараж не встроен в дом или находится далеко от дома, то такое решение себя не оправдывает.

Полностью электрическое отопление гаража вполне приемлемо. Но цены на электричество слишком высоки.

При использовании отработанного трансформаторного масла имеем качественную систему для отопления гаража при небольших затратах на оборудование и на источник тепла.

Список библиографических ссылок

1. Зыков А.К. Паровые и водогрейные котлы. – М.: Энегоатомиздат, 1987. – 128 с.
2. Староверов И.Г., Шиллер Ю.И. Отопление. – М.: Стройиздат, 1990. – 344 с.
3. Серикова Г.А. Отопление загородного дома и дачи. – М.: Эксмо, 2015. – 320 с.
4. Савельев А.А. Отопление дома: расчет и монтаж систем. – М.: Аделант, 2011. – 120 с.
5. Копко В.М. Теплоизоляция трубопроводов теплосетей. – Минск: Технопринт, 2002. – 160 с.
6. Смирнова М.В. Теплоснабжение. – М.: ИнФолио, 2009. – 320 с.
7. Полонский В.М., Титов Г.И., Полонский А.В. Автономное теплоснабжение. – М.: АСВ, 2006. – 152 с.
8. Барышева О.Б. Альтернативная разработка системы отопления гаража // Educatio, 2015, № 6 (13), ч. 1. – Новосибирс. – С. 126-128.

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

The effectiveness of the use of exhaust transformer oil in heating system of non-residential premises

Resume

For the majority of motorists in our country with the arrival of cold weather becomes relevant problem such as heating garage.

However, a garage and a technical room for storing the vehicle, it is desirable still take care of the heating. Consider the main points. The first point - if the garage is not heated, indoor winter will accumulate moisture: snow, ice, the frozen on the bottom. The room in which the temperature is not very different from the outdoor temperature, especially in winter, creates a lot of inconvenience, starting from the car in sub-zero temperatures can simply not start, ending the inability to carry out various repairs.

The second point – the engine is started is much easier in a heated room. Third, repair the car more comfortable in the heat.

To date, there are a few different options of how to make heating in the garage with his hands; every car owner determines which method to use it.

Heating garage, regardless of the chosen system, requires some investment and labor costs, and depends mainly on the capacity of the motorist.

Keywords: transformer oil, heating system, heater, coolant, economy.

Reference list

1. Zykov A.K. Steam and hot water boilers. – M.: Energoatomizdat, 1987. – 128 p.
2. Old Believers I.G., Schiller Yu.I. Heating. – M.: Stroyizdat, 1990. – 344 p.
3. Serikova G.A. Heating country house and garden. – M.: Eksmo, 2015. – 320 p.
4. Savelyev A.A. Heating the house: the calculation and installation. – M.: Adelant, 2011. – 120 p.
5. Kopko V.M. Thermal insulation of pipelines of heating systems. – Minsk: Tehnoprint, 2002. – 160 p.
6. Smirnov M.V. Heating. – M.: InFolio, 2009. – 320 p.
7. Polonsky V.M. Titov G.I., Polonsky A.V. Autonomous heating. – M.: ACB, 2006. – 152 p.
8. Barysheva O.B. Alternative development of the heating system of the garage. // Educatio, 2015, № 6 (13), part 1. – Novosibirsk. – P. 126-128.

УДК 697.94
Бройда В.А. – кандидат технических наук, доцент
E-mail: broida@mail.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

Целесообразность системы кондиционирования воздуха с аккумулированием холода

Аннотация

Выполнена оценка целесообразности аккумулирования холода в системах кондиционирования воздуха. В рамках исследованных моделей (с простым баком-аккумулятором, использующим явную теплоту, и с активным аккумулятором, использующим теплоту фазовых преобразований, а также с вариантами режимных и ценовых параметров) установлено, что с учетом стоимости присоединения к сетям электроснабжения аккумулирование холода может привести к значительному снижению затрат денежных средств. Наибольший экономический эффект достигается при доле использования аккумулированного холода ~0,4, тогда снижение приведенных затрат, учитывающих уменьшение инвестиций и годовых эксплуатационных затрат может достигать 40÷45 %.

Ключевые слова: аккумулирование холода, потребление, ночной тариф, чиллер, стоимость.

Введение

Потребление холода системами кондиционирования воздуха (СКВ) в течение суток характеризуется существенной неравномерностью. В СКВ с промежуточным теплоносителем подобная неравномерность создает предпосылки для аккумулирования холода в периоды, когда потребление низкое или отсутствует и использования аккумулированного холода в периоды максимального потребления. Такая мера позволяет значительно снизить установочную мощность водоохлаждающей холодильной машины – чиллера, и питающих его силовых коммуникаций, что ведет к снижению инвестиций в СКВ. Существенную часть затрат составляет стоимость подключения к сетям электроснабжения, которая также зависит от установочной мощности оборудования, различается для различных регионов и видов потребителей и может быть кратно больше стоимости чиллера.

Компрессоры чиллера являются основными потребителями электроэнергии, затрачиваемой на выработку холода. Обычно основное потреблений холода приходится на дневное время суток, а аккумулирование можно выполнять в ночное время, когда действует значительно более низкий тариф на электроэнергию, тем самым снижая эксплуатационные затраты. Существуют двойной (ночной, дневной), тройной тариф на электроэнергию (ночной, пиковый, полупиковый) и разрабатываются более сложные тарифы. Для различных регионов и видов потребителей электроэнергии ставки тарифов различаются, но, в настоящее время, например, соотношение ставок дневного и ночного тарифа составляет 1 к 0,4.

Чаще применяются искусственные аккумуляторы холода. Накапливаться может охлажденная вода или незамерзающий раствор, циркулирующий в системе холодоснабжения СКВ, для этого требуются баки-аккумуляторы очень большого объема. Более компактны активные аккумулирующие устройства, использующие теплоту фазового преобразования: аккумуляторы различных конструкций, накапливающие холодную жидкость со льдом; аккумуляторы на основе капсул со специально подобранным материалом, который при изменении температуры затрачивает и выделяет энергию преобразования структуры вещества. Разумеется, единица объема такого аккумулятора холода существенно дороже единицы объема простого бака-аккумулятора. Включение простых объемных баков аккумуляторов, или активных, компактных, но сложных и дорогих фазовых аккумуляторов существенно повышает инвестиции в

систему холодоснабжения. Конструкции баков-аккумуляторов, СКВ с аккумуляцией холода, некоторые оценки их эффективности рассматриваются в работах, [1 – 8 и др.].

Целью данной работы является технико-экономическая оценка целесообразности аккумулирования холода для систем СКВ.

Основная часть

Пусть холодильная нагрузка системы СКВ в расчетные сутки Q_X, кВт, описывается функцией:

$$Q_X=f(z), \quad (1)$$

где z – время, ч.

Потребление холода происходит в период времени суток от z_1 до z_2, а расход холода в расчетные сутки Q_{XC}, кВт·ч, определяется формулой:

$$Q_{XC} = \int_{z_1}^{z_2} Q_X dz. \quad (2)$$

Время действия ночного тарифа на электроэнергию начинается в z_{1H} и заканчивается в z_{2H}, его продолжительность составляет $\Delta z_H=z_{2H}-z_{1H}$.

Без применения аккумулирования холода установочная мощность охлаждения чиллера равна максимальной потребности в холоде в расчетные сутки $Q_Ч=Q_{XMAKC}$.

При использовании аккумулирования холода установочная мощность чиллера меньше, она зависит от планируемой продолжительности работы чиллера в течение суток, Δz, ч.

$$Q_Ч=Q_{XC}/\Delta z. \quad (3)$$

Величина аккумулированного холода Q_{AKK}, кВт·ч, равна:

$$Q_{AKK} = Q_Ч \cdot \Delta z_{AKK}. \quad (4)$$

Продолжительность периода аккумулирования холода Δz_{AKK} в общем случае может быть больше, меньше или равна продолжительности действия ночного тарифа Δz_H.

Потребление электроэнергии на выработку холода в расчетные сутки составляет:

$$Эл=Q_Ч \cdot \Delta z_H/EER_H+(Q_{XC}-Q_Ч \cdot \Delta z_H)/EER_Д, \quad (5)$$

где EER_H, $EER_Д$ – соответственно, коэффициенты преобразования энергии, характерные для ночного и дневного температурного режима работы чиллера.

Стоимость затраченной электроэнергии для расчетных суток, $Cm_{ЭЛ}$, руб./сут., определяется выражением:

$$Cm_{ЭЛ}=c_H \cdot Q_Ч \cdot \Delta z_H/EER_H+c_Д \cdot (Q_{XC}-Q_Ч \cdot \Delta z_H)/EER_Д, \quad (6)$$

где c_H, $c_Д$ – соответственно, цена электроэнергии по ночному и дневному тарифу, руб./(кВт·ч).

Стоимость электроэнергии – это главная составляющая эксплуатационных затрат. Необходимо оценить инвестиции в основное оборудование источника холода для СКВ – это чиллер и бак-аккумулятор.

Можно считать, что стоимость чиллера, $Cm_Ч$, руб., пропорциональна его установочной мощности охлаждения. Кроме того, приблизительно пропорциональны мощности чиллера другие дополнительные затраты, в первую очередь стоимость подключения к электрическим сетям. Все дополнительные затраты учитываются с помощью коэффициента дополнительных затрат m, тогда:

$$Cm_Ч=c_Ч \cdot Q_Ч \cdot (1+m), \quad (7)$$

здесь $c_Ч$ – цена 1 кВт охлаждающей мощности чиллера, руб./кВт.

Рассматриваются два вариант бака-аккумулятора: простой и активный, в котором используется теплота фазового преобразования (таяния-замерзания льда или изменения структуры материала). В первом случае необходимый объем бака-аккумулятора, V_1, м^3, определяется формулой:

$$V_1=3600 \cdot Q_{AKK}/(\Delta t_Ж \cdot c_Ж), \quad (8)$$

где $c_Ж$, $\Delta t_Ж$ – соответственно, теплоемкость рабочей жидкости (вода или незамерзающая жидкость) и разность температур рабочей жидкости, при которой происходит аккумуляция холода, кДж/(кг·^{0}С) и ^{0}С.

Стоимость такого бака-аккумулятора, $Cm_{Б\text{-}A}$, руб.:

$$Cm_{Б\text{-}A}=c_{Б\text{-}A1} \cdot V_1, \quad (9)$$

где $c_{Б\text{-}A1}$ – цена 1 м^3 простого бака-аккумулятора, руб./м^3.

Во втором случае необходимый объем бака-аккумулятора, V_2, м^3, определяется выражением:

$$V_2=Q_{АКК}/q, \quad (10)$$

где q – удельная аккумулирующая способность активного бака-аккумулятора, (кВт·ч)/м^3.

Стоимость активного бака-аккумулятора, руб.:

$$Ст_{Б\text{-}А}=c_{Б\text{-}А2}\cdot V_2, \quad (11)$$

где $c_{Б\text{-}А2}$ – цена 1 м^3 активного бака-аккумулятора, руб./м^3.

Инвестиции в основное оборудование источника холода с баком-аккумулятором, *Ин*, руб, составляют:

$$Ин=Ст_Ч+Ст_{Б\text{-}А}. \quad (12)$$

Основные годовые эксплуатационные затраты связаны с расходом средств на электроэнергию $Ст_{ЭЛ}$. Если принять, что период эксплуатации СКВ в течение года длится τ суток, среднее потребление холода за этот период составляет долю δ от потребления холода в расчетные сутки, можно рассчитать приведенные затраты источника холода, *Пр*, руб./год:

$$Пр=Ст_{ЭЛ}\cdot\tau\cdot\delta+k_{ПР}\cdot Ин, \quad (13)$$

здесь $k_{ПР}$ – коэффициент приведения, коэффициент отнесения инвестиций к годовому периоду эксплуатации, 1/год.

Следует отметить, что в условиях плановой экономики $k_{ПР}$ был величиной нормируемой, его значения для систем обеспечения климата было равно $k_{ПР}$=0,12 1/год. В условиях рыночной экономики под периодом, к которому следует относить инвестиции, по-видимому, следует понимать срок окупаемости *T*. В работе [9] показано, что для мероприятий по энергосбережению в системах отопления вентиляции и кондиционирования при норме дисконта *r*=0,1 с учетом накопления поступающего дохода оправданный срок окупаемости составляет *T*=8÷8,5 лет. Тогда $k_{ПР}=1/T\approx$0,12 1/год.

При выполнении вычислений изменение холодильной нагрузки в течение расчетных суток моделировалось гармонической функцией:

$$Q_X=Q+A\cdot Cos(2\pi/24(z-z_M)), \quad (14)$$

где *Q*, *A* – параметры, характеризующие изменение холодильной нагрузки, кВт;
z_M – время максимальной нагрузки, ч.

Потребляемый за сутки холод Q_{XC}, вычисляется следующим образом:

$$Q_{XC}=\int_{z_1}^{z_2} Q_X\,dz=Q\times(z_2-z_1)+A\times\frac{24}{2\pi}\left(Sin\left(\frac{2\pi}{24}(z_2-z_M)\right)-Sin\left(\frac{2\pi}{24}(z_1-z_M)\right)\right). \quad (15)$$

При выполнении расчетов были заданы значения *Q*=60 кВт, *A*=40 кВт, тогда $Q_{XMAKC}=Q+A$=100 кВт.

Принимались следующие значения временных параметров: z_M=15 ч, z_1=8 ч, z_2=22 ч, z_{1H}=23 ч, z_{2H}=7 ч, Δz_H=8 ч.

Ценовые характеристики:

– чиллера $c_Ч$=23000 руб./(кВт·ч);

– простого бака-аккумулятора $c_{Б\text{-}А1}$=30÷60 тыс. руб./м^3, активного аккумулятора $c_{Б\text{-}А2}$=80÷120 тыс. руб./м^3;

– электроэнергии по дневному тарифу $c_Д$=5 руб./(кВт·ч), – по ночному тарифу $c_Н$=2 руб./(кВт·ч).

Характеристики эффективности выработки холода зависят от типа чиллера, хладагента, температурного режима.

Перепад температур холодной воды в системе холодоснабжения обычно составляет 5÷6 ^{0}С. Для заправки простого бака-аккумулятора можно принять перепад температур воды на 2÷3 градуса больше, при этом можно приближенно считать, что коэффициент преобразования энергии *EER* практически не изменится. С одной стороны понижение температуры холодной воды на 1 ^{0}С ведет к снижению *EER* на 1,3÷1,5 %, с другой стороны выработка холода в ночное время происходит при более низкой температуре окружающего воздуха, что у чиллера с воздушным охлаждением конденсатора повышает *EER*. Летний перепад дневной и ночной температур наружного воздуха для средней полосы России достигает 8÷10 ^{0}С [10]. Учитывая все сказанное, можно принять в расчет значение $\Delta t_Ж$=8 ^{0}С. Расчеты выполнены при величине $EER_Д=EER_Н$=3,5.

Для активного бака-аккумулятора с накоплением льда температура холодной жидкости при заправке значительно ниже – порядка -5..-10 ^{0}С. При этих условиях заметно снижается мощность охлаждения чиллера и его *EER*. Поэтому для такого случая мощность охлаждения чиллера принимается с повышающим коэффициентом 1,4, а для расчета режима аккумуляции используется значение *EER* с понижающим коэффициентом 0,85, $EER_{АКК}$=3,0, а для остального периода работы чиллера *EER*=3,5. По данным работ [1, 2] удельная аккумулирующая способность активного бака-аккумулятора достигает q=70 (кВт·ч)/м^3.

В расчете принята продолжительность периода потребления холода τ=100 суток в год, а средняя доля потребления холода за этот период δ=0,4 от потребления холода в расчетные сутки.

Результаты расчетов представлены в виде графических зависимостей относительных приведенных затрат $Пр^*=Пр/Пр_0$ от величины замещения *Зам*, доли аккумулированного холода по отношению к всему его суточному потреблению, $Зам=Q_{АКК}/Q_{ХС}$.

Величина $Пр_0$ – приведенные затраты при тех же ценовых и режимных условиях, но без аккумуляции холода, руб./год.

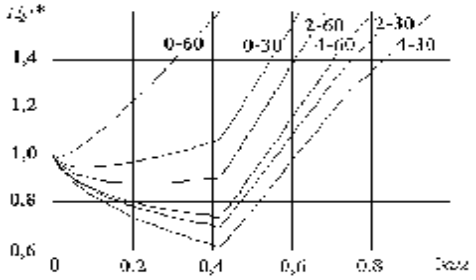


Рис.1. Зависимость относительных приведенных затрат $Пр^*$ от величины замещения *Зам* для системы с простым баком-аккумулятором.
Обозначение линий: первое число – параметр *m*, второе число – цена $c_{Б\text{-}А1}$, тыс. руб. за 1 м^3

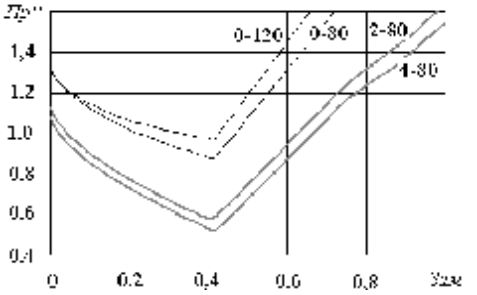


Рис. 2. Зависимость относительных приведенных затрат $Пр^*$ от величины замещения *Зам* для системы с активным баком-аккумулятором.
Обозначение линий: первое число – параметр *m*, второе число – цена $c_{Б\text{-}А2}$, тыс. руб. за 1 м^3
(линии с параметрами 2-120 и 4-120 практически сливаются с показанными линиями 2-80 и 4-80)

Из результатов расчета следует, что наиболее существенным фактором, влияющим на целесообразность применения аккумулирования холода, является суммарная стоимость чиллера и подключения к сетям электроснабжения.

Для системы с простым баком-аккумулятором без учета стоимости подключения (m=0) при относительно невысокой цене $c_{Б\text{-}А1}$=30 тыс. руб. за 1 м^3 объема бака, снижение приведенных затрат составляет менее 10 %. При цене бака $c_{Б\text{-}А1}$=60 тыс. руб. за 1 м^3 приведенные затраты только возрастают при использовании аккумулирования холода. При учете стоимости подключения к электросетям (m=2 или m=4) уменьшение приведенных затрат значительно и максимальный эффект достигается при величине замещения *Зам*≈0,4, что соответствует минимальной установочной мощности чиллера при его 24-часовой работе в расчетные сутки.

По сути, результаты для системы с активным баком-аккумулятором аналогичны. Без учета стоимости подключения (m=0) снижение относительных приведенных затрат при использовании условно недорогого бака-аккумулятора $c_{Б\text{-}А2}$=80 тыс. руб. за 1 м^3 составляет около 10 % относительно $Пр^*$=1, а при использовании бака с ценой $c_{Б\text{-}А2}$=120 тыс. руб. за 1 м^3 снижение приведенных затрат незначительно. С учетом затрат на подключение к электросетям относительные приведенные затраты снижаются приблизительно на 40÷45 % при величине $Зам$≈0,4.

Использование ночного тарифа ограничено по времени. Увеличение доли холода, выработанного при действии ночного тарифа более $Зам$≈0,4, приводит к возрастанию мощности чиллера, объема бака-аккумулятора и не компенсирует удорожание системы.

Заключение

В результате исследования выполнена численная оценка целесообразности использования аккумулирования холода в системах СКВ. В рамках исследованной модели (вариантов бака-аккумулятора, режимных и ценовых параметров) установлено, что с учетом стоимости присоединения к сетям электроснабжения использование баков-аккумуляторов может привести к значительному снижению затрат денежных средств. Наибольший экономический эффект достигается при доле использования аккумулированного холода ~0,4 тогда снижение приведенных затрат, учитывающих уменьшение инвестиций и годовых эксплуатационных затрат (стоимость электроэнергии, затрачиваемой на выработку холода) может достигать 40÷45 %.

Список библиографических ссылок

1. Наумов А.Л., Селиверстов Ю.М., Ефремов В.В., Протасов Г.В. Системы кондиционирования воздуха с аккумулятором холода //АВОК, 2012, № 3. – С. 52-56.
2. Селиверстов Ю.М., Ефремов В.В. Экономика систем кондиционирования воздуха с аккумулятором холода // АВОК, 2013, № 1. – С. 30-33.
3. Бондарь Е.С., Калугин П.В. Энергосберегающие системы кондиционирования воздуха с аккумуляцией холода // СОК, 2006, № 3. – С. 44-48.
4. Сотников А.Г. Связь принципиальных решений центральных СХС с холодильной нагрузкой СКВ зданий // ИС, 2012, № 1. – С. 38-41.
5. Abduljalil A. Al-Abidin, Sohif Bin Mat, Sopian K., Sulaiman M.Y., Lim C.H., Abdulrahman Th. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2012, № 16. – P. 5802-5819.
6. De Falco M., Dose G., Zaccagnini A. Pcm-cold storage system: an innovative technology for air conditioning energy saving. Chemical Engineering Transactions, 2015, vol. 43. – P. 1981-1986.
7. Аккумуляторы холода «ООО Эйркул». http://aircool.ru/ (дата обращения: 22.03.2016).
8. Табунщиков Ю.А., Шилкин Н.В. Оценка экономической эффективности инвестиций в энергосберегающие мероприятия // АВОК, 2005, № 7. – С.10-16.
9. СП. 131.13330.2012. Строительная климатология. Актуализированная версия СНиП 23-01-99*/Минрегион России. – М.: ФАУ «ФЦС», 2012. – 108 с.

Broyda V.A. – candidate of technical sciences, associate professor
E-mail: broida@mail.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

The expediency of the air conditioning system with cold accumulation

Resume

Consumption of cold air-conditioning systems is unequally throughout the day. This makes it possible to accumulate cold during small consumption and to use it during the

maximum consumption. This measure significantly reduces installed power of the chiller and its power of communication, which leads to a significant reduction in investment.

It needs a simple (collecting sensible heat) or active (using the heat of phase transformations) storage tank for cold accumulation, which requires additional investment.

Accumulation of cold can be done at night, with a more economical power rate, thus reducing operating costs.

This article focuses on the technical and economic evaluation of the cold accumulation for air-conditioning systems. Within of these models (simple and active storage tanks, operating and cost parameters) it is found that, usage of accumulation can lead to a significant reduction in money resources taking into account the cost of connection to the grid power.

The greatest economic effect is achieved when the share of the cold accumulation is about 0,4 of the daily cold's requirement. The decrease of resulted expenses, taking into account the reduction of investment and annual operating costs are up to 40÷45 %.

Keywords: accumulation of cold, consumption, night tariff, chiller, cost.

Reference list

1. Naumov A.L., Seliverstov Y.M., Efremov V.V., Protasov G.V. Air conditioning systems with cold accumulators // AVOK, 2012, № 3. – P. 52-56.
2. Seliverstov Y.M., Efremov V.V. Economics of air conditioning systems with cold accumulators // AVOK, 2013, № 1. – P. 30-33.
3. Bondar E.S., Kalugin P.V. Energy-saving air-conditioning system with cold accumulation // SOK, 2006, № 3. – P. 44-48.
4. Sotnikov A.G. Communication principal decisions of central CS with refrigeration load ACS buildings // IC, 2012, № 1. – P. 38-41.
5. Abduljalil A. Al-Abidin, Sohif Bin Mat, Sopian K., Sulaiman M.Y., Lim C.H., Abdulrahman Th. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2012, № 16. – P. 5802-5819.
6. De Falco M., Dose G., Zaccagnini A. Pcm-cold storage system: an innovative technology for air conditioning energy saving. Chemical Engineering Transactions, 2015, vol. 43. – P. 1981-1986.
7. Cold accumulators «LLC Aircool». http://aircool.ru/ (reference date: 22.03.2016).
8. Tabunschikov Y.A., Shilkin N.V. Estimation of economic efficiency of investments in energy saving measures // AVOK, 2005, № 7. – P. 10-16.
9. SP.131.13330.2012. Building's Climatology. The updated version of SNIP 23-01-99*/Ministry of Regional Development of Russia. – M.: FAA «DSF», 2012. – 108 p.

УДК 69.027.1
Володин Ю.Г. – кандидат технических наук, доцент
E-mail: Yu.g.volodin@mail.ru
Ханнанов Р.Р. – аспирант
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

Математическое моделирование рабочего процесса в газовоздушном тракте котлового агрегата ТГМ-84

Аннотация

В статье приведена математическая модель турбулентного течения дымовых газов в газовоздушном тракте котла ТГМ-84. Расчеты выполнены с использованием программного комплекса ANSYS. При математическом моделировании рабочего процесса в газовоздушном тракте реализована идея дросселирования потока дымовых газов в районе отводящего газового патрубка за РВП. Получены оптимальные размеры дроссельной заслонки. Выполненные измерения присосов воздуха на работающем котле до и после установки заслонки показали заметное снижение присосов воздуха в газовый тракт.

Ключевые слова: присосы воздуха, математическая модель, дроссельная заслонка, котел ТГМ-84, воздухоподогреватель РВП-54, газовоздушный тракт.

Научно-технический прогресс стимулирует развитие и совершенствование различных отраслей, в том числе и энергоемких, в промышленном комплексе. Освоение новых месторождений полезных ископаемых, расширение масштабов добычи на действующих площадках требует формирования соответствующей инфраструктуры для жизнедеятельности персонала, что в итоге приводит к строительству новых или расширению площадей уже существующих населенных пунктов. Все вместе взятое нуждается в немалых количествах электрической и тепловой энергии. Этим объясняется не только введение новых мощностей в энергетическом комплексе страны, но модернизация действующих агрегатов и совершенствование технологических процессов. Одним из актуальных направлений в теплоэнергопроизводящей промышленности является энергоресурсосбережение при эксплуатации технологического оборудования.

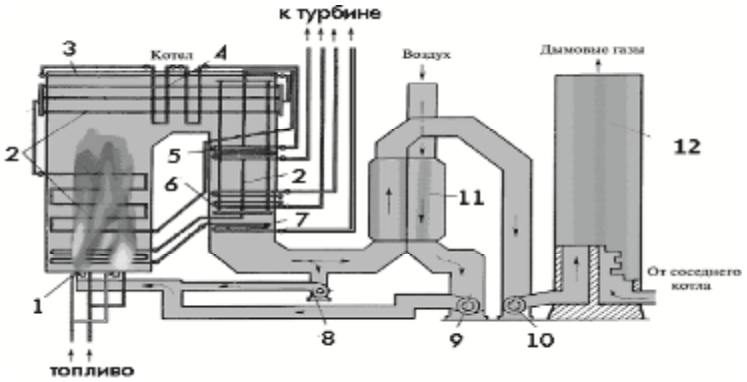


Рис. 1. Технологическая схема ТЭС (фрагмент). Основные элементы парового котла:
1 – газовые горелки; 2 – экраны труб, для подогрева питательной воды;
3, 4, 5 – потолочный, ширмовый, конвективный пароперегреватель; 6, 7 – экономайзер;
8 – линия рециркуляции; 9 – дутьевой вентилятор; 10 – дымосос;
11 – регенеративный воздухоподогреватель (РВП); 12 – дымовая труба

Тепловую электрическую станцию (ТЭС) образует комплекс оборудования и устройств, основными из которых являются котельная установка, производящая пар высоких параметров, турбинная или паротурбинная установка, преобразующая теплоту пара в механическую энергию ротора турбоагрегата, и электрические устройства

(электрогенератор, трансформатор и т.д.), обеспечивающие выработку электроэнергии (рис. 1). Основным элементом в котельной установке, производящей пар, является котел. Котел выглядит в виде П-образной конструкции с газоходами прямоугольного сечения. В левую часть, называемую топкой, подается смешанный с подогретым воздухом газ. Воздух подогревается путем рециркуляции дымовых газов, вышедших из котла. Подогревается воздух в регенеративном воздухоподогревателе (РВП) дымовыми газами. Частично охлажденные дымовые газы дымососом ДС подаются в дымовую трубу. Через дымовую трубу продукты сгорания (дымовые газы) выталкиваются в верхние слои атмосферы и рассеиваются. Кроме того, дымовая труба необходима для создания разрежения в топке и газоходах котла.

Одним из паровых котлов, которые в настоящее время эксплуатируются на ТЭС, является ТГМ-84 (ТГМ-84А, ТГМ-84Б), в газовоздушном тракте которого устанавливается регенеративный воздухоподогреватель РВП-54 (или РВП-68). Во время функционирования происходят присосы (перетоки) воздуха (рис. 2) из воздушного тракта в газовый, что снижает полезную работу вращающегося РВП. Эксплуатационный опыт показывает, что более 20 % воздуха попадает в газовый тракт, не совершая работы. Соответственно ухудшается показатель по присосам воздуха. Данное обстоятельство приводит к увеличению нагрузки на дымососы и дутьевые вентиляторы, заметному ухудшению по величине такого показателя как удельный расход электроэнергии на тягу и дутье и в итоге к перерасходу топлива.

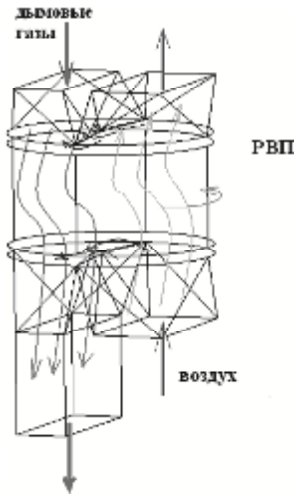


Рис. 2. Иллюстрация движения дымовых газов, воздуха и присосов воздуха в РВП

Для снижения присосов воздуха в газовый тракт котла имеется большое количество разнообразных конструкторских решений: установка промежуточных радиальных полос, войлочных пластин на прижимные планки, максимальное уплотнение щелей и зазоров в конструкции РВП и т.п. Реализация таких решений является эффективной и приводит к снижению присосов воздуха в РВП до 10 %, вместо 15-20 %. Однако, все они обладают одним недостатком – механическим износом.

Вопрос снижения присосов воздуха в газовый тракт котла можно решить путем дросселирования дымовых газов (рис. 3) в хвостовой части газохода РВП. Для этого необходимо установить дросселирующее устройство. Известно [1, 2], что при прохождении потока через дросселирующее устройство, происходит местное сжатие потока. Согласно закону сохранения энергии суммарная энергия движущейся среды может уменьшиться только на величину потерь, следовательно, часть потенциальной энергии потока преобразуется в кинетическую энергию. Давление потока на стенки трубопровода несколько возрастает за счет подпора перед сужающим устройством и далее понижается до некоторого минимума за дросселем. Таким образом, разогнав поток и снизив давление на стенки газовоздушного тракта, можно достичь снижения присосов воздуха.

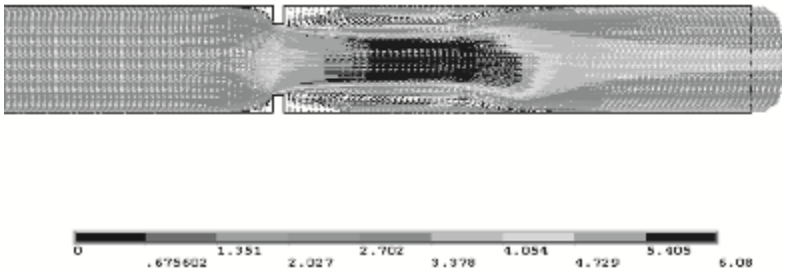


Рис. 3. Дросселирование газового потока

Течение неизотермического газового потока, в том числе, и при его ускорении исследовалось в работах [3-6]. Общеизвестно, что при сужении канала формируется отрицательный продольный градиент давления, под воздействием которого профиль скоростей становится более заполненным, относительный коэффициент трения по величине увеличивается, увеличивается и скорость течения газового потока. Неизотермичность при тепловом потоке, направленном от более нагретых дымовых газов к стенкам газовоздушного тракта, также способствует большей заполненности профиля скоростей, увеличению относительного коэффициента трения и скорости течения дымовых газов.

При турбулентном режиме течения рабочего тела поля актуальных значений скоростей, давлений и температур в потоке представляют собой сложную структуру. Причиной такой структуры является нерегулярность или случайность характера изменений названных параметров в пространстве и во времени. Поэтому при математическом описании турбулентных течений все подходы, включая прямое моделирование турбулентности, прямое моделирование крупномасштабных структур и так называемый моментный подход Рейнольдса, основаны на нестационарных трехмерных уравнениях динамики вязкого газа – система уравнений Навье-Стокса, а также на выполнении операций статистического осреднения, которое реализуется на одном из этапов при формировании постановки задачи либо при ее решении. Когда выполняют прямое моделирование турбулентности на основе трехмерных нестационарных уравнений Навье-Стокса, то статистическое осреднение делают после интегрирования этих уравнений. Осреднение преследует основную цель, заключающуюся в удобстве традиционной формы практического анализа.

Когда используется моментный подход Рейнольдса, то на начальном этапе постановки задачи выполняется операция статистического осреднения. При таком подходе сначала осредняются статистически уравнения динамики вязкого газа, затем проводится интегрирование после предварительного полуэмпирического замыкания. Операция осреднения выполняется по всем масштабам одновременно. Поэтому здесь утрачивается универсальность и эти методы остаются востребованными при анализе узкого диапазона гидродинамических процессов.

Когда проводится прямое моделирование, то статистическое осреднение уравнений выполняется на этапе постановки задачи. При этом охватываются не все масштабы, так как полуэмпирическое моделирование турбулентности необходимо проводить только на подсеточных масштабах, т.е. на масштабах явлений, которые меньше чем размеры статистической ячейки. Таким образом, во всех случаях получается система уравнений Навье-Стокса, осредненная по Рейнольдсу. Это означает, что любая газодинамическая величина в турбулентном потоке представляется в виде суммы осредненных и пульсационных составляющих. Причем, при определении средних значений осреднение выполняется по некоторому интервалу времени, т.е. временное осреднение. Кроме такого осреднения существуют и другие способы – статистического осреднения по объему (пространственное осреднение), статистическое осреднение по ансамблю.

Классический подход статистического осреднения по некоторому интервалу времени (по Рейнольдсу) в основном применяют при решении уравнений, которые описывают течение рабочего тела с постоянной плотностью – несжимаемые жидкости. Когда речь идет об описании турбулентных течений сжимаемого газа, то чаще пользуются комбинированным способом осреднения. Здесь давление и плотность газа

осредняют по времени (по Рейнольдсу), а другие параметры потока вводят по так называемым средневзвешенным значениям. Этот способом осреднения называют методом средневзвешенных параметров или осреднением по Фавру. Его главным преимуществом является то, что система уравнений турбулентного движения оказывается более компактной по сравнению другими подходами.

При описании турбулентного течения газового потока, в том числе, и в дымовых трубах ТЭС, система уравнений включает в себя уравнения количества движения, уравнение неразрывности, уравнение энергии и уравнения k-ε модели турбулентности, т.е. при трехмерной постановке в декартовой системе координат имеем:

- уравнение неразрывности:

$$\frac{\partial \rho u}{\partial x}+\frac{\partial \rho v}{\partial y}+\frac{\partial \rho w}{\partial z}=0. \qquad (1)$$

Уравнение количества движения в проекции на ось X:

$$\frac{\partial \rho u}{\partial t}+\frac{\partial(\rho uu)}{\partial x}+\frac{\partial(\rho uv)}{\partial y}+\frac{\partial(\rho uw)}{\partial z}-\frac{\partial}{\partial x}\left(\mu\frac{\partial u}{\partial x}\right)-\frac{\partial}{\partial y}\left(\mu\frac{\partial u}{\partial y}\right)-\frac{\partial}{\partial z}\left(\mu\frac{\partial u}{\partial z}\right)+\frac{\partial p}{\partial x}=0. \qquad (2)$$

Уравнение количества движения в проекции на ось Y:

$$\frac{\partial \rho v}{\partial t}+\frac{\partial(\rho uv)}{\partial x}+\frac{\partial(\rho vv)}{\partial y}+\frac{\partial(\rho vw)}{\partial z}-\frac{\partial}{\partial x}\left(\mu\frac{\partial v}{\partial x}\right)-\frac{\partial}{\partial y}\left(\mu\frac{\partial v}{\partial y}\right)-\frac{\partial}{\partial z}\left(\mu\frac{\partial v}{\partial z}\right)+\frac{\partial p}{\partial y}=0. \qquad (3)$$

Уравнение количества движения в проекции на ось Z:

$$\frac{\partial \rho w}{\partial t}+\frac{\partial(\rho uw)}{\partial x}+\frac{\partial(\rho vw)}{\partial y}+\frac{\partial(\rho ww)}{\partial z}-\frac{\partial}{\partial x}\left(\mu\frac{\partial w}{\partial x}\right)-\frac{\partial}{\partial y}\left(\mu\frac{\partial w}{\partial y}\right)-\frac{\partial}{\partial z}\left(\mu\frac{\partial w}{\partial z}\right)+\frac{\partial p}{\partial z}=0, \qquad (4)$$

где x, y, z – декартовы координаты, t – время, u, v, w – проекции вектора скорости на оси x, y, z соответственно, p – давление, μ – коэффициент эффективной вязкости, ρ – плотность рабочего тела.

Уравнение энергии:

$$\frac{\partial(\rho h)}{\partial t}+\frac{\partial(\rho hu)}{\partial x}+\frac{\partial(\rho hv)}{\partial y}+\frac{\partial(\rho hw)}{\partial z}=\frac{\partial}{\partial x}\left(\frac{\mu}{\mathrm{Pr}}+\frac{\mu_T}{\mathrm{Pr}_T}\right)\frac{\partial h}{\partial x}+\frac{\partial}{\partial y}\left(\frac{\mu}{\mathrm{Pr}}+\frac{\mu_T}{\mathrm{Pr}_T}\right)\frac{\partial h}{\partial y}+\frac{\partial}{\partial z}\left(\frac{\mu}{\mathrm{Pr}}+\frac{\mu_T}{\mathrm{Pr}_T}\right)\frac{\partial h}{\partial z}, \qquad (5)$$

где Pr – число Прандтля, Pr_T – турбулентное число Прандтля, h – энтальпия:

$$h=\sum_{\alpha} Y_{\alpha}\left(\Delta h_{f\alpha}^{0}+\int_{T_0}^{T} Cp_{\alpha}(T)\,dT\right), \qquad (6)$$

где $Y\alpha$ – массовая доля компонента α, а T – температура.

Уравнения переноса кинетической энергии турбулентности и скорости ее диссипации:

$$\frac{\partial(\rho k)}{\partial t}+\frac{\partial(\rho ku)}{\partial x}+\frac{\partial(\rho kv)}{\partial y}+\frac{\partial(\rho kw)}{\partial z}=\frac{\partial}{\partial x}\left(\mu_{мол}+\frac{\mu_T}{\sigma_k}\right)\frac{\partial k}{\partial x}+\frac{\partial}{\partial y}\left(\mu_{мол}+\frac{\mu_T}{\sigma_k}\right)\frac{\partial k}{\partial y}+\frac{\partial}{\partial z}\left(\mu_{мол}+\frac{\mu_T}{\sigma_k}\right)\frac{\partial k}{\partial z}+\rho G-\rho\varepsilon, \qquad (7)$$

$$\frac{\partial(\rho \varepsilon)}{\partial t}+\frac{\partial(\rho u\varepsilon)}{\partial x}+\frac{\partial(\rho v\varepsilon)}{\partial y}+\frac{\partial(\rho w\varepsilon)}{\partial z}=\frac{\partial}{\partial x}\left(\mu_{мол}+\frac{\mu_T}{\sigma_\varepsilon}\right)\frac{\partial k}{\partial x}+\frac{\partial}{\partial y}\left(\mu_{мол}+\frac{\mu_T}{\sigma_\varepsilon}\right)\frac{\partial k}{\partial y}+\frac{\partial}{\partial z}\left(\mu_{мол}+\frac{\mu_T}{\sigma_\varepsilon}\right)\frac{\partial k}{\partial z}+\rho\left(C_{\varepsilon 1}G-C_{\varepsilon 2}\varepsilon\right)\frac{\varepsilon}{k}. \qquad (8)$$

Для замыкания системы осредненных уравнений используется k–ε модель, генерация турбулентности за счет сдвиговых напряжений:

$$G=\frac{\mu_T}{\rho}\left(2\left(\frac{\partial u}{\partial y}\frac{\partial v}{\partial x}\right)^2+2\left(\frac{\partial u}{\partial z}\frac{\partial w}{\partial x}\right)^2+2\left(\frac{\partial v}{\partial z}\frac{\partial w}{\partial y}\right)^2+\left(\frac{\partial v}{\partial z}\right)^2+\left(\frac{\partial v}{\partial x}\right)^2+\left(\frac{\partial w}{\partial x}\right)^2+\left(\frac{\partial w}{\partial y}\right)^2\right)-\frac{2}{3}\left(\frac{\partial u}{\partial x}+\frac{\partial v}{\partial y}+\frac{\partial w}{\partial z}\right)\left(k+\frac{\mu_T}{\rho}\left(\frac{\partial u}{\partial x}+\frac{\partial v}{\partial y}+\frac{\partial w}{\partial z}\right)\right) \qquad (9)$$

Турбулентная вязкость определялась по формуле Колмогорова-Прандтля:

$$\mu_T=C_\mu\rho\frac{k^2}{\varepsilon}, \qquad (10)$$

а эффективная вязкость по формуле:

$$\mu=\mu_T+\mu_{мол}, \qquad (11)$$

где $\mu_{мол}$ – молекулярная вязкость. Значения констант принимались равными $C_\mu=0{,}09$, $C_{\varepsilon 1}=1{,}30$, $C_{\varepsilon 2}=1{,}92$, $C_{\varepsilon 1}=1{,}30$, $\sigma_k=1{,}0$, $\sigma_\varepsilon=1{,}3$, $Pr_T=0{,}7$, $Sc_T=0{,}7$.

Плотность ρ определялась из уравнения состояния:

$$P = \frac{\rho R_0 T}{M}, \qquad (12)$$

где R_0 – универсальная газовая постоянная, а давление *P* полагали равным атмосферному.

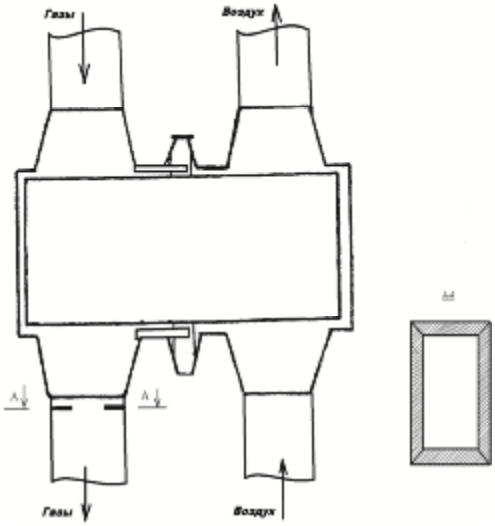


Рис. 4. Вращающийся регенеративный воздухоподогреватель

Таблица

	Давление на воздушной стороне перед РВП Р(В), кПа	Давление на газовой стороне за РВП Р(Г), кПа		Разность давлений ΔР, кПа		Объем присосов V, м^3		Процент снижения присосов, %
		До	После	До	После	До	После	
1	7	-0,29	0,74	7,29	6,26	0,0729772	0,06763	7,333362939
2	6,86	-0,37	0,54	7,23	6,32	0,0726762	0,06795	6,504783741
3	6,84	-0,4	0,373	7,24	6,467	0,0727265	0,06873	5,489045915
4	6,94	-0,3	0,62	7,24	6,32	0,727265	0,06795	6,569374572
5	7,05	-0,34	0,4	7,39	6,65	0,073476	0,0697	5,138802348

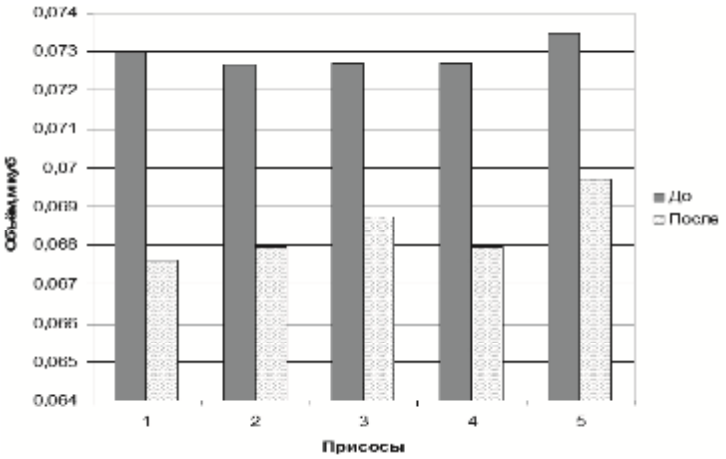


Рис. 5. Изменение объема присосов

Моделирование течения дымовых газов в хвостовой части газохода РВП выполнено с использованием программного комплекса *ANSYS*. Все размеры газохода соответствуют технической документации на конструкцию РВП, а именно: высота шахты 5,0 м, глубина 5,076 м, ширина 2,493 м. Сужающее устройство представляет собой

дроссельную заслонку [7, 8]. В результате математического моделирования течения дымовых газов в хвостовой части газохода определены оптимальные параметры – высота выступа (рис. 4) дроссельной заслонки (0,1-0,17)×$d_{экв}$ (эквивалентный диаметр отводящего газового патрубка) и место ее расположения в газовом тракте. Увеличение давления на 1-2 мм вод. ст. приводит к выравниванию давлений за РВП потока дымовых газов с давлением воздуха в подводящем воздушном патрубке.

Дроссельная заслонка была установлена на РВП-54 котлоагрегата ТГМ-84Б. В процессе эксплуатации были проведены измерения присосов воздуха. Сравнительные результаты приведены на рис. 5.

Вывод. Путем математического моделирования спрогнозирован рабочий процесс в газовоздушном тракте за РВП-54. Дросселирование дымовых газов за счет перераспределения потенциальной и кинетической энергии потока позволяет получить эффект снижения присосов воздуха. Реализация данного подхода в производственных условиях позволила реально снизить объем присосов воздуха в газовый тракт.

Список библиотечных ссылок

1. Володин Ю.Г., Богданов А.Н. Технические измерения и приборы. Расчет сужающих устройств. Учебное пособие. – Казань: Казан. гос. энерг. ун-т, 2007. – 63 с.
2. Кремлевский П.П. Расходомеры и счетчики количества. – Л.: Машиностроение, 1989. – 701 с.
3. Володин Ю.Г., Марфина О.П. Математическое моделирование пусковых режимов энергетических установок. – СПб.: Инфо-да, 2007. – 128 с.
4. Володин Ю.Г., Марфина О.П. Расчет коэффициентов трения и теплоотдачи при нестационарном неизотермическом течении несжимаемого газа в осесимметричных каналах // Известия ВУЗов. «Машиностроение», 2007, № 3. – С. 21-26.
5. Володин Ю.Г., Марфина О.П. Расчет нестационарного неизотермического течения несжимаемого газа в осесимметричных каналах энергетических установок // Известия ВУЗов. «Машиностроение», 2007, № 5. – С. 39-42.
6. Володин Ю.Г., Марфина О.П., Цветкович М.С. Газодинамические характеристики отводящих стволов дымовых труб // Известия КГАСУ, 2015, № 4 (34). − С. 236-242.
7. Вращающийся регенеративный воздухоподогреватель: пат. 2324114 Рос. Федерация. № 2006127340/06; заявл. 17.07.06; опубл. 10.05.08. Бюл. № 13. – 4 с.
8. Володин Ю.Г., Ханнанов Р.Р. Повышение эффективности работы котлоагрегатов типа ТГМ-84 путем дросселирования газового потока в регенеративный воздухоподогреватель // Приволжский научный вестник, 2014, № 6. − С. 21-23.

Volodin Yu.G. – candidate of technical science, reader
E-mail: Yu.g.volodin@mail.ru
Hannanov R.R. – post-graduate student
Kazan State University of Architecture and Engeneering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Mathematical modeling of the worker process in gas canal for the boiler aggregate TGM-84

Resume

One of the current trends in the energy-producing industry is the heat energy and resource saving in the operation of the technological equipment.

The article presents the mathematical model of the turbulent flow of the flue gases in the gas canal of the boiler TGM-84. The calculations realization at utilization of the program complex ANSYS showed. Mathematical modeling of the worker process in the gas canal bases on the three-measuring unsteady-state equations Navier-Stokes. At modeling realized an idea of the throttling flow of the smoke gases in the seat for the deferent gas piping over RVP. By the

redistribution of potential and kinetic energy flow received the local increase of the pressure in deferent gas piping. The optimal position of the throttle screen and its optimal size identified. The measured air suction on the working boiler before and after installing the throttle screen showed a marked reduction of the inflow air into the gas canal.

Keywords: the inflow air, the mathematical model, the throttling screen, the boiler TGM-84, the economizer of air RVP-54, the gas canal.

Reference list

1. Volodin Yu.G., Bogdanov A.N. Technical measurement and instrumentation. Calculation of narrowing devices. Study book. – Kazan: Kazan. Gos. Energy. Un-t, 2007. – 63 p.
2. Krevlevskii P.P. Flowmeters and counters of amounts. – L.: Mashinostroenie, 1989. – 701 p.
3. Volodin Yu.G., Marfina O. P. Mathematical modeling of starting modes of power plants. – SPb.: Info-da, 2007. – 128 p
4. Volodin Yu.G., Marfina O. P. Calculation of the coefficient of friction and heat transfer in unsteady flow of an incompressible non-isothermal gas in axisymmetric channels // Izvestija VUZov «Mashinostroenie», 2007, № 3. – P. 21-26.
5. Volodin Yu.G., Marfina O. P. Calculation of non-stationary non-isothermal flow of incompressible gas in axisymmetric channels of power plants // Izvestija VUZov «Mashinostroenie», 2007, № 5. – P. 39-42.
6. Volodin Yu.G., Marfina O.P., Tsvetkovich M.S. Gas dynamic characteristics efferent trunks chimneys // Izvestija KGASU, 2015, № 4. − P. 236-242.
7. The rotary regenerative air heater: – pat. 2324114 Ros. Federatsia. № 2006127340/06; zaiavl. 17.07.06; publ. 10.05.08. Bul. № 13. – 4 p.
8. Volodin Yu.G., Hannanov R.R. Improving the efficiency of boiler units TGM-84 by throttling the gas flow in the regenerative air heater // Privolzhskii nauchnii vestnik, 2014, № 6. − P. 21-23.

УДК 536.253
Посохин В.Н. – доктор технических наук, профессор
E-mail: posohin@kgasu.ru
Зиганшин А.М. – кандидат технических наук, доцент
E-mail: amziganshin@kgasu.ru
Горохова А.Ю. – студент
E-mail: alealen-94@mail.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

О естественной конвекции над горизонтальными теплоисточниками

Аннотация

Численным методом исследуется конвекция над горизонтальным протяженным теплоисточником заделанным заподлицо с окружающей поверхностью. Исследование проводится с использованием различных вариантов замыкания системы уравнений турбулентного движения, а также при помощи ламинарной модели. Находятся значения критических высот, разделяющих зоны ламинарного и турбулентного режимов, в зависимости от значения числа Рэлея (Ra) определяемого по характеристикам источника. Определяются осевые параметры – скорость, избыточная температура.

Ключевые слова: естественная конвекция, плоский теплоисточник, режимы течения, критическое значение числа Рэлея, модели турбулентности.

Схемы конвективных струйных течений вблизи вертикальной и горизонтальной пластин показаны на рис. 1. Вначале струя ламинарна, затем следует зона переходного режима течения и далее зона развитого турбулентного течения.

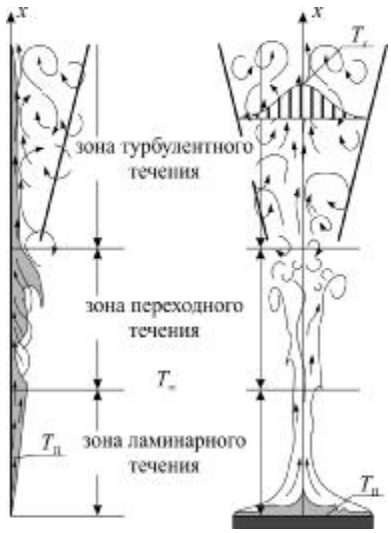


Рис. 1. Схемы конвективных течений:
а) пристенная струя у вертикальной пластины; б) свободная струя над горизонтальной пластиной

Закономерности естественной конвекции у теплоисточников (интенсивность теплоотдачи, распределение температур и скорости, протяженность характерных зон течений) определяются значением числа Рэлея:

$$\mathrm{Ra} = A\frac{\Delta T l^3}{T^3}, \qquad (1)$$

где $\Delta T = T_П - T_\infty$ – разность температур поверхности теплоисточника и окружающего воздуха, К; или $\Delta T = T_x - T_\infty$ – разность температур на оси струи в сечении x и окружающего воздуха, К; l – характерный размер, м, в качестве которого можно принять размер горизонтального теплоисточника b или координату x. T – определяющая

температура, К; обычно принимают $T = (T_П + T_\infty)/2$; A – размерный коэффициент, включающий в себя физические константы и характеристики воздуха. При атмосферном давлении P = 101325 Па и T_∞ = 293 К, А ≈ $2\cdot10^{15}$ К^2/м^3.

Учитывая сказанное выше, мы можем сформировать число Рэлея в некотором произвольном сечении струи в виде:

$$\mathrm{Ra}_x = \mathrm{Ra}_0 + \Delta\mathrm{Ra}_x, \tag{2}$$

где

$$\mathrm{Ra}_0 = 2\times10^{15}\frac{(T_П - T_\infty)b^3}{T^3}, \tag{3}$$

$$\Delta\mathrm{Ra}_x = 2\times10^{15}\frac{(T_x - T_\infty)x^3}{T^3}. \tag{4}$$

Число Ra_0 есть отношение сил гравитации и сил вязкости в области прилегающей непосредственно к горизонтальному теплоисточнику; добавка $\Delta\mathrm{Ra}_x$ характеризует изменение числа Рэлея по высоте струи. Для вертикальной пластины, очевидно, $\mathrm{Ra}_0 = 0$.

Запишем еще выражение (1) в виде:

$$\overline{\mathrm{Ra}}_x = \frac{\mathrm{Ra}_x}{\mathrm{Ra}_0} = 1 + \overline{\Delta T}_x\,\bar{x}^3, \tag{5}$$

где

$$\overline{\Delta T}_x = \frac{T_x - T_\infty}{T_П - T_\infty},\ \bar{x} = \frac{x}{b}.$$

Сведения о влиянии числа Ra_0, приводимые в известных руководствах по теплообмену, касаются, в основном, интенсивности теплоотдачи на поверхности горизонтально расположенного теплоисточника [1-6].

Данные о влиянии Ra_0 на распределение скорости и температуры, протяженность зон ламинарного и переходного режимов, пороговые значения числа Ra_x, разделяющих эти режимы для течений над горизонтальными теплоисточниками практически отсутствуют.

Далее будем рассматривать струйное течение над горизонтальным протяженным теплоисточником – пластиной шириной $2b$, заделанной заподлицо в ограничивающую поверхность.

Система уравнений двумерного ламинарного движения, дополненная уравнением газового состояния, лучистого теплообмена и граничными условиями, решалась численно с помощью пакета программ *Fluent*. На части границы моделирующей теплоисточник, в качестве граничного условия принималось равномерное распределение теплового потока Q_0 (Вт/м), оставшаяся часть нижней горизонтальной границы – адиабатическая стенка, а остальные границы – проницаемы для потоков воздуха и тепла. В ходе численного эксперимента характерный размер теплоисточника оставался неизменным – $2b$ = 0,01 м, изменялся тепловой поток Q_0 и значение числа Ra_0, которое находилось в пределах $8\cdot10^2 \div 10^4$. Такие значения Ra_0 согласно рекомендациям [1-6] соответствуют ламинарному режиму теплоотдачи. Ниже в табл. приведены условия численного эксперимента для четырех характерных случаев. Здесь введены обозначения:
$Q_к$ – конвективная мощность теплоисточника, Вт/м;

$u_м = \sqrt[3]{\dfrac{g\times Q_к}{c_p\times\rho_\infty\times T_\infty}} \approx 0{,}03\times Q_к^{1/3}$ – скорость течения, м/с, принятая за масштаб;

g – ускорение свободного падения, м/с^2;
c_p – удельная теплоемкость воздуха Дж/кг·К;
ρ_∞ – плотность воздуха окружающего струю, кг/м^3).

Таблица

Q_0, Вт/м	$Q_к$, Вт/м	$T_{ст}$, К	$u_м$, м/с	Ra_0
100	37,4	577,1	0,1	$9{,}8\cdot10^3$
20	11,1	386,8	0,067	$6{,}8\cdot10^3$
10	5,9	346,4	0,054	$4{,}6\cdot10^3$
1	0,56	300,5	0,025	$8{,}0\cdot10^2$

В процессе вычислений находились распределения продольной скорости u_x, избыточной температуры ΔT_x и соответствующие значения Ra_x.

На рис. 2 показаны результаты вычислений относительных осевой скорости $\bar{u}_x = u_x / u_м$, осевой избыточной температуры $\Delta \bar{T}_x = \Delta T_x / \Delta T_П$ и числа Рэлея $\overline{\mathrm{Ra}}_x$.

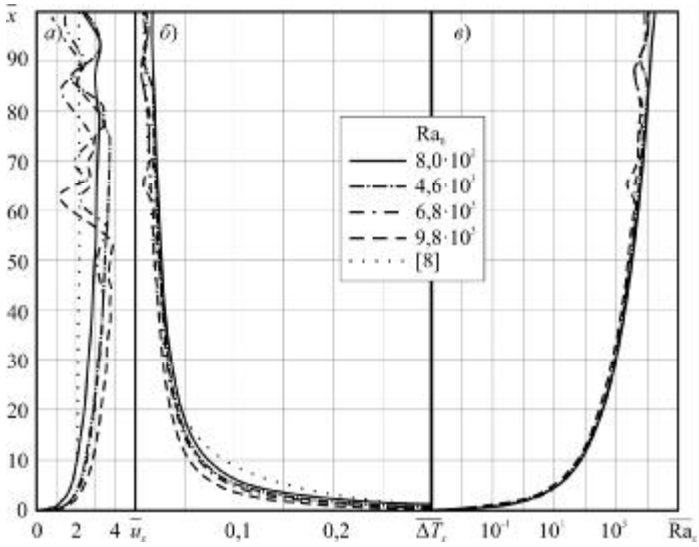


Рис. 2. Изменение относительных характеристик по высоте струи:
а – осевая скорость, *б* – осевая избыточная температура, *в* – текущее число Рэлея

Точками показаны кривые построенные по формулам И.А. Шепелева [8]:

- осевая скорость:

$$u_x^3 = \frac{g \times Q_к}{c_p \times \rho_\infty \times T_\infty} \times f_1\left(\frac{x}{b}\right); \qquad (6)$$

где

$$f_1\left(\frac{x}{b}\right) = \sqrt{\frac{1+\mathrm{Pr}_ж}{\mathrm{Pr}_ж}}\left[\frac{1}{\sqrt{\pi}c}\frac{\sqrt{2}\times cx}{\sqrt{3}\times b} \times erf\left(\frac{\sqrt{3}\times b}{\sqrt{2}\times cx}\right)\right];$$

- осевая избыточная температура:

$$\Delta T_x^3 = \frac{T_\infty}{c_p^2 \times \rho_\infty^2 \times g} \times \frac{Q_к^2}{b^3} f_2\left(\frac{x}{b}\right); \qquad (7)$$

где

$$f_2\left(\frac{x}{b}\right) = \frac{1}{8 \times f_1\left(\frac{x}{b}\right)}\left[erf\left(\frac{\sqrt{1+\mathrm{Pr}_ж}\times b}{\sqrt{2}\times cx}\right)\right]^3;$$

$\mathrm{Pr}_ж$ – турбулентное число Прандтля (согласно рекомендациям [7] принято равным 0,85);
c – экспериментальная константа, рекомендуемое значение которой – 0,082.

Во всех исследованных случаях осевая скорость плавно возрастает с высотой. При некотором значении $x = x_{кр}$ возникают возмущения, которые далее нарастают, течение становится неустойчивым. Можно предположить, что такие возмущения соответствуют началу переходного режима, который затем переходит в развитый турбулентный. На этом же рисунке показано как изменяется текущее значение числа Рэлея $\overline{\mathrm{Ra}}_x$.

Здесь неустойчивость возникает на большей высоте. Объяснение этому факту состоит видимо в том, что $\overline{\mathrm{Ra}}_x$ зависит только от избыточной температуры – формула (5). Из рис. 2 видно, что кинематическая неустойчивость течения наступает заметно раньше, чем начинаются колебания температуры, поэтому и колебания $\overline{\mathrm{Ra}}_x$ начинаются на большей высоте.

На рис. 3 показаны связи между критической высотой $\bar{x}_{кр}$ и значением числа Ra_0, определенные по показателям неустойчивости характеристик $\bar{u}_x$ и $\overline{Ra}_x(DT_x)$.

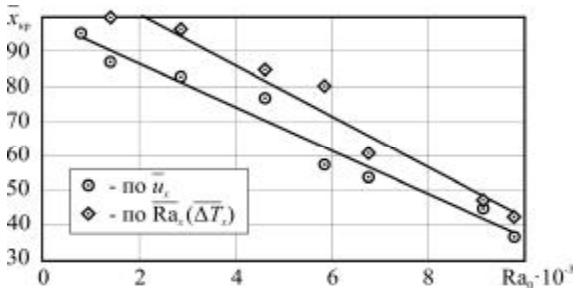


Рис. 3. Изменение $\bar{x}_{кр}$

В обоих случаях зависимость эта близка к линейной:

- по показателю кинематической неустойчивости:

$$\bar{x}_{кр} = -0{,}0062 \times Ra_0 + 99,$$

- по показателю температурной неустойчивости:

$$\bar{x}_{кр} = -0{,}0073 \times Ra_0 + 115.$$

Приведем еще результаты расчета осевой скорости в струе, полученные при решении системы уравнений турбулентного движения. Для замыкания системы уравнений использовались три модификации *k*-ε модели турбулентности – «стандартная» (SKE), «реализуемая» (RKE) и «ренормализованных групп» (RNGKE), и две модификации модели Рейнольдсовых напряжений устанавливающих связь между корреляциями давления и напряжений – линейной (RSM LPS) и квадратичной (RSM QPS). Результаты вычислений при $Ra_0 = 7{,}8 \cdot 10^3$ приведены на рис. 4, из которого видно, что использование RSM моделей приводит к существенному несоответствию с аппробированной формулой (6).

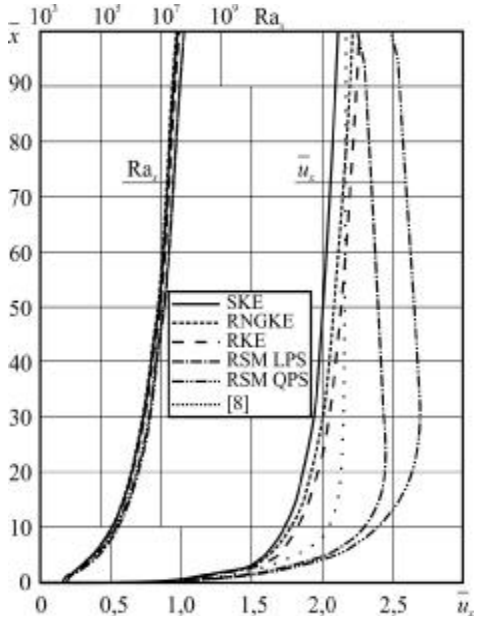


Рис. 4. Сравнение результатов численного расчета с использованием различных моделей замыкания системы уравнений турбулентного движения

Расчеты, проведенные при разных значениях числа Рэлея ($4 \cdot 10^2 < Ra_0 < 1 \cdot 10^{11}$) показали, что скорость в струе возрастает с увеличением Ra_0, однако зависимость эта не

так существенна. В практических расчетах можно воспользоваться формулой (6), в которой параметр Ra_0 отсутствует и которая довольно хорошо соответствует результатам численных расчетов по *k*-ε моделям. Заметим, что формула (6) хорошо соответствует результатам с использованием ламинарной модели при $\bar{x} < 10$, далее расхождение становится все заметнее. При использовании турбулентных моделей все наоборот – формула (6) довольно сильно расходится с численным решением при $\bar{x} < 30$, после – результаты аналитического и численного решений практически совпадают.

Список библиографических ссылок

1. Батурин В.В., Эльтерман В.М. Аэрация промышленных зданий. 2-е изд., испр. и доп. – М.: Госстройиздат, 1963. – 317 с.
2. Кутателадзе С.С. Теплопередача и гидродинамическое сопротивление: Справочное пособие. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 367 с.
3. Попов И.А. Гидродинамика и теплообмен внешних и внутренних свободноконвективных вертикальных течений с интенсификацией. Интенсификация теплообмена: монография / Под общ. ред. Ю.Ф. Гортышова. – Казань: Центр инновационных технологий, 2007. – 326 с.
4. Martynenko O.G., Khramtsov P.P. Free-Convective Heat Transfer // Free. Heat Transf. With Many Photogr. Flows Heat Exch. Berlin/Heidelberg: Springer-Verlag, 2005. – 516 p.
5. Corcione M. Heat transfer correlations for free convection from upward-facing horizontal rectangular surfaces // WSEAS Trans. Heat Mass Transf., 2007, Vol. 2, № 3. – P. 48-60.
6. Уонг Х. Основные формулы и данные по теплообмену для инженеров / Справочник. – М.: Атомиздат, 1979. – 216 с.
7. ANSYS FLUENT 6.3 Documentation / 12.3.8 Convective Heat and Mass Transfer Modeling. URL: https://www.sharcnet.ca/Software/Fluent6/html/ug/node476.htm (дата обращения: 27.02.2016).
8. Романов С.В., Посохин В.Н., Зиганшин А.М. О влиянии способа подвода тепла на результаты численного решения задачи о свободной конвекции над объёмным теплоисточником // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики, 2013, № 3-4. – С. 48-53.

Posokhin V.N. – doctor of technical sciences, professor
E-mail: posohin@kgasu.ru
Ziganshin A.M. – candidate of technical sciences, associate professor
E-mail: amziganshin@kgasu.ru
Gorohova A.Y. – student
E-mail: alealen-94@mail.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

About natural convection over the horizontal heat sources

Resume

This work presents results of numerical research of natural convection above the horizontal plate flush with the surrounding surface. Arising jet can be divided into three sections – initial where the flow has a laminar flow regime, continue to increase the height of the flow begins to lose stability – a zone of transition flow, and with a certain height – developed turbulence jet. The concept of the Rayleigh number for an arbitrary section Ra_x, as the sum of Ra_0 – shows the ratio of gravity forces and viscous forces in the area adjacent to the horizontal heat source, and ΔRa_x additive characterizes the change in the number of Rayleigh on the jet height.

Conducted a series of numerical studies using laminar model i.e. solve a system of equations of fluid motion without the use of RANS approach. Solving the tasks with changing of heat flux of the source, so that Ra_0 was within $8 \cdot 10^2 \div 10^4$, which corresponds to a laminar

mode of heat transfer. At the same time, Ra_x values depending on the height changed significantly. According to the numerical results plotted the graphs of changes of relative axial velocity and excessive temperature and relative Rayleigh number $\overline{Ra}_x = Ra_x / Ra_0$. There was some critical height x_{cr} – the beginning of the transient zone. Also determined the dependence $\overline{x}_{кр} = f(Ra_0)$.

Further results of numerical modeling using RANS approach are shown. The graphs of the relative change in axial velocity using different turbulence models are plotted. It is shown that, *k*-ε model reproduce the kinematics of the flow better than the other on the main zone of the jet, and on the initial section – laminar model.

Keywords: natural convection, flat heat source, flow regimes, the critical value of the Rayleigh number, turbulence models.

Reference list

1. Baturin V.V., Elterman V.M. Aeration of industrial buildings. 2nd ed.. and ext. – M.: Gosstroiizdat, 1963. – 317 p.
2. Kutateladze S.S. Heat transfer and flow resistance: A Reference Guide. – M.: Energoatomisdat, 1990. – 367 p.
3. Popov I.A. Hydrodynamics and heat transfer of external and internal natural convection vertical flows with intensification. Enhancement of heat transfer: a monograph / Ed. Y.F. Gortyshov. – Kazan: Center for Innovative Technologies, 2007. – 326 p.
4. Martynenko O.G., Khramtsov P.P. Free-Convective Heat Transfer // Free. Heat Transf. With Many Photogr. Flows Heat Exch. Berlin / Heidelberg: Springer-Verlag, 2005. – 516 p.
5. Corcione M. Heat transfer correlations for free convection from upward-facing horizontal rectangular surfaces // WSEAS Trans. Heat Mass Transf., 2007, Vol. 2, № 3. – P. 48-60.
6. Wang H. Basic formulas and data on heat transfer for engineers / Directory. – M.: Atomizdat, 1979. – 216 p.
7. ANSYS FLUENT 6.3 Documentation / 12.3.8 Convective Heat and Mass Transfer Modeling. URL: https://www.sharcnet.ca/Software/Fluent6/html/ug/node476.htm (reference date: 02.27.2016).
8. Romanov S.V., Posokhin V.N., Ziganshin A.M. The effect of the method of heat input to the results of numerical solution of the problem of free convection on volumetric heat sources // Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij. Problemy energetiki, 2013, № 3-4. – P. 48-53.

УДК 697 922
Посохин В.Н. – доктор технических наук, профессор
E-mail: posohin@kgasu.ru
Кареева Ю.Р. – кандидат технических наук, ассистент
E-mail: jkareeva2503@gmail.com
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1

О потерях давления при струйной подаче воздуха в ограниченные объемы

Аннотация

Численным методом с помощью программного комплекса Flunt определяются потери давления и коэффициенты местных сопротивлений (кмс) для разных схем сосредоточенной подачи воздуха в ограниченные вентилируемые объемы. Значения возникающего при этом избыточного давления зависит от параметров поперечного и продольного стеснения, может быть весьма существенным и должно учитываться при аэродинамическом расчете вентиляционных систем.

Ключевые слова: стесненные струи, параметры стеснения, потери давления, коэффициент местного сопротивления, численный метод.

При сосредоточенной подаче воздуха в ограниченные объемы, в последних формируется избыточное давление, препятствующее продвижению струи. Значение противодавления зависит от параметров поперечного и продольного стеснения, взаиморасположения приточных и вытяжных отверстий. Оно может быть весьма существенным и должно учитываться при выборе нагнетателя. В этой статье на основе ранее полученных результатов определяются потери давления и соответствующие значения кмс для различных схем подачи и удаления воздуха плоскими и осесимметричными струями при изменении параметров стеснения.

Ранее авторами было проведено численное исследование стесненных струй в каналах при разном расположении приточных и вытяжных отверстий: плоский и цилиндрический тупик, плоский проточный канал, каналы с соосным и несоосным расположением приточного и вытяжного отверстий.

В результате были определены зависимости всех основных геометрических, кинематических и отчасти тепловых характеристик течений от параметров поперечного $\bar{b}_0(\bar{r}_0)=b_0/H(r_0/R)$ и продольного $\bar{l}=l/H(l/R)$ стеснения; b_0 (r_0) – половина высоты (радиус) приточной щели (круглого отверстия), $H(R)$ – половина высоты (радиус) плоского (цилиндрического) канала, l – длина канала.

Для замыкания системы уравнений турбулентного движения принималась «стандартная» k – ε модель (k – кинетическая энергия турбулентных пульсаций, ε-скорость диссипации). При моделировании пристенных пограничных слоев использовалось расширенное пристеночное моделирование (Enhanced Wall Treatment).

Граничные условия задачи:

- приточное отверстие – скорость на истечении равномерна и направлена по нормали к границе: $\vec{u}_0=const$, $\vec{u}_0=u_n$;

- вытяжное отверстие, свободная граница – избыточное давление на границе – $\Delta p=0$; скорость направлена по нормали к границе – $\vec{u}=u_n$; $\frac{\P k}{\P n}=0$, $\frac{\P e}{\P n}=0$;

- твердые стенки: условие прилипания – $u=0$; условие непроницаемости – $\frac{\P u_n}{\P n}=0$;

Расчетная область покрывалась сеткой, минимальный размер ячеек в области пограничного слоя – 2,32x10^{-7} м, максимальный размер – 6,4x10^{-6}м.

Во всех случаях значения кмс определяются из соотношения:

$$z=\frac{P_{\text{L}}^{\text{пр}}-P_{\text{L}}^{в}}{P_{\text{дL}}^{\text{пр}}}=\frac{P_{\text{cL}}^{\text{пр}}+P_{\text{дL}}^{\text{пр}}-P_{\text{cL}}^{в}-P_{\text{дL}}^{в}}{P_{\text{дL}}^{\text{пр}}}. \quad (1)$$

Здесь индекс L означает, что значения давлений полного P, статического P_c, динамического $P_д$ усредняются по расходам в сечениях, где воздух подается в канал (индекс «*пр*») и удаляется из тупика (индекс «*в*»).

Распределения скоростей и статических давлений в соответствующих сечениях, как уже отмечалось, ранее были найдены в работах [1-8].

Перейдем далее к анализу различных схем подачи и удаления воздуха.

Струя в тупике (рис. 1).

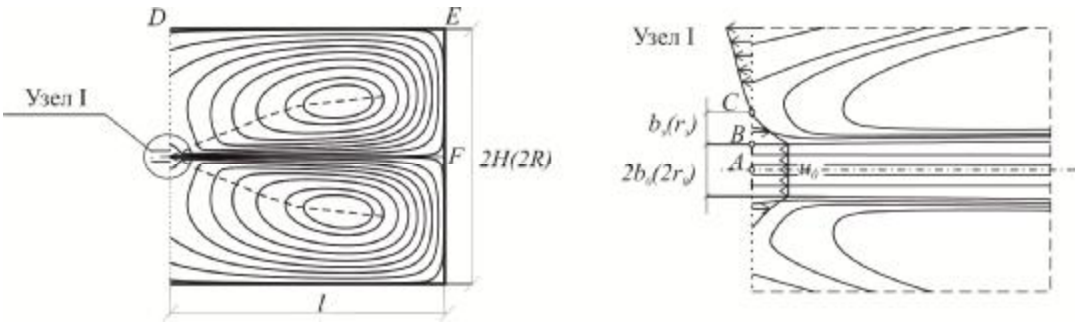


Рис. 1. Схема струйного течения в тупике: отрезок АВ – подача струи в тупик; отрезок ВС – зона, в пределах которой воздух извне эжектируется струей; CD – отрезок, где воздух вытекает из тупика

Определим расходы воздуха на соответствующих отрезках для случая плоской струи в тупике:

- приток – отрезки АВ и ВС:

$$L_{AB}=u_0b_0;\ L_{BC}=u_0b_0\int_{\bar b_0}^{\bar b_0+\bar b_э}\bar u_x d\bar y; \tag{2}$$

- удаление – отрезок CD:

$$L_{CD}=u_0b_0\int_{\bar b_0+\bar b_э}^{1}\bar u_x d\bar y. \tag{3}$$

Вычислим далее значения осредненного по расходам статического и динамического давлений на отрезках:

- отрезок АВ:

$$P_{cL}^{пр}=\frac{\rho u_0^2}{2}\times 2\int_0^{\bar b_0}\bar P_c d\bar y;\ P_{дL}^{пр}=\frac{\rho u_0^2}{2}; \tag{4}$$

- отрезок ВС:

$$P_{cL}^{пр}=\frac{\rho u_0^2}{2}\int_{\bar b_0}^{\bar b_0+\bar b_э}\bar P_c\bar u_x d\bar y\Big/\int_{\bar b_0}^{\bar b_0+\bar b_э}\bar u_x d\bar y;\ \bar P_{дL}^{пр}=\frac{\rho u_0^2}{2}\times\frac{\int_{\bar b_0}^{\bar b_0+\bar b_э}\bar u_x^3 d\bar y}{\int_{\bar b_0}^{\bar b_0+\bar b_э}\bar u_x d\bar y}; \tag{5}$$

- отрезок CD:

$$P_{cL}^{в}=\frac{\rho u_0^2}{2}\int_{\bar b_0+\bar b_э}^{1}\bar P_c\bar u_x d\bar y\Big/\int_{\bar b_0+\bar b_э}^{1}\bar u_x d\bar y;\ \bar P_{дL}^{в}=\frac{\rho u_0^2}{2}\times\frac{\int_{\bar b_0+\bar b_э}^{1}\bar u_x^3 d\bar y}{\int_{\bar b_0+\bar b_э}^{1}\bar u_x d\bar y}. \tag{6}$$

В приведенных выше соотношениях u_x, $b_э$ – распределение продольной компоненты скорости и размер зоны эжекции, соответственно – находятся в процессе численного решения:

$$\bar u_x=\frac{u_x}{u_0},\ \bar b_э=\frac{b_э}{H},\ \bar H=1,\ \bar P_c=\frac{P_c}{\rho u_0^2/2}.$$

Течение в проточном канале (рис. 2).

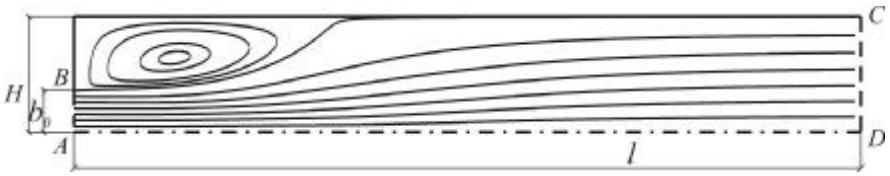


Рис. 2. Схема струйного течения в проточном канале:
отрезок АВ – подача струи в тупик; CD – отрезок, где воздух вытекает из тупика

Определим расходы воздуха на соответствующих отрезках для случая плоской струи в тупике:

- приток – отрезок АВ:

$$L_{AB}=u_0 b_0; \tag{7}$$

- удаление – отрезок CD:

$$L_{CD}=u_0 b_0 \int_0^1 \bar{u}_x d\bar{y}. \tag{8}$$

Вычислим далее значения давлений P_{cL}, $P_{\partial L}$ на отрезках:

- отрезок АВ:

$$P_{cL}^{пр}=\frac{\rho u_0^2}{2}\times 2\int_0^{\bar{b}_0}\bar{P}_c d\bar{y};\ P_{дL}^{пр}=\frac{\rho u_0^2}{2}; \tag{9}$$

- отрезок CD:

$$P_{cL}^{в}=\frac{\rho u_0^2}{2}\int_0^1 \bar{P}_c \bar{u}_x d\bar{y}\Big/\int_0^1 \bar{u}_x d\bar{y};\ \bar{P}_{дL}^{в}=\frac{\rho u_0^2}{2}\times\frac{\int_0^1 \bar{u}_x^3 d\bar{y}}{\int_0^1 \bar{u}_x d\bar{y}}. \tag{10}$$

Течение при несоосном расположении приточного и вытяжного отверстий (рис. 3).

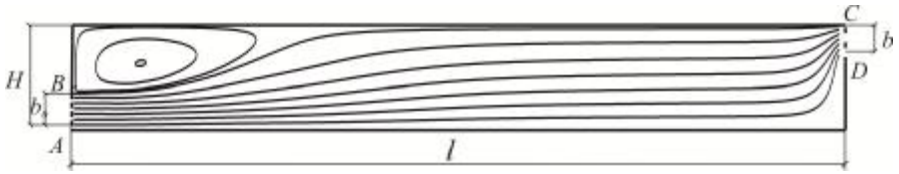


Рис. 3. Схема струйного течения в тупике с несоосным расположением приточного и вытяжного отверстий: отрезок АВ – подача струи в тупик; CD – отрезок, где воздух вытекает из тупика

Определим расходы воздуха и давления на отрезках:

- приток – отрезок АВ:

$$L_{AB}=u_0 b_0; \tag{11}$$

- удаление – отрезок CD:

$$L_{CD}=u_0 b. \tag{12}$$

Вычислим далее значения осредненного по расходам статического и динамического давлений на отрезках:

- отрезок АВ:

$$P_{cL}^{пр}=\frac{\rho u_0^2}{2}\times 2\int_0^{\bar{b}_0}\bar{P}_c d\bar{y};\qquad P_{дL}^{пр}=\frac{\rho u_0^2}{2}; \tag{13}$$

- отрезок CD:

$$P_{cL}^{в}=\frac{\rho u_0^2}{2}\int_{1-\bar{b}}^1 \bar{P}_c d\bar{y};\qquad \bar{P}_{дL}^{в}=\frac{\rho u^2}{2}. \tag{14}$$

Осредненные по расходам значения полного давления на отрезках находятся суммированием.

На рис. 4 представлены результаты вычислений ζ по формуле (1) для плоского и осесимметричного тупика длиной $\bar{l}$=14,82 и $\bar{l}$=4,82, плоского проточного канала и тупика с несоосным расположением мест подачи и удаления воздуха в зависимости от параметра поперечного $\bar{b}_0$ и продольного стеснения $\bar{l}$.

Рис. 4. Зависимость кмс от параметров стеснения

Во всех случаях плоского течения кмс быстро возрастает при увеличении $\bar{b}_0$, достигая максимального значения при $\bar{b}_0 \approx 0,04$, 0,1, после чего ζ плавно уменьшается. Значение кмс для осесимметричного течения в тупике достигает максимального значения при $\bar{r}_0 > 0,18$ и далее от $\bar{r}_0$ зависит слабо. Параметр продольного стеснения не оказывает заметного влияния на величину кмс. Наименьшее значение величина кмс принимает при течении струи в проточном канале.

Пример. Определим противодавления в плоском и осесимметричном тупиковом и проточном канале и в канале при несоосном расположении приточного и вытяжного отверстий. Размеры канала: *H(R)*=3,0 м, *l*=14,5 м ($\bar{l} = 14,5/3 = 4,83$). Воздуха через щель высотой $2b_0(r_0)$= 0,2 м ($\bar{b}_0 = \bar{r}_0 = 0,1/3 = 0,067$) и подается со скоростью u_0=10 м/с.

По графику рис. 4 определим ζ и найдем противодавление:

- плоский тупик – ζ =0,89, $\Delta P = \zeta \frac{\rho u_0^2}{2} = 0,89 \times \frac{1,2 \times 10^2}{2} = 53,4$ Па.

- осесимметричный тупик – ζ =0,93, $\Delta P = \zeta \frac{\rho u_0^2}{2} = 0,93 \times \frac{1,2 \times 10^2}{2} = 55,8$ Па.

- плоский проточный канал – ζ =0,89, $\Delta P = \zeta \frac{\rho u_0^2}{2} = 0,89 \times \frac{1,2 \times 10^2}{2} = 53,4$ Па.

- плоский канал с несоосным расположением приточного и вытяжного отверстий – ζ =1,05, $\Delta P = \zeta \frac{\rho u_0^2}{2} = 1,05 \times \frac{1,2 \times 10^2}{2} = 63$ Па.

Как мы видим противодавление является существенно и оно должно учитываться при аэродинамических расчетах вентсистем. Наибольшее противодавление получается при течении струи в канале с несоосным расположением приточного и вытяжного отверстий. Для остальных случаев оно примерно одинаковое.

Список библиографических ссылок

1. Посохин В.Н., Зиганшин А.М., Кареева Ю.Р. К расчету стесненной осесимметричной струи // Материалы VIII международной научной конференции «Качество внутреннего воздуха и окружающей среды». – Волгоград: ВолгГАСУ, 2010. – С. 479-482.
2. Посохин В.Н., Кареева Ю.Р. Характеристики плоской турбулентной струи в тупиках разной длины // Материалы IX Международной конференции «Качество внутреннего воздуха и окружающей среды». – Волгоград: ВолгГАСУ, 2011. – С. 272-276.
3. Посохин В.Н., Кареева Ю.Р. Осесимметричная турбулентная струя в тупике // ИВУЗ. Строительство, 2011, № 3. – С. 64-70.
4. Посохин В.Н., Кареева Ю.Р. Численное исследование плоской струи в тупиках разной длины при соосном расположении приточного и вытяжного отверстий // Известия КГАСУ, 2011, № 2 (16). – С. 161-165.
5. Посохин В.Н., Кареева Ю.Р. Характеристики турбулентной плоской струи в тупике при разном расположении приточного и вытяжного отверстий // ИВУЗ. Строительство, 2011, № 7. – С. 27-33.
6. Посохин В.Н., Кареева Ю.Р. Численное исследование плоской струи, истекающей из щели конечного размера в тупик // Известия КГАСУ, 2012, № 2 (20). – С. 135-140.
7. Посохин В.Н., Сафиуллин Р.Г., Кареева Ю.Р. Численное исследование струйного течения в ограниченном пространстве // Вестник КГТУ им. А.Н. Туполева, 2012, № 2. – С. 30-34.
8. Посохин В.Н., Кареева Ю.Р. Плоская струя, истекающая из щели конечного размера в тупик // Материалы X Международной конференции «Качество внутреннего воздуха и окружающей среды». – Волгоград: ВолгГАСУ, 2012. – С. 178-183.

Posohin V.N. – doctor of technical sciences, professor
E-mail: posohin@kgasu.ru
Kareeva J.R. – candidate of technical sciences, assistant
E-mail: jkareeva2503@gmail.com
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

About pressure loss at jet flow in limited spaces

Resume

Based on previous results pressure loss and coefficients of local resistance for different schemes of inflow and outflow in ventilation spaces are defined. Jet flows in flat and cylindrical dead-end, flat flowing channel, channel with out-of-alignment inflow and outflow are considered. Values of overpressure depend on longitudinal and transversal constrained parameters. It can be essential and it has to be considered at aerodynamic calculation of ventilation systems. Calculation is carried out numerically with the help of program complex Fluent. To close the system of equations of turbulent motion «standard» k – ε model is accepted (k – kinetic energy of turbulent fluctuations, ε – dissipation rate). In the simulation, the wall boundary layers used advanced modeling parietal (Enhanced Wall Treatment).

The results show that increasing the value of the cross constrained leads to a drastic change in the value of the local resistance coefficient. Parameter longitudinal constrained on the contrary has no appreciable effect on the value of coefficient of local resistance. The smallest value of the value of coefficient of local resistance takes for the flow of the jet in the flowing channel, the largest – in the flow of the jet in the channel with the out-of-alignment inflow and outflow.

Keywords: constrained jets, constrained parameters, pressure loss, coefficient of local resistance, numerical method.

Reference list

1. Posohin V.N., Ziganshin A.M., Kareeva J.R. To calculation of axisymmetric constrained jet // Materials of the VIII international scientific conference «Quality of indoor air and environment». – Volgograd: VolgGASU, 2010. – P. 479-482.
2. Posohin V.N., Kareeva J.R. Characteristics of flat turbulent jet in dead-ends with different length // Materials of the IX international scientific conference «Quality of indoor air and environment». – Volgograd: VolgGASU, 2011. – P. 272-276.
3. Posohin V.N., Kareeva J.R. Axisymmetric turbulent jet in the dead-end // IVUZ. Stroitelstvo, 2011, № 3. – P. 64-70.
4. Posohin V.N., Kareeva J.R. Numerical research of flat jet in dead-ends with different length at coaxial location of inflow and outflow // Izvestiya KGASU, 2011, № 2 (16). – P. 161-165.
5. Posohin V.N., Kareeva J.R. Characteristics of flat turbulent jet in dead-ends at different places of inflow and outflow // IVUZ. Stroitelstvo, 2011, № 7. – P. 27-33.
6. Posohin V.N., Kareeva J.R. Numerical research of flat jet, flowing from the slit with finite size to the dead-end // Izvestiya KGASU, 2012, № 2 (20). – P. 135-140.
7. Posohin V.N., Safiullin R.G., Kareeva J.R. Numerical research of jet flow in the constrained volume // Vestnik KGTU im. A.N. Tupoleva, 2012, № 2. – P. 30-34.
8. Posohin V.N., Kareeva J.R. Flat jet, flowing from the slit with finite size to the dead-end // Materials of the X international scientific conference «Quality of indoor air and environment». – Volgograd: VolgGASU, 2012. – P. 178-183.

УДК 628.32
Бусарев А.В. – кандидат технических наук, доцент
E-mail: reder1@myrambler.ru
Селюгин А.С. – кандидат технических наук, доцент
E-mail: a.selyugin@inbox.ru
Урмитова Н.С. – кандидат технических наук, доцент
E–mail: urmitova@mail.ru
Каюмов Ф.Ф. – аспирант
E-mail: kayum.91@mail.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

К вопросу очистки нефтесодержащих сточных вод в гидроциклонных установках с коалесцирующими насадками

Аннотация

Эффективность процесса очистки нефтесодержащих сточных вод за счет воздействия гравитационных сил увеличивается путем применения коалесцирующих насадок, которые служат для предварительной обработки нефтесодержащих сточных вод перед отстаиванием. Их применение значительно интенсифицирует процесс очистки нефтесодержащих сточных вод в установках типа блок гидроциклон-отстойник, способствуя укрупнению мелкодисперсных капель нефтепродуктов. Использование коалесцирующих насадок является одним из направлений совершенствования аппаратов типа блок гидроциклон-отстойник.

Ключевые слова: нефтесодержащие сточные воды, очистка, гидроциклон, блок гидроциклон-отстойник, коалесцирующая насадка.

Нефтесодержащие сточные воды образуются на нефтяных промыслах в процессе добычи и подготовки нефти, при мойке автомобилей, от охлаждения технологического оборудования на машиностроительных предприятиях, в резервуарах хранилищах топливного мазута и др. Казанским государственным архитектурно-строительным университетом разработан и внедрен ряд аппаратов типа «блок гидроциклон-отстойник» для очистки нефтесодержащих сточных вод, оборудованных коалесцирующими насадками. При этом в напорных гидроциклонах осуществляется не только разрушение бронирующих оболочек на каплях нефти и частичное расслоение эмульсий типа «нефть в воде», но также происходит коалесценция капель нефти, увеличение монодисперсности нефтяных эмульсий первого рода, что значительно интенсифицирует последующий процесс очистки нефтесодержащих сточных вод методом отстаивания.

В процессе производства часто образуются сточные воды, загрязненные эмульгированными нефтепродуктами и твердыми взвешенными веществами. Значительные объёмы нефтесодержащих сточных вод (НСВ) образуются на нефтепромыслах в процессе добычи и первичной подготовки нефти [1, 2].

НСВ, образующиеся на нефтепромыслах, утилизируются путем их закачки в нагнетательные или поглощающие скважины. Для обеспечения долговременной приёмистости этих скважин необходима очистка нефтепромысловых сточных вод от нефтепродуктов и мехпримесей [3].

К НСВ также относятся стоки, образующиеся в процессе мойки автомобилей, которые загрязнены нефтепродуктами и взвешенными веществами [3]. Очищенные стоки от мойки автомобилей поступают в систему оборотного водоснабжения автомоек.

На многих промышленных предприятиях при транспортировке и хранении мазута, который обычно используется как резервное топливо, образуются мазутсодержащие сточные воды. После их глубокой очистки они могут сбрасываться в системы водоотведения населенных пунктов [3]. В процессе охлаждения технологического оборудования на машиностроительных предприятиях может образовываться достаточно большое количество НСВ, которые после очистки возвращаются в систему оборотного водоснабжения [3].

Образование стойких эмульсий типа «нефть в воде» (Н/В), осуществляется за счет интенсивного диспергирования внутренней фазы [1]. Стабилизация нефтяных эмульсий первого рода происходит, в основном, из–за образования на поверхности нефтяных капель «бронирующих» оболочек, обладающих высокой механической прочностью. Эти оболочки формируются на границе раздела фаз вследствие адсорбции природных эмульгаторов (стабилизаторов) [1].

Разрушение (разделение) эмульсий типа Н/В осуществляется в три этапа. На первом этапе происходит разрушение «бронирующих» оболочек вокруг капель нефти, что способствует снижению агрегативной и кинематической устойчивости нефтяных эмульсий первого рода. На втором этапе осуществляется укрупнение (коалесценция) капель нефтепродуктов, а на третьем расслоение эмульсий типа Н/В на нефтепродукты и воду под действием сил тяжести [1].

Исходя из данного механизма разрушения нефтяных эмульсий первого рода, на кафедре «Водоснабжение и водоотведение» (ВиВ) Казанского государственного архитектурно-строительного университета (КГАСУ) для очистки НСВ были разработаны установки типа «блок гидроциклон-отстойник» (БГО) [1-3]. Как показали исследования, проводившиеся в КГАСУ, в напорных двухпродуктовых цилиндроконических гидроциклонах осуществляется не только разрушение бронирующих оболочек на каплях нефти и частичное расслоение эмульсий типа Н/В, но также происходит коалесценция (укрупнение) капель нефти, а также увеличение монодисперсности нефтяных эмульсий первого рода, что значительно интенсифицирует последующий процесс очистки НСВ методом отстаивания [1, 2].

Эффективность процесса очистки НСВ за счет воздействия гравитационных сил можно еще увеличить путем применения фильтрующих гидродинамических, т.е. коалесцирующих насадок, в которых нефтесодержащие стоки обрабатываются перед их поступлением в отстойники различных конструкций [4].

В КГАСУ разработан целый ряд аппаратов типа БГО, оборудованных коалесцирующими насадками. На рис. 1 представлен блок гидроциклон-отстойник БГО-300 производительностью 300 м^3/сут, внедрённый на Донецком экскаваторном заводе (г. Донецк Ростовской области РФ) [4].

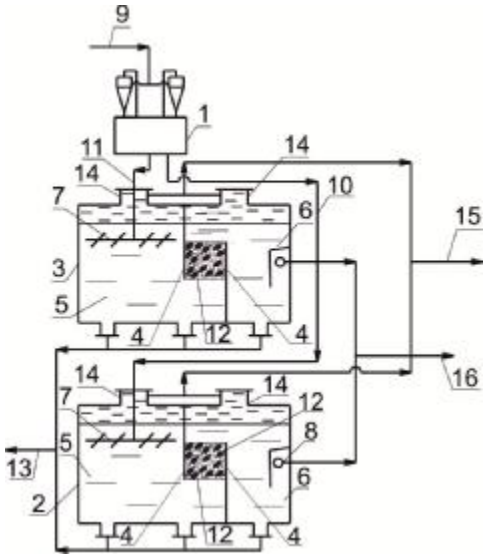


Рис. 1. Схема установки БГО-300

БГО-300 предназначен для очистки НСВ, образующихся в резервуарах топливного мазута при его длительном хранении и позволяет снизить концентрацию нефтепродуктов в сточной воде с 10000 до 10 мг/л, а содержание взвешенных веществ – со 180 до 50 мг/л [4]. БГО-300 состоит из батареи напорных цилиндроконических двухпродуктовых гидроциклонов конструкции КГАСУ – 1, отстойника нижнего слива – 2, отстойника верхнего

слива – 3, соединительных трубопроводов, запорно-регулирующей арматуры, а также системы контрольно-измерительных приборов и автоматики (КИПиА). Отстойники нижнего – 2 и верхнего – 3 – сливов перегородками – 4 – разделены на отсеки предварительного отстаивания – 5 и дополнительного отстаивания – 6. В отсеках предварительного отстаивания – 5 размещаются системы распределения исходной воды – 7, которые представляют собой коллекторы с двойными перфорированными ответвлениями. В отсеках дополнительного отстаивания – 6 располагаются системы сбора очищенной воды – 8, которые представляют собой перфорированные трубопроводы [4]. Отстойники работают в безнапорном режиме. Система КИПиА измеряет давление на входе в гидроциклонах, расход очищенной воды и регулирует межфазные уровни в отсеках отстойников [4].

Вода на очистку в установку БГО-300 подается насосом по трубопроводу – 9 под давлением 0,3-0,4 МПа [4]. Под действием сил центробежного поля, возникающего за счёт тангенциального ввода НСВ в напорные цилиндроконические гидроциклоны, взвешенные вещества, как более тяжелая фаза, отбрасываются к стенкам корпуса этих аппаратов и удаляются через их нижние сливные отверстия (нижний слив). Нефтепродукты, как более легкая фаза, концентрируются в осевой части гидроциклона, а затем, вместе с частью воды, выносятся через верхние сливные отверстия (верхний слив) гидроциклона [1, 2]. Нижний слив гидроциклонов по трубопроводу – 10 поступает в отстойник – 2, а верхний слив по трубопроводу – 11 – в отстойник 3. В отсеках – 5 всплывают наиболее крупные капли нефтепродуктов, и оседает основная масса взвеси. Далее сточная вода фильтруется через коалесцирующие насадки – 12 и поступает в отсеки – 6. Насадки представляют собой слой гидрофобизированного керамзита фракции 15-20 мм. В них осуществляется укрупнение капель нефтепродуктов, которые затем всплывают в отсеках – 6 [4]. Осадок, накапливающийся в отстойниках – 2-3 под периодически удаляется по трубопроводу – 13. Всплывшие в отстойниках – 2-3 нефтепродукты через нефтесборники – 14 удаляются по трубопроводу – 15. Очищенная вода отводится по трубопроводу – 16.

Для очистки НСВ, образующихся при мойке автотранспорта была разработана установка БГОФ-100 производительностью 108 м^3/сут (рис. 2), внедренная в автохозяйстве ОАО «Бугульманефтемаш» (г. Бугульма, Республика Татарстан).

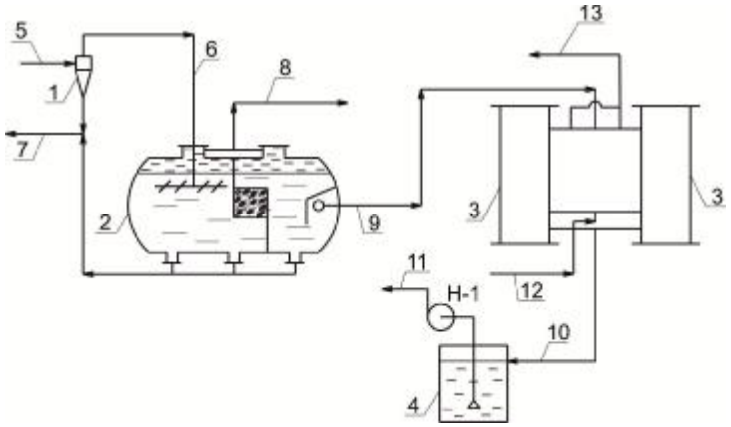


Рис. 2. Схема установки БГОФ-100

Установка позволяет снизить в сточной воде концентрацию взвешенных веществ с 3000 до 10 мг/л, а содержание нефтепродуктов – с 900 до 15 мг/л [4]. В состав установки БГОФ-100 входят: напорный двухпродуктовый цилиндроконический гидроциклон конструкции КГАСУ – 1, напорный отстойник – 2, автоматизированная сверхскоростная фильтровальная установка АСФУ-100 производительностью 108 м^3/сут, состоящая из сверхскоростных фильтров конструкции КГАСУ – 3, емкость для очищенной воды – 4, соединительные трубопроводы, запорно-регулирующая арматура, насосы и система КИПиА [4]. Гидроциклон – 1 предназначен для очистки НСВ от твердых взвешенных веществ. Конструкция отстойника – 2 аналогична конструкции отстойников установки БГО-300. АСФУ-100 предназначена для глубокой очистки НСВ от мойки автомобилей.

Сверхскоростные фильтры, входящие в состав этой установки загружены кварцевым песком. Фильтрование осуществляется сверху вниз. Система КИПиА кроме регулирования тех же параметров, что и у установки БГО-300, обеспечивает промывку сверхскоростных фильтров в автоматическом режиме фильтратом, который на промываемый фильтр подается с работающих [4].

Сточная вода от мойки автомобилей подается на очистку в установку БГОФ-100 насосом по трубопроводу – 5 под давлением не менее 0,6 МПа. Очищенная от взвеси сточная вода (верхний слив гидроциклона) под избыточным давлением не менее 0,4 МПа по трубопроводу – 6 поступает в отстойник – 2. Из нижнего слива гидроциклона сточная вода, сильно загрязненная взвешенными веществами, под избыточным давлением по трубопроводу – 7 подается в песковые бункера. Уловленные в отстойнике – 2 нефтепродукты под избыточным давлением периодически отводятся по трубопроводу – 8 в емкость для нефтепродуктов. Накапливающийся в отстойнике – 2 осадок отводится под избыточным давлением по трубопроводу – 7 в шламонакопитель. Предварительно очищенная вода под избыточным давлением по трубопроводу – 9 подается на доочистку в установку АСФУ-100 очищенная вода из которой под остаточным давлением по трубопроводу – 10 подается в емкость – 4, из которой насосами Н-1 по трубопроводу – 11 подается в систему оборотного водоснабжения автомойки. Для регенерации фильтрующей загрузки в сверхскорые фильтры по трубопроводу – 12 подается сжатый воздух. Загрязненная промывная вода под остаточным давлением отводится из сверхскоростных фильтров по трубопроводу – 13.

Для очистки нефтесодержащих сточных вод систем охлаждения технологического оборудования предназначена гидроциклонная установка БГУ-6 производительностью 6 м^3/ч (рис. 3), внедренная на Казанском заводе медаппаратуры (г. Казань) [4].

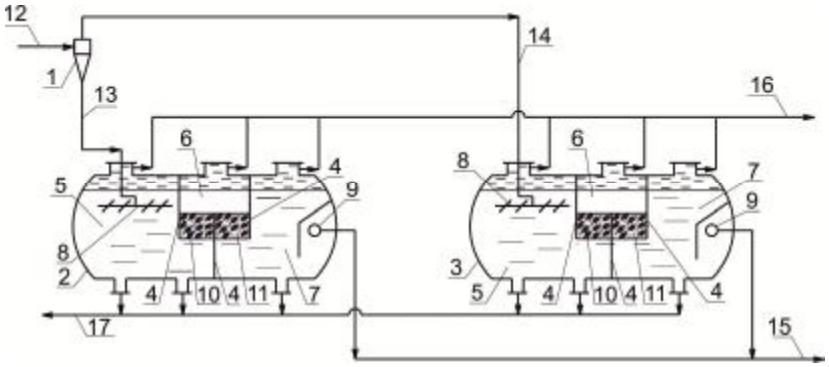


Рис. 3. Схема установки БГУ-6

Концентрация нефтепродуктов в сточной воде на данной установке снижается с 3000 до 20 мг/л, а содержание взвешенных веществ – с 200 до 30 мг/л [4]. Установка БГУ-6 состоит из напорного двухпродуктового цилиндроконического гидроциклона конструкции КГАСУ – 1, напорных отстойников нижнего слива – 2 и верхнего слива – 3, трубопроводов, запорно-регулирующей арматуры и системы КИПиА. Отстойники – 2-3 перегородками – 4 разделены на отсек предварительного отстаивания – 5, отсек с коалесцирующими насадками – 6 и отсек дополнительного отстаивания – 7. В отсеках – 5 располагаются распределительные системы НСВ – 8, а в отсеке – 7 – система сбора очищенной воды – 9. В отсеках – 6 располагаются две коалесцирующие насадки – 10-11. Загрузка коалесцирующей насадки – 10 представляет слой гидрофобизированного керамзита фракции 15-20 мм, а насадки – 11 – слой дробленого гидрофобизированного керамзита фракции 3-5 мм [4]. Данная конструкция коалесцирующих насадок обеспечивает более эффективную коалесценцию капель нефти, всплывающих в отсеке – 7. Система КИПиА выполняет те же функции, что и у БГО-300.

НСВ подаются в гидроциклон – 1 под избыточным давлением не менее 0,4 МПа по трубопроводу – 12. Нижний слив гидроциклона под избыточным давлением не менее 0,2 МПа по трубопроводу поступает в отстойник – 2, а верхний слив по трубопроводу – 14 – в

отстойник – 3. Очищенная вода из отстойников – 2-3 под избыточным давлением отводится по трубопроводу – 15. Уловленные в отстойниках – 2-3 нефтепродукты отводятся от них под избыточным давлением по трубопроводу – 16. Осадок, накапливающийся в отстойниках – 2-3, отводится под избыточным давлением по трубопроводу – 17.

Установка БГО-5000 производительностью 5000 м^3/сут (рис. 4), внедренная на нефтепромыслах ОАО «Татнефть» [5], предназначена для очистки нефтепромысловых сточных вод.

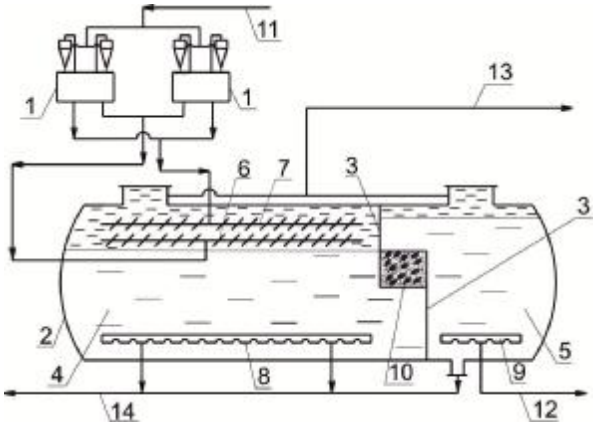


Рис. 4. Схема установки БГО-5000

Установка позволяет снизить концентрацию нефтепродуктов в НСВ с 3000 до 60 мг/л, а содержание взвешенных веществ – с 200 до 50 мг/л [5]. Состоит БГО-5000 из двух батарей напорных двухпродуктовых цилиндроконических гидроциклонов конструкции КГАСУ – 1, напорного отстойника – 2, трубопроводов, запорно-регулирующей арматуры, а также системы КИПиА. Отстойник – 2 разделен перегородками – 3 на отсек предварительного – 4 и отсек дополнительного отстаивания – 5. В отсеке – 4 размещаются распределительные системы верхнего – 6 и нижнего – 7 сливов гидроциклонов. Они располагаются в слое нефтепродуктов, который выполняет роль жидкостной контактной массы, обеспечивающей процесс дополнительной коалесценции частиц дисперсной фазы. Для отвода осадка в отсеке – 4 размещается система сбора осадка – 8, которая представляет собой перфорированный трубопровод. Коалесцирующая насадка – 10, через которую проходит НСВ при движении из отсека – 4 в отсек – 5, представляет собой слой гранулированного полиэтилена фракции 3-5 мм [5].

НСВ поступают на очистку в гидроциклоны под избыточным давлением не менее 0,4 МПа по трубопроводу – 11. Гидроциклоны работают, как гидродинамические каплеобразователи [1, 5]. Очищенная вода отводится по трубопроводу – 12 под избыточным давлением не менее 0,2 МПа. Уловленные нефтепродукты отводятся из отстойника под избыточным давлением по трубопроводу – 13. Образующийся в отстойнике осадок под избыточным давлением периодически отводится по трубопроводу – 14. Система КИПиА установки БГО-5000 выполняет те же функции, что и у БГО-300.

Для очистки нефтепромысловых сточных вод от нефти и мехпримесей также предназначена установка БГКО-3000, внедренная на нефтепромыслах ОАО «Татнефть». Конструкция БГКО-3000 и принцип ее действия приведены в работе [6]. Коалесцирующая насадка установки БГКО-3000 представляет собой слой гранулированного полиэтилена диаметром 3-5 мм [5].

Таким образом, гидродинамические коалесцирующие насадки служат для предварительной обработки НСВ перед отстаиванием. Их применение значительно интенсифицирует процесс очистки НСВ в гидроциклонных установках. Конструктивно коалесцирующие насадки размещаются в отстойнике и способствуют коалесценции мелкодиспесных капель нефти, оставшихся в сточной воде после предварительной обработки сточной воды в гидроциклонах и предварительного отстаивания, что повышает эффективность работы установок типа блок гидроциклон-отстойник. Блочные

гидроциклонные установки с коалесцирующими насадками показали свою эффективность для очистки нефтесодержащих сточных вод нефтепромыслов, автомоек, дренажных вод из резервуаров топливного мазута, сточных вод систем охлаждения технологического оборудования. Использование коалесцирующих насадок является одним из направлений совершенствования блочных гидроциклонных установок для очистки нефтесодержащих сточных вод

Список библиографических ссылок

1. Бусарев А.В. Интенсификация очистки нефтесодержащих сточных вод с применением гидроциклонов с противодавлением на сливах: дис. канд. техн. наук: 05.23.04: защищена 13.05.97. – Казань, 1997. – 244 с.
2. Селюгин А.С. Разработка и моделирование гидроциклонных установок очистки нефтесодержащих сточных вод: дис. канд. техн. наук: 05.23.04: защищена 18.06.96. – Казань, 1995. – 180 с.
3. Бусарев А.В., Селюгин А.С., Ахсанов М.Ф. Некоторые аспекты очистки нефтесодержащих сточных вод с помощью напорных гидроциклонов / Сб. науч. трудов по мат. научно-практ. конф. «Современное общество, образование и наука»: часть 15. – Тамбов: ООО «Консалтинговая компания Юком», 2015. – С. 26-28.
4. Адельшин А.Б., Урмитова Н.С. Использование гидродинамических насадок с крупнозернистой загрузкой для интенсификации очистки нефтесодержащих сточных вод. Монография. – Казань: КГАСА, 1997. – 249 с.
5. Адельшин А.А., Адельшин А.Б., Урмитова Н.С. Гидродинамическая очистка нефтепромысловых сточных вод на основе применения закрученных потоков. Монография. – Казань: КГАСУ, 2011. – 245 с.
6. Бусарев А.В., Селюгин А.С., Шешегова И.Г., Урмитова Н.С. Гидроциклонные установки подготовки воды для заводнения нефтеносных горизонтов с целью повышения их нефтеотдачи // Нефтегазовое дело, 2015, № 4. – С. 199-215. URL: http://ogbus.ru/issues/4_2015/ogbus_4_2015_p199-215_BusarevAV_ru.pdf.

Buserev A.V. – candidate of technical sciences, associate professor
E-mail: reder1@myrambler.ru
Selyugin A.S. – candidate of technical sciences, associate professor
E-mail: a.selyugin@inbox.ru
Urmitova N.S. – candidate of technical sciences, associate professor
E-mail: urmitova@mail.ru
Kayumov F.F. – post-graduate student
E-mail: kayum.91@mail.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

To the question of cleaning oily wastewater in hydrocyclones installation with coalescing packings

Resume

Oil-containing waste water formed in the oil fields in the process of extraction and preparation of oil, washing of vehicles, cooling of technological equipment of machine-building enterprises, in tanks the storage of fuel oil, etc. Kazan state University of architecture and engineering developed and implemented a number of devices of «block hydrocyclone-sedimentation tank» type for oily waste water equipped with nozzles coalescent. Thus in the pressure hydrocyclones is not only the destruction of booking shells on the droplets of oil and a partial separation of the emulsion type «oil in water», but also the coalescence of oil droplets, increasing the oil: the emulsions of the first kind, which greatly intensifies the subsequent process of treatment of oil-containing wastewater by sedimentation.

The efficiency of the process oily wastewater due to the impact of gravitational forces is increased by the application of coalescing nozzles, which are used for pretreatment of oily wastewater before sedimentation. Their use greatly intensifies the cleaning process of oily waste water in the installations of the type unit is a hydrocyclone-sedimentation tank, contributing to the enlargement of finely dispersed droplets of oil products. The use of coalescing nozzles is one of the directions of the improvement of devices of type unit hydrocyclone sump.

Keywords: oily wastewater, purification, hydrocyclone, block hydrocyclone sump, coalescence nozzle.

Reference list

1. Busarev V.A. Intensification of oily waste water treatment using hydrocyclones backpressure on the plums: dis. cand. tech. sciences: 05.23.04: protected 13.05.97. – Kazan, 1997. – 244 p.
2. Selyugin A.S. Design and simulation of hydrocyclone installations for purification of oily wastewater: dis. cand. tech. sciences: 05.23.04: protected 18.06.96. – Kazan, 1995. – 180 p.
3. Busarev V.A., Selyugin A.S., Aкhsanov M.F. Some aspects of oily waste water using pressure hydrocyclones // Collection of scientific works on materials of scientific-practical conference «Modern society, education and science»: part 15. – Tambov: LLC «Consulting company Ucom», 2015. – P. 26-28.
4. Adelshin A.B., Urmitova N.S. Using of a hydrodynamic nozzle with a coarse load for oily wastewater treatment intensification. Monograph. – Kazan: KGASA, 1997. – 249 p.
5. Adelshin A.A., Adelshin A.B., Urmitova N.S. Hydrodynamic cleaning of oilfield wastewater by applying swirling flows. Monograph. – Kazan: KGASU, 2011. – 245 p.
6. Busarev A.V., Selyugin A.S., Sheshegova I.G., Urmitova N.S. Hydrocyclone equipment for preparation of water for injection into oil-bearing horizons with the aim of increasing oil recovery // The electronic scientific journal «Oil and gas business», 2015, № 4. – P. 199-215. URL: http://ogbus.ru/issues/4_2015/ogbus_4_2015_p199-215_BusarevAV_ru.pdf.

УДК 628.334.5.336.43
Урмитова Н.С. – кандидат технических наук, доцент
E-mail: urmitova@mail.ru
Абитов Р.Н. – кандидат педагогических наук, доцент
E-mail: a_runar@mail.ru
Хисамеева Л.Р. – доцент
E-mail: KhisameevaLiliya@mail.ru
Низамова А.Х. – старший преподаватель
E-mail: Anizamova@mail.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

Движение вязкой жидкости в порах крупнозернистой гранулированной коалесцирующей насадки при линейном законе сопротивления

Аннотация

В данной статье поставлены и решены задачи по определению движения вязкой жидкости в порах крупнозернистой гранулированной коалесцирующей насадки при линейном законе сопротивления.

При фильтрации жидкости в порах загрузки происходит движение частиц жидкости с изменением скорости и ускорения по величине и направлению. Из-за сложности движения невозможно рассматривать скорости отдельных частиц. Поэтому, по аналогии с теорией фильтрации, рассмотрены не скорости, а расходы через определенную площадку. Объем зависит от расположения гранул загрузки в цилиндре.

Совместный анализ результатов расчетов и экспериментов показал на удовлетворительное совпадение значений гидравлического уклона в крупнозернистой насадке фракции 4,0 мм при температуре 20°С, 50°С, скоростях от 13,1 до 49,8 м/с, и фракции 17,5 мм при температуре 20°С и скоростях от 13,1 до 33,7 м/с.

Ключевые слова: моделирование; коалесцирующая насадка; бронирующие оболочки; нефтяные частицы; оценка сил; набегающий поток жидкости; дробление и коалесценция; адсорбционные слои, гранулы; турбулентный режим, полидисперсная система.

При фильтрации вязкой жидкости нефтесодержащих сточных вод через коалесцирующую насадку из гранулированной крупнозернистой загрузки в фильтрационном потоке наблюдается различного рода деформации поля скоростей, образование проточных и непроточных зон завихрения и вторичных течений, диссипативные процессы, а действие сил инерции приводят к дополнительным потерям энергии.

Рассмотрим коалесцирующую насадку в виде цилиндра, загруженного гранулами одинакового размера (рис.) [1-8].

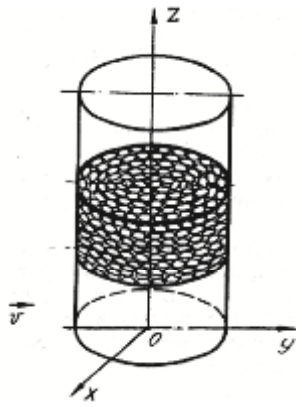


Рис. Коалесцирующая насадка

При фильтрации жидкости в порах загрузки происходит движение частиц жидкости с изменением скорости и ускорения по величине и направлению. Из-за сложности движения невозможно рассматривать скорости отдельных частиц. Поэтому, по аналогии с теорией фильтрации, рассмотрим не скорости, а расходы через определенную площадку. Обозначим через V – вектор расхода через единичную площадку. Если средняя скорость частиц некоторого объема есть U,то можно отнести и ее к центру тяжести этого объема, и тогда имеем:

$$V = m \cdot U, \quad (1)$$

где m – пористость загрузки [3, 4].

Пусть поток направлен вверх по оси OZ и происходит из-за разности давлений:

$$\Delta P = P_1 - P_2,$$

где $P_1 = P(0)$ – «входное» давление, $P_2 = P(l)$ – «выходное» давление, l – высота загрузки.

Движение несжимаемой жидкости можно описать следующими уравнениями Навье-Стокса:

$$\mathrm{div}\, U = 0, \quad (2)$$

$$\rho \frac{dU}{dt} = -\nabla P + f + F + \mu \Delta U, \quad (3)$$

где ρ – плотность, P – давление, м – динамический коэффициент вязкости, F – сила тяжести, f – сила сопротивления, ∇P – градиент давления, ΔU – градиент скорости.

$$\Delta U = \Delta U_x i + \Delta U_y j + \Delta U_z k, \quad (4)$$

где U_x , U_y , U_z – составляющие скорости.

Силы F и f представим в виде:

$$F = -\rho \cdot g \cdot k\,;\ f = \chi \cdot U, \quad (5)$$

где χ – коэффициент силы сопротивления, в общем случае:

$$\chi = \chi \cdot (U). \quad (6)$$

Заметим, что есть уравнение (2) неразрывности, а (3) – уравнение движения.

Так как поток направлен вдоль оси цилиндра, то из трех компонент скорости U_x, U_y, U_z остается лишь одна U_z, а остальные две равны нулю.

Тогда из уравнения неразрывности (2) следует:

$$\frac{\partial U_z}{\partial z} = 0, \quad (7)$$

что означает зависимость U_z только от x и y.

Считая движение стационарным, получим:

$$\frac{dU}{dt} = (U\nabla)U = (U\Delta U_x)i + (U\Delta U_y)j + (U\Delta U_z)k = (U\Delta U_z)k = U_z \frac{\partial U_z}{\partial z} k = 0. \quad (8)$$

Тогда с учетом уравнения (1) уравнение (3) примет вид:

$$\nabla P + \rho \cdot g \cdot k = -ч \frac{V_z}{m} k + \frac{м}{m} \Delta V_z k. \quad (9)$$

Откуда имеем:

$$\frac{\partial P}{\partial x} = 0\ \frac{\partial P}{\partial y} = 0, \quad (10)$$

$$\left(\frac{\partial P}{\partial z} + \rho g\right) m = м \Delta V - \chi V, \quad (11)$$

где $V = V_z$.

Из уравнений (10) следует, что давление P представляет собой функцию только от Z. Следовательно, если провести нормальные к оси цилиндра сечения, то во всех таких сечениях распределения скоростей одинаковы, а давление меняется только от сечения к сечению, сохраняя в данном сечении одинаковое значение.

Левая часть (11) представляет собой функцию только от Z, а правая только от X и У. Ясно, что равенство (11) может выполняться лишь в случае постоянства левой и правой частей по отдельности, поэтому:

$$\frac{\partial P}{\partial z} + p \cdot g = C = \mathrm{const}, \quad (12)$$

$$м \Delta V - \chi V = mC. \quad (13)$$

Из уравнения (12) найдем P:

$$P = (C - p \cdot g) \cdot z + C_1. \quad (14)$$

Так как $P(0) = P_1$ и $P(l) = P_2$, то $C_1 = P_1$, тогда:

$$C = p \cdot g - \frac{P_1 - P_2}{l},\ P = P_1 - \frac{\Delta P}{l} \cdot z, \quad (15)$$

где $\frac{\Delta P}{l}$ – перепад давления на единицу длины.

Из уравнения (13) имеем:

$$м\Delta V - \chi V = m \cdot (p \cdot g - \frac{\Delta P}{l}). \quad (16)$$

Введем обозначения:

$$a^2 = \frac{ч}{м};\ b = \frac{m}{м}(p \cdot g - \frac{\Delta P}{l}).$$

Тогда

$$\Delta V - a^2 \cdot V = b. \quad (17)$$

Следовательно, исследуемая задача сводится к следующей математической постановке.

Требуется определить функцию V=V(x,y), удовлетворяющую уравнению (17) в круге $x^2 + y^2 < R^2$и условию:

$$V = 0 \text{ при } x^2 + y^2 = R^2. \quad (18)$$

Здесь R – радиус цилиндра, а условие (18) есть условие “прилипания” вязкой жидкости, т.е. условие обращения в нуль скорости на границе.

Введем полярную систему координат. Тогда искомое решение представится в виде V = V(r), где r – расстояние от оси 0Z.

Запишем уравнение (17) в полярной системе координат:

$$V'' + \frac{1}{r} \cdot V' - a^2 V - b = 0. \quad (19)$$

Пусть

$$a^2 = a^2 + F \cdot (V), \quad (20)$$

где a_0 – не зависит от V.

Введем новую функцию:

$$\psi = \psi\ (r).$$

$$V = \psi - \frac{b}{a_0^2}. \quad (21)$$

Тогда (19) примет вид:

$$\psi'' + \frac{1}{r} \cdot \psi' - a^2_0 \cdot \psi = \Phi\ (\psi), \quad (22)$$

где $\Phi\ (\psi) = F\ (\psi - \frac{b}{a_0^2}) \cdot (\psi - \frac{b}{a_0^2})$.

Уравнение (22) необходимо решить при условии:

$$\psi\ (R) = \frac{b}{a_0^2}. \quad (23)$$

Для выделения единственного решения уравнение (22) будем решать в классе ограниченных функций, что соответствует предположению ограниченности скорости в области течения.

Введем новую независимую переменную:

$$\tau = i \cdot a_0 \cdot r, \quad (24)$$

где i − мнимая единица (т.е. $i^2 = -1$).

При этом из (22) получим:

$$\psi'' + \frac{\psi'}{\phi} + \psi = \Phi\ (\psi). \quad (25)$$

В дальнейшем будем считать:

$$\Phi\ (\psi) = 0, \quad (26)$$

что соответствует предположению о линейности закона сопротивления (закон Дарси). Тогда из (25) имеем:

$$\psi'' + \frac{\psi'}{\phi} + \psi = 0.$$

Это есть уравнение Бесселя, поэтому его общее решение может быть записано в виде:

$$\psi = A_0 \cdot I_0 \cdot (\tau) + B \cdot K_0 \cdot (\tau), \quad (27)$$

где $I_0\ (\tau)$ – функция Бесселя первого рода нулевого порядка, $K_0\ (\tau)$ – функции Бесселя второго рода нулевого порядка.

Так как $\lim K_0\ (\tau) = \infty$ при $\tau \to 0$, то при ограниченности ψ необходимо положить B=0. Из условия (23) найдем A:

$$A = b/a_0^2\ \ l_0 \cdot (i \cdot a_0 \cdot R). \quad (28)$$

Функцию l_0 (ia_0r) обозначают через l_0 (a_0r) и называют функцией Бесселя мнимого аргумента.

С учетом (21) получим:

$$V=\frac{b}{a_0^2}\left[\frac{I_0(a_0\cdot r)}{I_0(a_0\cdot R)}-1\right]$$

или

$$V=\frac{m}{ч}\left(\frac{\Delta P}{l}-pg\right)\left[1-\frac{I_0\left(r\sqrt{\frac{ч}{м}}\right)}{I_0\left(R\sqrt{\frac{ч}{м}}\right)}\right], \quad (29)$$

где χ = const, 1_0 (x) – функция Бесселя мнимого аргумента, которую можно представить в виде следующего ряда:

$$1_0(x)=\sum_{k=1}^{\infty}\frac{1}{(k!)^2}\cdot\left(\frac{x}{2}\right)^{2k}. \quad (30)$$

Введем напор $h=\frac{P}{p\cdot g}+Z$, тогда $\frac{\Delta P}{l}-p\cdot g=p\cdot g\cdot I$, где I – потеря напора на единицу длины (градиент напора) и (29) примет вид:

$$V=\frac{m\cdot p\cdot g\cdot I}{ч}\cdot\left[1-\frac{I_0\cdot\left(\chi\sqrt{\frac{ч}{м}}\right)}{I_0\cdot\left(R\sqrt{\frac{ч}{м}}\right)}\right]. \quad (31)$$

Определим $ч$ через формулу Козени:

$$ч=в\cdot\frac{м}{d^2}\cdot\frac{(1-m)^2}{m^3}, \quad (32)$$

где $в$=const – коэффициент пропорциональности, d – эффективный (эквивалентный) диаметр гранул фильтрующей загрузки.

Введем обозначения:

$$б=d\cdot\sqrt{\frac{ч}{м}}=\sqrt{\frac{в}{m}}\cdot\frac{1-m}{m},\ C=\frac{m\cdot p\cdot g\cdot v}{d^2\cdot ч}=\frac{g}{в}\cdot\frac{m^4}{(1-m)^2}, \quad (33)$$

где $v=\mu/\rho$ – кинематический коэффициент вязкости.

Из (31) имеем:

$$V=\frac{CId^2}{v}\left[1-\frac{I_0\left(r\frac{б}{d}\right)}{I_0\left(R\frac{б}{d}\right)}\right]. \quad (34)$$

Максимум скорости достигается при r = 0.

$$V_{max}=\frac{C\cdot I\cdot d^2}{v}\left[1-\frac{1}{I_0\cdot\left(R\frac{б}{d}\right)}\right]. \quad (35)$$

Найдем секундный объемный расход жидкости Q через сечение цилиндра загрузки фильтра:

$$Q=\iint_{(S)}V\cdot dx\cdot dy=2p\int_0^R r\cdot V\cdot d\cdot r=2p\frac{C\cdot I\cdot d^2}{v}\left[\frac{R^2}{2}-\frac{1}{I_0\left(R\frac{б}{d}\right)}\int_0^R I_0\left(R\frac{б}{d}\right)r\cdot d\cdot r\right]. \quad (36)$$

Обозначим через $x=r\frac{б}{d}$, тогда:

$$\int_0^R\frac{d^2}{б^2}=\int_0^{R\cdot\frac{б}{d}}I_0(x)\cdot x\cdot dx=\frac{d^2}{б^2}\int_0^{R\cdot\frac{б}{d}}\sum_{k=0}^{\infty}\frac{1}{(k!)^2}\left(\frac{x}{2}\right)^{2k}x\cdot dx=\frac{d^2}{б^2}\sum\frac{1}{(k!)^2}\frac{1}{2^{2k}}\int_0^{R\cdot\frac{б}{d}}x^{2k+1}dx=$$

$$=\frac{d^2}{б^2}\sum\frac{1}{(k!)^2}\cdot\frac{1}{2^{2k}}\cdot\frac{\left(R\frac{б}{d}\right)^{2k+2}}{(2k+2)}=\frac{d^2}{б^2}\sum\frac{1}{k!\,(k+1)!}\cdot R\cdot\frac{б}{d}\left(\frac{R\frac{б}{d}}{2}\right)^{2k+1}$$

$$=\frac{d}{б}R\cdot I_1\cdot\left(R\frac{б}{d}\right).$$

Следовательно:

$$Q=2p\frac{C\cdot I\cdot d^2}{v}\left[\frac{R^2}{2}-\frac{d}{б}\cdot R\cdot\frac{I_1\cdot\left(R\cdot\frac{б}{d}\right)}{I_0\cdot\left(R\cdot\frac{б}{d}\right)}\right]$$

или

$$Q = \frac{C \cdot I \cdot d^2}{v}\left[1 - \frac{2 \cdot d}{б \cdot R} \cdot \frac{I_1 \cdot \left(R\frac{б}{d}\right)}{I_0 \cdot \left(R\frac{б}{d}\right)}\right] pR^2. \quad (37)$$

Определим среднюю скорость:

$$v_{cp} = \frac{C \cdot I \cdot d^2}{v}\left[1 - \frac{2 \cdot d}{б \cdot R} \cdot \frac{I_1 \cdot \left(R\frac{б}{d}\right)}{I_0 \cdot \left(R\frac{б}{d}\right)}\right]. \quad (38)$$

Здесь I_1 (x) – функция Бесселя мнимого аргумента первого порядка, которая определяется формулой:

$$I_1(x) = \sum_{k=0}^{\infty} \frac{1}{k! \cdot (k+1)!}\left(\frac{x}{2}\right)^{2k+1}. \quad (39)$$

Проведем анализ полученного решения. Пусть T – температура, тогда для воды можно воспользоваться формулой Пуазейля:

$$v = \frac{0{,}0178K}{1 + 0{,}0337T + 0{,}000221T^2}, \quad (40)$$

где K – коэффициент размерности (если v = м^2/с, то K = 10^{-4}), откуда:

$$\frac{dv}{dT} = \frac{0{,}0178 \cdot K \cdot (2 \cdot 0{,}000221 \cdot T + 0{,}0337)}{(1 + 0{,}0337 \cdot T + 0{,}000221 \cdot T^2)^2} < 0.$$

Из (38) имеем:

$$\frac{dV_{cp}}{dT} = -\frac{CId^2}{v^2}\left[1 - \frac{2d}{бR} \cdot \frac{I_1}{I_0}\right]\frac{dv}{dT} > 0. \quad (41)$$

Из (41) следует, что при увеличении температуры скорость увеличивается. Исследуем влияние диаметра (d) загрузки насадки.

Так как при больших Z справедливо асимптотическое представление [41]:

$$I_n(z) = \sqrt{\frac{1}{2pz}e^z\left[1 + 0\left(\frac{1}{z}\right)\right]}, \quad (42)$$

то при $б$R/d >>1 имеем:

$$V_{cp} = \frac{CId^2}{v}\left[1 - \frac{2d}{бR}\right]. \quad (43)$$

Откуда следует, что при увеличении диаметра d скорость увеличивается.

Обозначим через V_3 объем загрузки и через V_1 объем всех пор, тогда пористость загрузки: m = V_1:V_3. Объем V_1 зависит от расположения гранул загрузки (шариков) в цилиндре. Если считать шарики вписанными в кубическую решетку, то $V_3 = n \cdot d^3$, $V_1 = n \cdot \left[d^3 - \left(\frac{p}{6}\right) \cdot d^3\right]$, n – число шариков в цилиндре.

При этом имеем m = $1 - \frac{p}{6}$ = 0,476…

Кубическое расположение является наименее плотным. Наиболее плотное расположение шариков достигается при ромбоэдрическом расположении их. При этом пористость будет равна m = $1 - \frac{p\sqrt{2}}{6}$ = 0,260… Таким образом 0,26 < m < 0,48.

Для определения значения параметра β поступим следующим образом.

Из (43) выразим I через V_{cp}:

$$I = \frac{v \cdot V_{cp}}{C \cdot d^2\left[1 - \frac{2d}{бR}\right]}. \quad (44)$$

Далее из полученных нами экспериментальных данных методом наименьших квадратов определили значение параметра K:

$$I = K\frac{(1-m)^2}{m^4} \cdot \frac{v \cdot V_{cp}}{gd^2}. \quad (45)$$

Тогда для x = $\sqrt{в}$ получим уравнение:

$$x^3 - K \cdot x + B = 0, \quad (46)$$

где B = 2 · K · m$\sqrt{仔 \cdot d}/R \cdot (1 - m)$.

Расчеты, проведенные при m = 0,3857 и R = 103,5 мм дали, что β = 8,98^2. Результаты расчетов и экспериментов приведены в табл. [6].

Совместный анализ данных результатов расчетов по формуле (45) и экспериментов показал на удовлетворительное совпадение значений гидравлического уклона в крупнозернистой загрузке коалесцирующей насадки [3, 4].

Таблица

Диаметр загрузки d, мм	T, °C	V, м/ч	I теор.	I экс.
4	20	13,1	0,054	0,07
		35,1	0,303	0,25
	50	26,8	0,114	0,115
		36,5	0,221	0,21
		49,8	0,382	0,35
	20	13,1	0,002	0,005
		26,2	0,017	0,017
		33,7	0,026	0,023

Список библиографических ссылок

1. Урмитова Н.С., Фаткуллин Р.Г., Адельшин А.Б., Движение вязкой жидкости в порах гранулированной коалесцирующей насадки. Исследование сетей, аппаратов и сооружений водоснабжения и канализации. «Межвуз. ст. гр. Казань»: КИСИ, 1990. – С. 25-32.
2. Урмитова Н.С., Абитов Р.Н., Хисамеева Л.Р., Низамова А.Х. Оценка сил, способствующих разрушению частиц нефти в коалесцирующей насадке // Известия КГАСУ, 2015, № 2 (32). – С. 226-230.
3. Адельшин А.Б., Урмитова Н.С. Использование гидродинамических насадок с крупнозернистой загрузкой для интенсификации очистки нефтесодержащих сточных вод. Монография. – Казань: КГАСУ, 1997. – 249 с.
4. Урмитова Н.С. Интенсификация процессов очистки нефтесодержащих сточных вод на основе применения гранулированных коалесцирующих материалов. Дис…канд.техн. наук. – Казань: КИСИ, 1993. – 252 с
5. Адельшин А.А., Адельшин А.Б., Урмитова Н.С. Гидродинамическая очистка нефтепромысловых сточных вод на основе применения закрученных потоков: Монография. – Казань: КГАСУ, 2011. – 245 с.
6. Урмитова Н.С., Адельшин А.Б., Адельшин А.А. Структура фильтрационного потока и механизм процесса коалесценции в гидродинамических насадка с крупнозернистой загрузкой // Известия КГАСУ, 2014, № 2 (28). – С. 149-159.
7. Урмитова Н.С., Адельшин А.Б., Фаткуллин Р.Т. Исследование движения вязкости жидкости в порах гранулированной коалесцирующей насадки при нелинейном законе сопротивления. Межвузовский сборник научных трудов: «Гидромеханика отопительно – вентиляционных устройств». – Казань: КИСИ, 1991. – С. 67-72.
8. Урмитова Н.С., Адельшин А.Б., Адельшин А.А. Установки очистки нефтепромысловых сточных вод на основе применения закрученных потоков. Учебное пособие. – Казань: КГАСУ, 2012. – 91 с.

Urmitova N.S. – candidate of technical sciences, associate professor
E-mail: urmitova@mail.ru
Abitov R.N. – candidate of pedagogic sciences, associate professor
E-mail: a_runar@mail.ru
Khisameeva L.R. – associate professor
E-mail: KhisameevaLiliya@mail.ru
Nizamova A.Kh. – senior lecturer
E-mail: Anizamova@mail.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Motion of a viscous liquid in the pores of the coarse granular coalescing nozzle with a linear resistance law

Resume

In this article, we set and solved problems of determining the motion of a viscous liquid in the pores of the coarse granular coalescing nozzle with a linear resistance law.

During the liquid filtration in the pores of the loading, liquid particles move with speed and acceleration changing in magnitude and direction. Because of the motion complexity, velocities of the individual particles cannot be considered. Therefore, similar to the filtration theory, flow rates through a certain area are considered, and not velocities. Volume depends on the arrangement of the loading granules in a cylinder.

The joint analysis of the calculated and experimental results showed satisfactory agreement of the hydraulic gradient values in a coarse loading of 4,0 mm fraction at a temperature of 20 ^{o}C, 50 ^{o}C and velocity from 13,1 to 49,8 m/s; and 17,5 mm fraction at a temperature of 20 ^{o}C and velocity from 13,1 to 33,7 m/s.

Keywords: modeling, coalescing nozzle, armoring shells, oil particles, evaluation of forces, the incoming flow of liquid, fragmentation and coalescence, adsorption layers, granules, turbulent regime, polydisperse system.

Reference list

1. Urmitova N.S., Fatkullin R.G., Adelshin A.B., Motion of a viscous liquid in the pores of the granular coalescing nozzle. Networks, devices, and structures of water supply and sanitation research. Interuniversity collection of scientific papers. – Kazan: KIEC, 1990. – P. 25-32.
2. Urmitova N.S., Abitov R.N., Khisameeva L.R., Nizamova A.Kh. Evaluation of the forces contributing to to the oil particles destruction in a coalescing nozzle // Izvestiya KGASU, 2015, № 2 (32). – P. 226-230.
3. Adelshin A.B., Urmitova N.S. Using of a hydrodynamic nozzle with a coarse load for oily wastewater treatment intensification. Monograph. – Kazan: KGASU, 1997. – 249 p.
4. Urmitova N.S. Intensification of oily wastewater treatment by applying granular coalescing materials. Candidate of Engineering Sciences Thesis. – Kazan: KIEC, 1993. – 252 p.
5. Adelshin A.A., Adelshin A.B., Urmitova N.S. Hydrodynamic cleaning of oilfield wastewater by applying swirling flows. Monograph. – Kazan: KGASU, 2011. – 245 p.
6. Urmitova. N.S., Adelshin A.B., Adelshin A.A. Structure of the filtration flow and mechanism of the coalescence process in the hydrodynamic nozzles with coarse loading // Izvestiya KGASU, 2014, № 2 (28). – P. 149-159.
7. Urmitova N.S., Adelshin A.B., Fatkullin R.T. Study of the motion of a viscous liquid in the pores of the granular coalescing nozzle with a nonlinear resistance law. Interuniversity collection of scientific papers «Hydromechanics of heating and ventilating systems». – Kazan: KIEC, 1991. – P. 67-72.
8. Adelshin A.A., Adelshin A.B., Urmitova N.S. Oilfield wastewater treatment facilities based on the swirling flows' application. Study guide. – Kazan: KGASU, 2012. – 91 p.

УДК 678.8
Галеев Р.Р. – кандидат технических наук, доцент
E-mail: rooslan_galeyev@mail.ru
Набережно-Челнинский институт Казанского федерального университета
Адрес организации: 423800, Россия, г. Набережные Челны, пр. Мира, д. 68
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

Вспученный перлитовый песок: особенности модификации поливинилхлоридных композиций[1]

Аннотация

Показана эффективность модификации жестких ПВХ-композиций вспученным перлитовым песком, являющимся отработанной тепловой изоляцией криогенных установок. Даны характеристики фракционного, химического и минерального состава отработанного вспученного песка. Проведен расчет толщины граничных слоев в композите, и характер изменения свойств рассмотрен с точки зрения формирования структуры граничных слоев. Повышение термостабильности композиций при введении вспученного перлитового песка объясняется процессами сорбции хлористого водорода открытой пористой структурой зерен.

Ключевые слова: поливинилхлорид, вспученный перлитовый песок, фракционный состав, толщина граничных слоев, термостабильность.

Вспученный перлитовый песок относится к эффективным строительным материалам. Материалы на его основе негорючие, отличаются высокими тепло-, звуко-, гидроизоляционными свойствами, долговечны, экологически чистые. Он нашел широкое применение в составе легких строительных смесей. Для полимерных материалов, в частности термопластов, перерабатываемых в виде расплавов полимеров, пористые наполнители могут быть также весьма эффективны. Широкую популярность находят в качестве наполнителей полые стеклянные шарики разного диаметра в виде микросфер со сплошными непористыми стенками. Они нашли применение при наполнении разных видов полимерных материалов, например для наполнения эпоксидных полимеров или легких карбамидных пенопластов [1, 2]. Зернистые и сферические наполнители широко используются для снижения усадки при формовании и повышения стабильности размеров полимеров.

В работах [3, 4] показана перспективность наполнения полимерных материалов на примере пластифицированных поливинилхлоридных композиций вспученным перлитовым песком. Представлены исследования структуры и свойств оптимальных рецептур разработанных материалов. Эти композиции рекомендованы для производства теплоизоляционных линолеумов.

Для вспученного перлитового песка характерна открытая пористая структура, поэтому при переработке в расплаве развиваются процессы переноса полимера в углубления и поры на поверхности наполнителя, что приводит к росту фактической площади контакта полимера с наполнителем. Наличие пластификатора приводит к поглощению порами вспученного перлита пластификатора. Выявленные закономерности наполнения в пластифицированных композициях отличаются от жестких композиций, широко применяемых для производства профильно-погонажных изделий, листового и пленочного винипласта для воздухо- и газоходов, резервуаров в химической и машиностроительной промышленности [4].

[1] Работа выполнена при финансовой поддержке государственного задания Минобрнауки РФ № 7.1955.2014/К.

В данной работе рассмотрено влияние на свойства жестких ПВХ-композиций вспученного перлитового песка в виде отработанной тепловой засыпки криогенных установок ОАО «Нижнекамскнефтехим», в отвалах его находится до 5 тонн. Вспученный перлитовый песок – один из самых распространенных материалов, используемых в криогенной технике. Естественно при оценке возможности использования отходов в качестве компонентов материалов, производство которых связано с применением температурных и механических воздействий, желательно, чтобы они были по химико-минералогическому составу близки к природным или специально синтезированным для соответствующих целей материалам [5, 6].

Из результатов химического анализа следует, что вспученный перлитовый песок – типичный кислый алюмосиликат и представлен следующими основными оксидами (на массу абсолютно сухой навески): SiO_2 – 74,93 %; Al_2O_3 – 12,38 %; Fe_2O_3 – 0,55 %; FeO – 0,36 %; CaO – 0,91 %; MgO – 0,17 %; Na_2O – 3,29 %; K_2O – 4,64 %.

Таким образом, химический состав отработанного песка полностью соответствует установленным нормативным требованиям к вспученному перлитовому песку, то есть в процессе эксплуатации изменения химического состава породы не произошло. С учетом химического состава идентифицирован минеральный состав. Рассмотренный в работе вспученный перлитовый песок представлен почти на 98 % рентгеноаморфной фазой вулканического стекла. Есть следы кварца, калиевого полевого шпата (рис. 1).

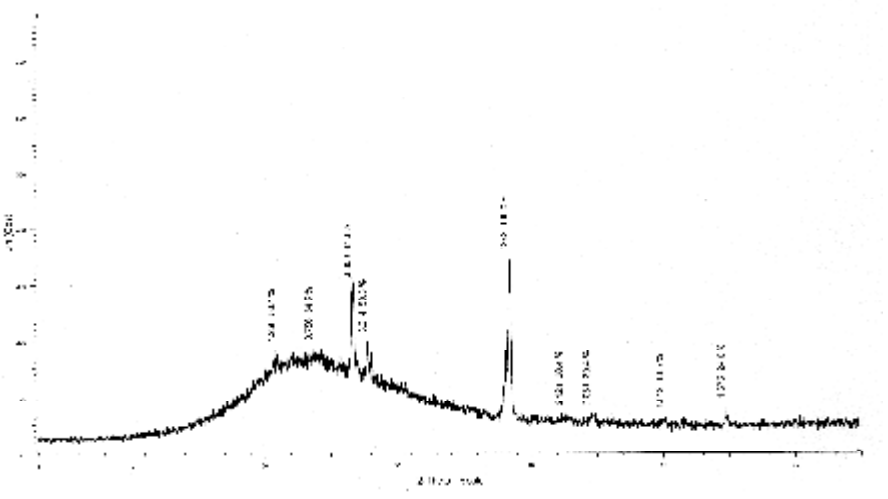


Рис. 1. Дифрактограмма нефракционированного вспученного перлита

Таким образом, можно констатировать, что после отработки вспученный перлитовый песок практически не изменил свои физико-химические характеристики. Однако, при использовании его в качестве наполнителя полимеров, перерабатывающихся в расплаве, наиболее важным фактором является удельная поверхность частиц наполнителя, распределение его по размерам, а также вероятность агрегирования или разрушения частиц в процессе переработки.

Установлено, что отработанный вспученный перлитовый песок (ОВПП) характеризуются большим разбросом по размерам, поэтому было проведено его фракционирование. ОВПП был рассеян на 4 фракции, мм: более 0,25; 0,25-0,16; 0,16-0,063; менее 0,063. Гранулометрический анализ показал, что ОВПП содержит практически все группы перлитового песка в зависимости от зернового состава, установленного ГОСТ 10832-2009, а именно:

- ВПР – вспученный песок рядовой (от 0,16 до 5,0 мм);
- ВПК – вспученный песок крупный (от 1,25-5,0 мм);
- ВПС – вспученный песок средний (от 0,16 до 2,5 мм);
- ВПМ – вспученный песок мелкий (от 0,16 до 1,25 мм);
- ВПП – вспученный песок очень мелкий (вспученный перлитовый порошок) (до 0,16 мм).

При этом средний размер частиц составляет 30 мкм.

Выявлено, что при фракционировании доля рентгеноаморфной фазы различается по фракциям: больше всего ее содержится во фракции от 0,063 до 0,16.

ОВПП имеет насыпную плотность от 150 до 300 кг/м^3.

Для ОВПП характерна открытопористая структура (рис. 2), что следует из данных оптической микроскопии, внутризерновые поры имеют сферическую или щелевидную форму. Как известно, внутризерновые поры вспученного перлита имеют сферическую или щелевидную форму, их размер колеблется от 0,5 до 10 мкм, а величина открытой пористости составляет около 75 % [7].

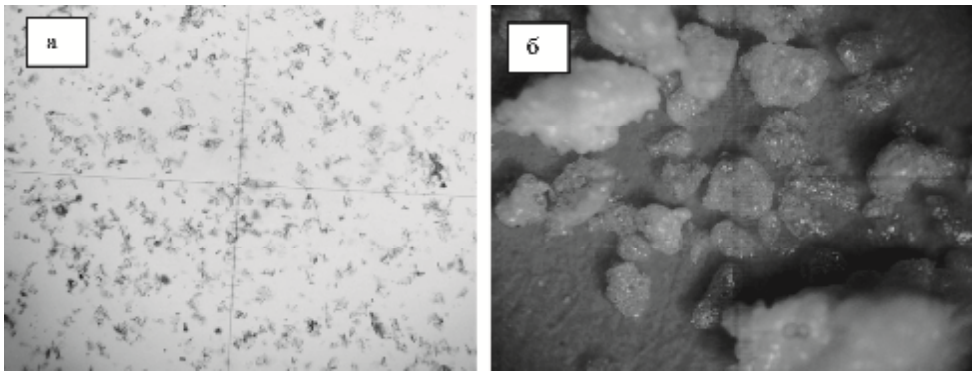


Рис. 2. Микрофотографии (х500) ОВПП: а – фракция менее 60 мкм, б – нефракционированный

Химическая природа поверхности наполнителя также оказывает влияние на избирательную сорбцию компонентов полимерной системы, а в целом и на макросвойства композита: pH водной вытяжки ОВПП равен 7, то есть поверхность в целом считается нейтральной.

ОВПП в количестве 10 мас.ч. был использован в составе композиции: 100 мас.ч. ПВХ+2 мас.ч. StPb+2 мас.ч. StCa. Свойства представлены в табл. 1. Здесь σ_p – разрушающее напряжение при растяжении, τ – термостабильность; ПТР(i) – показатель текучести расплавов, W – водопоглощение. Для сравнения приведены аналогичные показатели для ПВХ, наполненного молотым кварцевым песком (КП) с удельной поверхностью 7000 см^2/г, в то время, как для ОВПП она составляет 3900 см^2/г.

Таблица 1

Свойства жестких ПВХ-композиций

Вид наполнителя	σ_p, МПа	τ, мин	ПТР(i), г/10 мин.	W, %
ОВПП	32	85	3,6	0,22
КП	30	78	3,2	0,19

Характер изменения структуры полимера в граничном слое влияет на направление изменения тех или иных характеристик. Изменения величины теплоемкости (в области стеклования) позволили оценить толщину и характер граничных слоев. Оценка толщины граничного слоя (δ) калориметрическим методом основана на анализе изменения величины скачка теплоемкости в процессе расстекловывания или стеклования полимерных композиций.

Расчеты δ проводили на основании следующей зависимости [8, 9]:

$$d = r(\sqrt[3]{Dj\ /j_{\ 0} + 1} - 1),$$

где r – радиус частицы наполнителя; φ_0 – объемная доля наполнителя; $\Delta\varphi$ – объемная доля связанного полимера в граничных слоях; оцененная из сравнения скачков теплоемкостей для наполненного и ненаполненного полимера.

Одновременно с определением толщины граничных слоев определяли и характер их структуры, которая оценивалась по знаку отклонения скачка теплоемкости при наполнении от соответствующей величины без наполнителя.

В отличие от плотных высокотвердых наполнителей, анализ данных с композиций с ОВПП показал, что в зависимости от места выборки пленочных образцов толщина граничных слоев различается в пределах, которые не могут быть отнесены к ошибке эксперимента. Чем ближе выбранный образец к краям формующих валков, тем больше толщина граничных слоев в таких композитах (табл. 2). Очевидно, пористые крупные частицы ОВПП в процессе вальцевания разрушаются, и за счет сдвиговых усилий происходит перераспределение частиц по размерам в матрице ПВХ-пленки. Твердость по Моосу у вулканического стекла меньше, чем у кварцевого песка. Однако, в данном случае речь идет о разрушении пористой структуры по межпоровым перегородкам и в целом об измельчении зерен. Необходимо отметить, что если в присутствии кварцевого песка межфазный слой в целом является структурированным, то введение ОВПП приводит к формированию, как разрыхленных, так и структурированных граничных слоев. Такое изменение структуры композитов не является желательным для упрочнения образцов, однако, вносит положительный вклад в облегчение перерабатываемости композиций (табл. 1). Очевидно, мягкие, в большинстве полые частицы наполнителя, разрушаясь в ходе температурно-силовых воздействий при переработке, приводят к увеличению соотношения разрыхленных и уплотненных межфазных слоев в сторону первых, по которым реализация сдвиговых деформаций облегчена. Но нужно отметить, что использованные при получении композиций концентрации ОВПП (не более 10 мас.ч. на 100 мас.ч. ПВХ) не оказывают отрицательного влияния и на прочностные свойства: в целом разрушающее напряжение при растяжении остается на уровне композиций с кварцевым песком.

Заметное возрастание термостабильности обусловлено поглощением хлористого водорода пористой структурой зерен вспученного перлита, т.е. структура ОВПП обуславливает физический механизм стабилизации полимера. За счет этого имеет место нивелирование автокаталитического действия хлористого водорода на деструкцию полимера. Так как значение pH водной вытяжки близко к показателю нейтральной среды, то можно сказать, что вклад химического механизма стабилизации незначителен.

Таблица 2

Толщина граничных слоев в системе ПВХ-наполнитель

Наполнитель	Толщина граничного слоя, мкм
ОВПП	0,44 (центральная часть пленки) 1,31 1,96 (периферийная часть пленки)
Молотый кварцевый песок	0,05

ПВХ является химически стойким полимером по отношению к действию агрессивных сред. Вводимые в композицию добавки не должны оказывать негативное влияние на этот показатель. Установлено, что после выдержки образцов в течении 21 суток в 10 %-ных растворах H_2SO_4, и NaOH, а также в дистиллированной воде изменение химстойкости в наполненных ОВПП образцах находятся в пределах значений, присущих контрольным ненаполненным.

Таким образом, выявленная ранее эффективность применения в качестве наполнителя отходов отработанного вспученного перлитового песка в составе ПВХ-пластикатов, подтверждена и для жестких композиций.

Список библиографических ссылок

1. Апексимов Н.В, Трофимов А.Н., Симонов-Емельянов И.Д. Структурообразование и процессы усадки в наполненных эпоксидиановых олигомерах при отверждении // Пластические массы, 2013, № 10. – С. 9-13.
2. Мубаракшина Л.Ф., Абдрахманова Л.А., Хозин В.Г. Модификация карбамидных пенопластов пористыми минеральными наполнителями // Сборник трудов X академических чтений РААСН «Достижения, проблемы и направления развития теории и практики строительного материаловедения». – Пенза-Казань, 2006. – С. 305-307.

3. Галеев Р.Р., Нагуманова Э.И., Низамов Р.К., Абдрахманова Л.А., Хозин В.Г. Эффективные ПВХ-композиции для покрытия полов // Материалы X академических чтений РААСН «Достижения, проблемы и перспективные направления развития теории и практики строительного материаловедения». – Пенза-Казань, 2006. – С. 142-143.
4. Низамов Р.К., Абдрахманова Л.А., Хозин В.Г. Строительные материалы на основе поливинилхлорида и полифункциональных техногенных отходов / монография. – Казань: КГАСУ, 2008. – 100 с.
5. Барахтенко В.В., Бурдонов А.Е., Зелинская Е.В., Толмачева Н.А., Головнина А.В., Самороков В.Э. Исследование свойств современных строительных материалов на основе промышленных отходов // Фундаментальные исследования, 2013, № 10-12. – С. 2599-2603.
6. Galeev R.R., Abdrakhmanova L.A. Architectural Control of Construction Materials with Application of Man-made Wastes // Advanced Materials in Technology and Construction (AMTC-2015) AIP Conference Proceedings, 2016, № 1698. – P. 070021-1-070021-8.
7. Крупа А.А. Поверхностные свойства вспученного перлита. – М.: Изд-во Наука, 1981. – 320 с.
8. Липатов Ю.С., Привалко В.П. Стеклование в наполненных полимерных системах // Высокомолек. соед., 1972, AI4, № 7. – С. 1643-1648.
9. Лазоренко М.В., Баглюк С.В, Рокочий Н.В., Шут Н.И. Структурные и теплофизические характеристики межфазного слоя наполненных эластомеров // Каучук и резина, 1988, № 11. – С. 17-20.

Galeev R.R. – candidate of technical sciences, associate professor
E-mail: rooslan_galeyev@mail.ru
Naberezhnye Chelny Institute of the Kazan Federal University
The organization address: 423800, Russia, Naberezhnye Chelny, Prospect Mira, 68
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

Expanded perlite sand: the modification factors in PVC-compounds

Resume

The efficiency of modification of rigid PVC-compounds with expanded perlite sand (which is a waste heat shield in cryogenic systems) has been shown. Characteristics of the waste expanded sand such as mineral, fraction and chemical composition is given. The calculation of interfacial layer thickness has been made and change of the properties is being discussed relatively to the interfacial layer structure formation. The increase in thermal stability can be explained as the process of sorption of hydrogen chloride through open porous structure of the grains. In this paper, the influence on the properties of rigid PVC composites expanded perlite sand in the form of waste heat filling cryogenic installations of OJSC «Nizhnekamskneftekhim». Previously identified the effectiveness of the application as filler waste expanded perlite sand in the composition of the PVC-compounds was confirmed and rigid compositions.

Keywords: polyvinyl chloride, expanded perlite sand, fraction composition, interfacial layer thickness, thermal stability**.**

Reference list

1. Apeksimov N.V., Trofimov A.N., Simonov-Emel'janov I.D. The structure formation in filled epoxy oligomers in curing // Plasticheskie massy, 2013, № 10. – P. 9-13.

2. Mubarakshina L.F., Abdrahmanova L.A., Hozin V.G. Modification of urea foams with porous mineral fillers // Proceedings of the X academic readings RAASN «Achievements, challenges and directions of development of the theory and practice of building materials». – Penza-Kazan, 2006. – P. 305-307.
3. Galeev R.R., Nagumanova E.I., Nizamov R.K., Abdrahmanova L.A., Hozin V.G. The efficient PVC formulations for flooring materials // X academic readings RAASN «Achievements, challenges and future directions of development of the theory and practice of building materials». – Penza-Kazan, 2006. – P. 142-143.
4. Nizamov R.K., Abdrahmanova L.A., Hozin V.G. Construction materials based on polyvinyl chloride and multifunctional technological waste / monograph. – Kazan: KGASU, 2008. – 100 p.
5. Barahtenko V.V., Burdonov A.E., Zelinskaja E.V., Tolmacheva N.A., Golovnina A.V., Samorokov V.E. The properties study of modern building materials based on industrial waste // Fundamental'nye issledovanija, 2013, № 10-12. – P. 2599-2603.
6. Galeev R.R., Abdrakhmanova L.A. Architectural Control of Construction Materials with Application of Man-made Wastes // Advanced Materials in Technology and Construction (AMTC-2015) AIP Conference Proceedings, 2016, № 1698. – P. 070021-1-070021-8.
7. Krupa A.A. Surface properties of expanded perlite. – M.: Publishing House of Science, 1981. – 320 p.
8. Lipatov Ju.S., Privalko V.P. The glass transition in filled polymer systems // Vysokomolek. soed, 1972, AI4, № 7. – P. 1643-1648.
9. Lazorenko M.V., Bagljuk S.V, Rokochij N.V., Shut N.I. Structural and thermal characteristics of the interphase layer of filled elastomers // Kauchuk i rezina, 1988, № 11. – P. 17-20.

УДК 691.545
Ермилова Е.Ю. – аспирант
E-mail: lizabeta_91@list.ru
Камалова З.А. – кандидат технических наук, доцент
E-mail: zlesik@mail.ru
Рахимов Р.З. – доктор технических наук, профессор
E-mail: rahimov@kgasu.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

Гибридные цементы на основе метакаолина с низким содержанием портландцемента

Аннотация

В статье представлены исследования, посвященные изучению гибридных цементов. В качестве исходных материалов использовались портландцементы М500 Д0 Вольского и Мордовского заводов с низким и средним содержанием трехкальциевого алюмината соответственно. В качестве алюмосиликатного компонента использовался метакаолин с добавлением сульфата натрия. Приведены результаты испытания физико-механических характеристик гибридных цементов с низким содержанием портландцемента. Изучено влияние тепловлажностной обработки на прочностные свойства гибридного цемента. Установлено, что в возрасте 1 суток гибридные цементы с содержанием портландцемента 20-40 % имеют прочность в 4-2,7 и 2,6-2 раза выше, чем у бездобавочного образца Вольского и Мордовского цементов соответственно.

Ключевые слова: гибридные цементы, минеральные добавки, метакаолин, сульфат натрия.

Введение

В последнее время, как в зарубежной, так и в отечественной литературе, все чаще встречаются исследования, посвященные так называемым «гибридным цементам» [1-2]. Вместе с тем, по мнению авторов [3-5], несколько совместно введенных в портландцемент минеральных добавок, проявляющих синергетическое влияние на процессы гидратации и свойства цементных композитов, можно назвать гибридными добавками.

По мнению авторов [1-2] гибридные портландцементы связаны с образованием в смеси портландцемент-алюмосиликатная добавка-щелочь (или соли щелочных металлов) помимо кальциево-силикатного гидрогеля, еще и натрий-алюмосиликатного гидрогеля, где алюминий играет ключевую роль в образовании геля, особенно на стадии инициации реакции. В качестве щелочных активаторов используются гидроксиды и соли (сульфаты, карбонаты) щелочных металлов (натрия, калия). Наиболее эффективным и удобным в использовании является сульфат натрия в сухом виде [1-2, 6-9].

Исследователями отмечается, что для образования натрий-алюмосиликатного гидрогеля необходимо лишь небольшое содержание активного алюминия, а дальнейшее его образование в поздние сроки обеспечивается трехкальциевым алюминатом цемента [6-7]. В связи с чем, изучение влияние алюминатности портландцемента на свойства гибридных цементов является актуальным вопросом.

В качестве источника активного алюминия чаще всего используется метакаолин [10], в результате фрагментации алюмосиликатных компонентов которого в щелочной среде образуются алюминатные и низкополимерные силикатные анионы, из которых затем с помощью связей Si-O-Al-O-Si формируется трехмерный полимерный каркас (алюмосиликатный гидрогель). В его состав входят щелочные катионы, компенсирующие отрицательный заряд, создаваемый при встраивании тетраэдров AlO_4 между кремнекислородными тетраэдрами. Свойство встраивания щелочных катионов вместо алюминия, участвующего в образовании гетерополимерного каркаса, в структуре каркаса используется при создании геополимеров [11].

Кроме того, большое количество публикаций посвящено изучению состава и структуры продуктов гидратации в ранних этапах твердения в возрасте 1-3 суток [1-2, 6-8]. Вместе с тем, большой интерес представляет влияние тепловлажностной обработки на физико-механические показатели гибридных цементов.

Целью наших исследований явилось изучение влияния содержания трехкальциевого алюмината портландцемента на физико-механические свойства гибридных цементов на основе метакаолина и сульфата натрия.

Экспериментальная часть

Исследования проводились на портландцементах (ПЦ) марки М50-0 Д0 производства ОАО «Вольскцемент» и ОАО «Мордовцемент» (табл. 1), химический состав которых представлен в табл. 2.

Таблица 1

Характеристики Вольского и Мордовского портландцементов ПЦ 500-Д0-Н

Прочность на сжатие МПа				
	3 суток	28 суток	После пропаривания	
ОАО «Вольскцемент»	33,5	51,0	42,0	
ОАО «Мордовцемент»	31,0	52,0	38,0	
Свойства				
	Уд. поверхность (по Блейну), $м^2/кг$		Нормальная густота	Начало / Конец схватывания (ч:мин)
ОАО «Вольскцемент»	345		26 %	2:50 / 4:10
ОАО «Мордовцемент»	350		26 %	2:40 / 4:00
Минералогический состав				
	Алит C_3S	Белит C_2S	Алюминаты C_3A	Алюмоферриты C_4AF
ОАО «Вольскцемент»	67,00	11,00	4,00	15,00
ОАО «Мордовцемент»	61,56	16,07	6,20	12,68

В качестве алюмосиликатного компонента использовался Магнитогорский метакаолин. Химический состав представлен в табл. 2. В качестве щелочного активатора использовался сульфат натрия (СН) по ГОСТ 21458-75.

Таблица 2

Химический состав экспериментальных материалов

Химический состав (%)	**ОАО «Вольскцемент»**	**ОАО «Мордовцемент»**	**Магнитогорский метакаолин ВМК-47**
CaO	63,0	63,67	-
SiO_2	20,5	20,84	54,1
Al_2O_3	4,5	4,98	44,8
Fe_2O_3	4,5	3,99	0,1
MgO	-	1,19	-
SO_3	3,0	2,84	-
Na_2O	-	-	-
K_2O	-	-	-
TiO	-	-	-
ZrO	-	-	-
MnO	-	-	-
P_2O_5	-	-	-

Для описания математической модели прочностных характеристик использовался полный факторный эксперимент и контурно-графический анализ по схеме В. Клеймана (рис. 1). За варьируемые факторы были приняты содержание метакаолина и сульфата натрия. Составы гибридных цементов приведены в табл. 3.

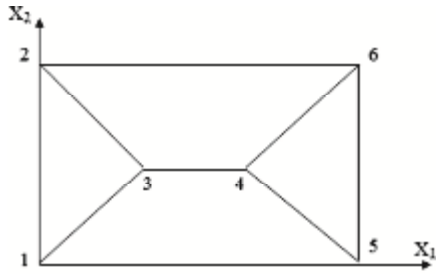


Схема Клеймана

Таблица 3

Составы гибридных цементов

№ п/п	ОАО «Вольскцемент», %	ОАО «Мордовцемент», %	Метакаолин, %	Сульфат натрия, %	В/Ц
0	100	-	-	-	0,26
00	-	100	-	-	0,26
1	80	-	20	2	0,27
2	80	-	20	6	0,27
3	60	-	40	4	0,29
4	40	-	60	4	0,31
5	20	-	80	2	0,34
6	20	-	80	6	0,34
7	-	80	20	2	0,27
8	-	80	20	6	0,27
9	-	60	40	4	0,29
10	-	40	60	4	0,31
11	-	20	80	2	0,34
12	-	20	80	6	0,34

Испытания проводились на образцах кубах 2х2х2 см. Образцы изготавливались из раствора нормальной густоты, часть из которых после 24 часов твердения испытывалась на прочность на сжатие, а часть подвергалась тепловлажностной обработке (ТВО) по стандартному режиму (2+4+6+2). Образцы после ТВО испытывались с выдержкой 4 часа.

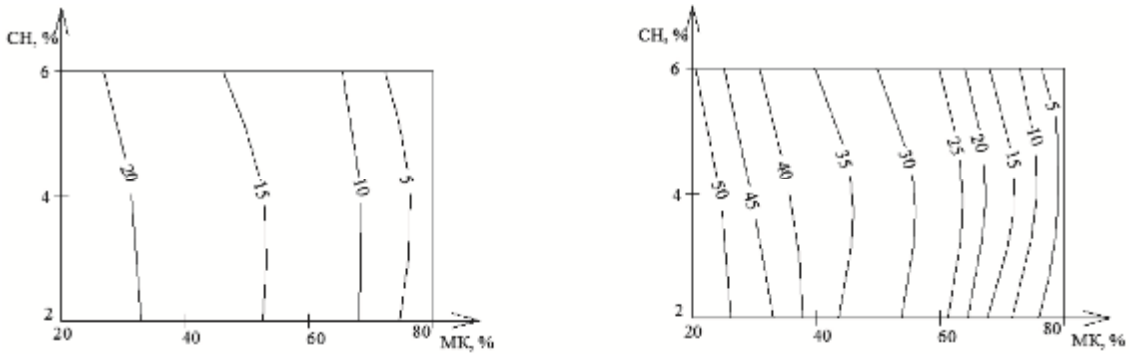
Результаты и обсуждение

Результаты испытаний представлены в табл. 4 и на рис. 1-2.

Таблица 4

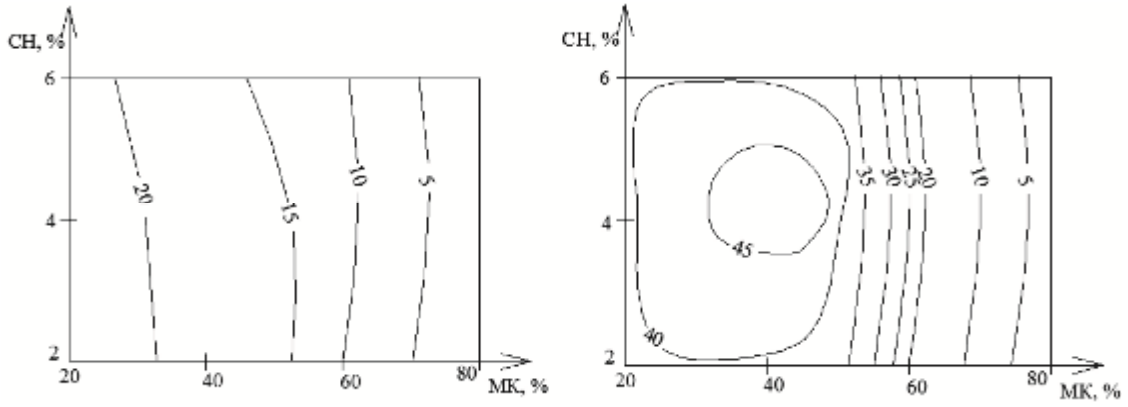
Физико-механические показатели гибридных цементов

№ состава	Средняя плотность, г/см^2	Прочности при сжатии Rсж, МПа		Водопоглощение по массе, %
		1 сут	После ТВО	
0	2159	6,3	78,7	3,16
00	2154	9,5	62,2	3,20
1	2101	24,8	59,7	3,25
2	2180	23,4	50,6	3,27
3	2075	17,0	38,5	3,37
4	1872	12,0	28,0	3,41
5	1740	2,5	3,3	5,84
6	1757	3,0	3,5	5,80
7	1970	21,0	41,0	3,26
8	2126	24,4	42,2	3,28
9	2039	18,8	47,5	3,34
10	1813	10,4	18,0	3,47
11	1745	3,1	3,4	5,83
12	1754	3,2	3,6	5,82



а) б)

Рис. 1. Графики зависимости предела прочности на сжатие гибридных цементов на Вольском цементе М500Д0 от содержания метакаолина (МК) и сульфата натрия (СН) в % от массы вяжущего: а) в возрасте 1 суток, б) после ТВО



а) б)

Рис. 2. Графики зависимости предела прочности на сжатие гибридных цементов на Мордовском цементе М500Д0 от содержания метакаолина (МК) и сульфата натрия (СН) в % от массы вяжущего: а) в возрасте 1 суток, б) после ТВО

На рис. 1 представлены зависимости прочности на сжатие гибридного цемента на основе Вольского портландцемента М500 Д0 от содержания метакаолина и сульфата натрия в % от массы портландцемента в возрасте 1 суток и после ТВО. Как показывают результаты на рис. 1а, в возрасте 1 суток при содержании метакаолина 20-60 % и сульфата натрия 2-6 % от массы портландцемента, прочность по сравнению с бездобавочным образцом увеличивается в 4-2,7 раза, а при увеличении содержания метакаолина до 75 % позволяет сохранить прочность на уровне бездобавочного образца. При содержании метакаолина 80 % прочность составляет 40-48 % при содержании сульфата натрия 2 и 6 % соответственно. Вместе с тем, после ТВО наблюдается снижение прочности при содержании метакаолина 20-40 % и сульфата натрия 2-6 % на 25-50 % по сравнению с прочностью бездобавочного образца, дальнейшее увеличение содержания метакаолина приводит к еще большему снижению прочности.

Как видно из графика, представленного на рис. 2, прочность на сжатие гибридного цемента на основе Мордовского портландцемента М500 Д0 в возрасте 1 суток при содержании метакаолина 20-40 % и сульфата натрия 2-6 % увеличивается в 2,6-2 раза, а при увеличении метакаолина до 60 % остается на уровне бездобавочного образца. При содержании метакаолина 60-80 % прочность составляет 100-34 % от прочности контрольного состава соответственно. После проведения ТВО прочность гибридных цементов с содержанием метакаолина 20-50 % составляет 76-66 % от прочности контрольного образца. При этом, наибольшая прочность наблюдается при содержании метакаолина 40 % и сульфата натрия 4 %. При содержании метакаолина 50-60 % прочность снижается на 66-30 % соответственно, а при содержании метакаолина 80 % прочность составляет 5 %.

Результаты сравнения показателей прочности гибридных цементов, представленные на рис. 1 и 2 свидетельствуют о том, что на ранней стадии твердения наилучшие результаты по прочности наблюдаются для гибридных цементов на основе низкоалюминатного Вольского портландцемента, а после пропарки лучше показатели у гибридных цементов на среднеалюминатном Мордовском портландцементе.

Согласно данным [10] при сочетании метакаолина с сульфатом натрия образуются C-S-H фазы, при низком содержании сульфата натрия образуются AFm-фазы (моносульфаты и/или монокарбонаты) и AFt фаза (эттрингит) примерно в равных пропорциях, при повышении содержания сульфата натрия количество эттрингита увеличивается за счет сокращения AFm-фазы. Кроме того, содержание алюмосиликатного геля зависит от времени твердения и содержания сульфата натрия, что связано с активацией метакаолина. Авторами [7] отмечается, что реакция активации с помощью сульфата натрия идет двумя путями: 1) первоначально образовавшийся гипс переходит в эттрингит; 2) переход U-фазы (тип AFm-фазы похожий на моносульфоалюминат) с образованием эттрингита.

В случае использования низкоалюминатного цемента реакция гидратации в присутствии сульфата натрия будет идти по следующей схеме [10-11]:

$$\underset{\text{гипс}}{3(CaO\cdot Al_2O_3)+3(CaSO_4\cdot xH_2O)}+(383x)\cdot H_2O\rightarrow\underset{\text{эттрингит}}{(CaO)_6(Al_2O_3)(SO_3)_3\cdot 32H_2O}+2(Al_2O_3\cdot 3H_2O)$$

При увеличении алюминатности в случае использования Мордовского цемента схема будет следующей [10-11]:

$$\underset{\text{сульфат натрия}}{6(CaO\cdot Al_2O_3)+Na_2SO_4}+48H_2O\rightarrow\underset{\text{эттрингит}}{(CaO)_6(Al_2O_3)(SO_3)_3\cdot 32H_2O}+5(Al_2O_3\cdot 3H_2O)+2(Na^+, OH^-)$$

Повышение pH системы, приводит к возникновению двойного эффекта в реакциях гидратации. С одной стороны, ускоряется образование C-A-S-H геля. С другой стороны, увеличение pH необходимо для образования U-фазы ($3CaO\cdot Al_2O_3\cdot CaSO_4\cdot 0.5NaSO_4\cdot 15H_2O$) [12].

Выводы:

1. Ранняя гидратация гибридных цементов не зависит от содержания трехкальциевого алюмината, а лишь зависит от вида и количества алюмосиликатного компонента и щелочного активатора.
2. Более поздняя гидратация зависит от содержания трехкальциевого алюмината цемента, причем, большее его содержание до определенного предела, позволяет увеличить прочностные показатели гибридных цементов.
3. Установлено, что гибридные цементы с низким содержанием трехкальциевого алюмината при содержании метакаолина 20-60 % от массы портландцемента и сульфата натрия 2-6 % в возрасте 1 суток позволяют увеличить прочность гибридного цементного камня в 4-2 раза по сравнению с бездобавочным образцом.
4. Установлено, что гибридные цементы на основе портландцемента средней алюминатности при содержании метакаолина 20-50 % от массы портландцемента и сульфата натрия 2-6 % в возрасте 1 суток позволяют увеличить прочность гибридного цементного камня в 2,6-1,6 раза по сравнению с бездобавочным образцом.
5. Установлено, что тепловлажностная обработка гибридных цементов позволяет получать цементы с прочностью 50-76 % от прочности контрольного состава в зависимости от вида применяемого цемента.
6. При увеличении алюминатности исходного портландцемента гидратация гибридных цементов идет с образованием помимо эттрингита, еще и U-фазы за счет повышения pH системы.

Список библиографических ссылок

1. Fernández-Jiménez A., Maltseva O., Palomo A. Characterisation of an industrial hybrid cement // NTCC2014: International Conference on Non-Traditional Cement and Concrete, 2014, June 16-19, Brno, Czech Republic. – P. 45-48.
2. Garcia- Lodeiro I., Palomo A., Fernández-Jiménez A. Hybrid alkaline cements: hydration kinetics study during the early reaction stages // NTCC2014: International Conference on Non- Traditional Cement and Concrete, 2014, June 16-19, Brno, Czech Republic. – P. 59-62.
3. Рахимова Н.Р. Современные гидравлические вяжущие: учеб. пособие. – Казань: КГАСУ, 2014. – 119 с.
4. Ermilova E.U., Kamalova Z.A., Rakhimov R.Z. Composite Portland cement with complex mineral additive and hyperplasticizer // The 14th International Congress on the Chemistry of Cement (ICCC 2015) during 13-16 October, 2015, Beijing, China. – 253 p.
5. Ermilova E.U., Kamalova Z.A., Rakhimov R.Z. Composite Portland cements with hibrid mineral additives and hyperplasticizer // Ibausil 2015, 16-19 September, 2015, Weimar, Deutschland, Band 2. – P. 589-595.
6. Provis J.L., van Deventer J.S.L. Geopolymers: Structures, Processing, Properties and Industrial Applications. Wood head Publishing, Abingdon. UK, 2009.
7. Vallepu R., Fernandez-Jimenez A., Terai T., Mikuni A., Palomo A., Mackenzie K.J.D., Ikeda K. Effect of synthesis pH on the preparation and properties of K-Al-bearing silicate gels from solution // Ceramic Society of Japan, 2006, № 114. – P. 624-629.
8. Sagoe-Crentsil K., Pre De Silva. Alkali-activated binders: Early age nucleation reactions, chemical phase evolution and their implications on system properties // The 14th International Congress on the Chemistry of Cement (ICCC 2015) during 13-16 October, 2015, Beijing, China.
9. Fernandez-Jimenez A., Sobrados I., Sanz J., Palomo A. Hybrid cements with very low OPC content // Proc. XIII International Congress on the Chemistry of cement. – Madrid, Spain 3-8.07.2011. – 142 p.
10. Zibouche F., Fernandez-Jimenez A., Boudissa N., Abadlia M.T., Palomo A. Alkaline activation of metakaolin-slag-clinker blends // Proc. XIII International Congress on the Chemistry of cement. – Madrid, Spain 3-8.07.2011. – 143 p.
11. Корнеев В.И., Брыков А.С. Перспективы развития общестроительных вяжущих веществ. Геополимеры и их отличительные особенности // Цемент и его применение, 2010, № 2. – С. 51-55.
12. Bernal S.A., Herfort D., Skibsted J. Hybrid binders based on alkali sulfate-activated Portland clinker and metakaolin // Proc. XIII International Congress on the Chemistry of cement. – Madrid, Spain 3-8.07.2011. – 141 p.
13. Scrivener K.I. Calcium aluminate cements in: J. Newman, B.S. Choo (Eds.), Advanced Concrete Technology: Constituent Materials, Elsevier Butterworth-Heinemann. – Oxford, UK, 2003. – P. 2/1–2/28.
14. Arbi K., Palomo A., Fernandez-Jimenez A. Alkali-activated blends of calcium aluminate cement and slag/diatomite // Ceramics international, 2013, № 39. – P. 9237-9245.

Ermilova E.U. – post-graduate student
E-mail: lizabeta_91@list.ru
Kamalova Z.A. – candidate of technical sciences, associate professor
E-mail: zlesik@mail.ru
Rakhimov R.Z. – doctor of technical sciences, professor
E-mail: rakhimov@kgasu.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Hybrid cements based on metakaolin with low content of Portland cement

Resume

The article presents the study about the hybrid cements. The aim of our study was to investigate the influence of the content of tricalcium aluminate of Portland cement on the physical and mechanical properties of hybrid cement based on metakaolin and sodium sulfate. As the raw materials the Portland cement M500 D0 of Volski and Mordovian plants were used with low and medium content of tricalcium aluminate, respectively. As aluminosilicate component metakaolin was used, with the addition of sodium sulfate. The results of testing physical-mechanical characteristics of hybrid cements with a low content of Portland cement were shown. The influence of steam curing on the strength properties of hybrid cement was investigated. It is established that at the age of 1 day hybrid cements with a content of Portland cement 20-40 % have a strength in a 4-2,7 and 2,6-2 times higher than that of cement with no sample Volski and Mordovian cements, respectively.

Keywords: hybrid cements, mineral additives, metakaolin, sodium sulphate.

Reference list

1. Fernández-Jiménez A., Maltseva O., Palomo A. Characterisation of an industrial hybrid cement // NTCC2014: International Conference on Non-Traditional Cement and Concrete, 2014, June 16-19, Brno, Czech Republic. – P. 45-48.
2. Garcia-Lodeiro I., Palomo A., Fernández-Jiménez A. Hybrid alkaline cements: hydration kinetics study during the early reaction stages // NTCC2014: International Conference on Non-Traditional Cement and Concrete, 2014, June 16-19, Brno, Czech Republic. – P. 59-62.
3. Rakhimova N. R. Modern hydraulic binders: proc. aid. – Kazan: KSUAE, 2014. – 119 p.
4. Ermilova E.U., Kamalova Z.A., Rakhimov R.Z. Composite Portland cement with complex mineral additive and hyperplasticizer // The 14th International Congress on the Chemistry of Cement (ICCC 2015) during 13~16 October 2015, Beijing, China. – 253 p.
5. Ermilova E.U., Kamalova Z.A., Rakhimov R.Z. Composite Portland cements with hibrid mineral additives and hyperplasticizer // Ibausil 2015, 16-19 September, 2015, Weimar, Deutschland, Band 2. – P. 589-595.
6. Provis J.L., van Deventer J.S.L. Geopolymers: Structures, Processing, Properties and Industrial Applications. Wood head Publishing, Abingdon. UK, 2009.
7. Vallepu R., Fernandez-Jimenez A., Terai T., Mikuni A., Palomo A., Mackenzie K.J.D., Ikeda K. Effect of synthesis pH on the preparation and properties of K-Al-bearing silicate gels from solution // Journal of the Ceramic Society of Japan, 2006, № 114. – P. 624-629.
8. Sagoe-Crentsil K., Pre De Silva. Alkali-activated binders: Early age nucleation reactions, chemical phase evolution and their implications on system properties // The 14th International Congress on the Chemistry of Cement (ICCC 2015) during 13-16 October, 2015, Beijing, China.
9. Fernandez-Jimenez A., Sobrados I., Sanz J., Palomo A. Hybrid cements with very low OPC content // Proc. XIII International Congress on the Chemistry of cement. – Madrid, Spain 3-8.07.2011. – 142 p.
10. Zibouche F., Fernandez-Jimenez A., Boudissa N., Abadlia M.T., Palomo A. Alkaline activation of metakaolin-slag-clinker blends // Proc. XIII International Congress on the Chemistry of cement. – Madrid, Spain 3-8.07.2011. – 143 p.
11. Korneev V.I., Brykov A.S. Prospects of development of works and buildings construction binders. The geopolymers and their distinguishing features // Cement i ego primenenie, 2010, № 2. – P. 51-55.
12. Bernal S.A., Herfort D., Skibsted J. Hybrid binders based on alkali sulfate-activated Portland clinker and metakaolin // Proc. XIII International Congress on the Chemistry of cement. Madrid, Spain 3-8.07.2011. – 141 p.
13. Scrivener K.I. Calcium aluminate cements in: J. Newman, B.S. Choo (Eds.), Advanced Concrete Technology: Constituent Materials, Elsevier Butterworth-Heinemann. – Oxford, UK, 2003. – P. 2/1-2/28.
14. Arbi K., Palomo A., Fernandez-Jimenez A. Alkali-activated blends of calcium aluminate cement and slag/diatomite // Ceramics international, 2013, № 39. – P. 9237-9245.

УДК 691.33
Ерусланова Э.В. – аспирант
Красиникова Н.М. – кандидат технических наук, доцент
E-mail: knm0104@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

Безпрогревные легкие бетоны на основе наномодифицированной сухой смеси для пенобетона[1]

Аннотация

Проведена наномодифицикация сухой пенобетонной смеси (ССПБ) и на ее основе подобраны составы пенобетона с легкими заполнителями (керамзитовым гравием, гранулами пеностекла и полистирола). Установлено, что добавка кремнезоля в количестве 0,001 % от массы цемента повышает прочность пенобетона в среднем на 15 %. Разработанные пенобетоны с пористыми заполнителями теплоизоляционно-конструкционного назначения с плотностью от 300 кг/м^3 до 750 кг/м^3 имеют коэффициент конструктивного качества на 30 % и больше, чем пенобетон без заполнителя.

Ключевые слова: сухая смесь, неавтоклавный пенобетон, кремнезоль, легкий заполнитель, коэффициент конструктивного качества.

Введение

Основными стеновыми материалами, используемыми в настоящее время, являются силикатный и керамический кирпичи и блоки, пустотные блоки, наружные стеновые панели КПД, монолитные стены, пено- и газобетонные мелкоштучные блоки, а также блоки из керамзитобетона. Чтобы добиться нужного теплоизолирующего эффекта в наружные стены вводят дополнительный слой из эффективного утеплителя (пенополистирольные и минераловатные плиты и др.), либо возводят целиком из материала с низкой теплопроводностью. В последние десятилетия неуклонно растет доля применения ячеистых бетонов в строительстве, поскольку они являются объективно самыми дешевыми стеновыми материалами [1, 2].

Ранее [3] была показана эффективность нового способа приготовления пенобетона и изделий из него из готовой сухой смеси, включающий пенообразователь. В развитии этой темы авторы показали возможность модифицирования сухой смеси нанодобавками и ее технологическую совместимость с легкими заполнителями. Результаты, отраженные в работе [4], показывают практический интерес использования ячеистых бетонов с пористыми заполнителями, т.к. введение до 50 % заполнителя может снизить до 60 % усадочные деформации неавтоклавного пенобетона. Следует отметить, что А.А. Брюшков уже в 1931 г. предложил совместно использовать ячеистый и легкие бетоны [5]. В качестве заполнителей для пено- и газобетона предлагалось использовать пемзу и шлаки. По данным Б.С. Комиссаренко для производства эффективных конструкционно-теплоизоляционных бетонов в настоящее время необходимы пористые заполнители с насыпной плотностью не более 600 кг/м^3 [6, 7]. Возможными заполнителями, отвечающими требованию по плотности, являются керамзитовые гравий, щебень и песок, гранулированное пеностекло и вспененные гранулы пенополистирола. Следует отметить, что нормативные документы на нетрадиционные легкие заполнители, например, из пеностекла, отсутствуют, поэтому исследования по их использованию актуальны.

Методы и материалы

В работе использовались следующие материалы: для приготовления сухих смесей: портландцемент – ЦЕМ I 42,5Б производства ОАО «Мордовцемент» (по ГОСТ 31108-

[1]Работа выполнена по заданию № 7.1955.2014/К в рамках проектной части государственного задания в сфере научной деятельности Министерства образования и науки Российской Федерации.

2003), пенообразователь – Foamcem по ASTM 869-80, в качестве модификатора – промышленно выпускаемый кремнезоль КЗ – ТМ-30 (ООО «НТЦ КОМПАС»).

Методы определения реологических и технологических свойств:

- подвижность пенобетонной и легкобетонной смеси определяли по расплыву конуса Суттарда по СН277-80 «Инструкция по изготовлению изделий из ячеистого бетона»;

- плотность пенобетонной и легкобетонной смеси по ГОСТ 27005-2014 «Бетоны легкие и ячеистые. Правила контроля средней плотности».

Методы определения физико-механических характеристик:

- распределение частиц по размеру – методом отраженного лазерного света на лазерном анализаторе «HORIBA L950».

- прочность при сжатии образцов размером 100х100х100 мм, 150х150х150 мм, по ГОСТ10180-2012 «Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам».

Результаты

На основании полученных результатов на цементном камне [8,9] были проведены исследовании в совместной системе цемент-пенообразователь-кремнезоль. Приготовление модифицированной сухой смеси и «базового» состава сухой смеси осуществляли в лабораторной вибрационно-шаровой мельнице СМВ-3 с истирающим и ударно-вибрационным измельчением [10] (табл. 1). Анализ распределения частиц по размеру (РЧР) проводили на лазерном анализаторе «Horiba L950». При этом удельная поверхность составляла 450±100 м^2/г (рис. 1-2).

Таблица 1

Состав сухой смеси

Обозначение сухой смеси	Средняя плотность пенобетона, кг/м^3	Расход материалов на 1 т сухой смеси		
		цемент, кг	кремнезоль, кг	Пенообразователь, л
ССПБ 400-базовый	400	982	-	8,8
ССПБ 400-модифицированый	400	982	0,00982	8,8

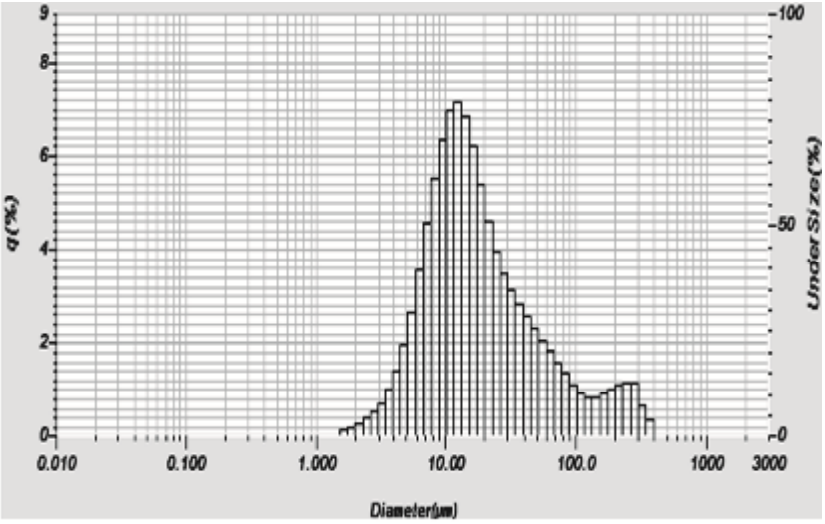


Рис. 1. Распределение частиц по размерам (РЧР) базового состава сухой смеси

Из рис. 1. видно, что распределение частиц ПЦ имеет бимодальный характер, максимальное содержание частиц находится в интервале 8-30 мкм и составляет 59 % общего объема. При этом минимальный размер частиц составляет 1,729 мкм, а максимальный 394,244 мкм.

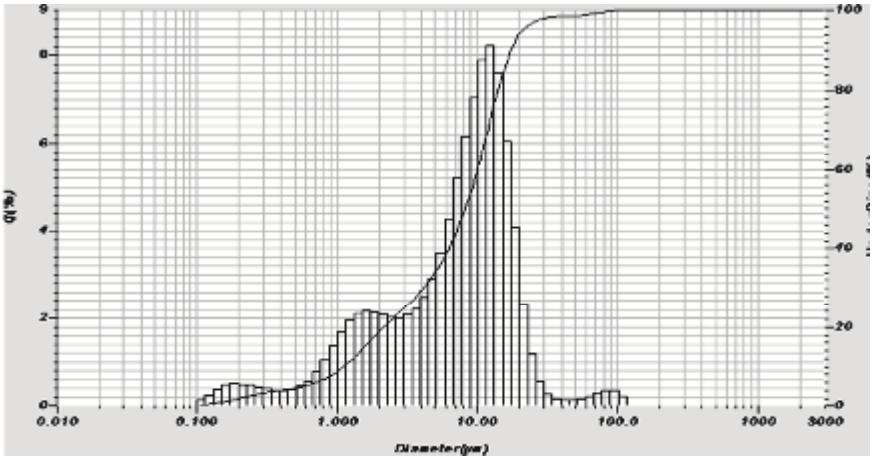


Рис. 2. Распределение частиц по размерам (РЧР) модифицированного состава сухой смеси

Из рис. 2. видно, что кривая РЧР модифицированной сухой смеси имеет тримодальный характер, содержание зерен мельче 0,1-5 мкм – 34 %, зерен размерами 5-10 мкм – 26 %, зерен размерами 10-20 мкм – 33 %, зерен размерами более 20 мкм – 7 %. Следует отметить, что содержание наномодификатора – кремнезоля КЗ-ТМ-30 в количестве 0,001 % не отразилось на смещении «левого плеча» кривой к наноразмерной области (менее 100 нм). При этом полученная кривая распределения частиц по размеру обеспечивает быстрый набор прочности, т.к. частицы размерами 0-5 мкм оказывают решающее влияние на рост прочности пенобетона из сухой смеси впервые часы твердения. Частицы размером 5-10 мкм влияют на прочность – в 3-7 суточном возрасте, а фракция 10-20 мкм определяет прочность в 28 суточном и более позднем возрасте [11] (табл. 2).

Таблица 2

Прочность пенобетона из сухих смесей

Наименование материала	Средняя плотность, кг/м^3	Прочность при сжатии 28 сут, МПа
Пенобетон из сухой смеси	400	1,5-1,7
Пенобетон из модифицированной пенобетонной смеси	400	1,9-2,0

Из табл. 2 видно, что модифицирование сухой смеси для неавтоклавного пенобетона, позволяет повысить прочность в среднем на 15 %.

Выше уже отмечалось, что для теплоизоляционных бетонов в настоящее время необходимы пористые заполнители с насыпной плотностью не более 600 кг/м^3.

В настоящее время создан целый ряд разновидностей легких бетонов, получение которых основано на сочетании пористых заполнителей с поризованной растворной частью, которые можно условно разделить в зависимости от способов поризации на три основные группы:

1) беспесчаные, поризованные пеной;

2) беспесчаные или с песком, поризованные газообразующей добавкой;

3) песчаные, поризованные воздухововлекающими добавками.

В нашей работе, получение легких бетонов на основе сухих смесей для неавтоклавного пенобетона относится к первой группе.

Анализ работ [12, 13] по поризации, показал, что поризацию растворной части можно проводить следующими способами:

1 – добавлением технической пены при перемешивании смесей;

2 – перемешиванием цементного теста с пеной, а затем поризованного теста с пористым заполнителем;

3 – добавление пенообразующих веществ при перемешивании смесей;

4 – перемешивание смеси пенообразующего вещества, воды и вяжущего с последующим добавлением пористого заполнителя.

Все описанные способы относятся к раздельному приготовлению пеномассы и легкого заполнителя. Следует отметить, что при этом происходит разрушение большого количества пены. В связи с этим встает задача одностадийного перемешивания – образования пены в процессе приготовления пенобетона с заполнителями.

Этим требованием отвечает приготовление легкого бетона на основе сухих смесей для неавтоклавного пенобетона [3].

Для приготовления пенобетона из сухой смеси требуются скоростные смесители, с частотой 1500 об/мин, но высокочастотное перемешивание приводит к расслоению образующей пеномассы и заполнителя. Нами выявлено, что целесообразно для приготовления легкого бетона использовать смеситель с частотой вращения лопастей 500 об/мин. Влияние вида заполнителей на прочность при сжатии легкого бетона из сухой смеси показано в табл. 3. Эффективность легких бетонов целесообразно оценивать и сравнивать по коэффициенту конструктивного качества (ККК). Этот коэффициент обусловливает снижение веса сооружений без снижения их прочности [14, 15]. ККК, равен отношению предела прочности бетона при сжатии к его средней плотности, который также приведен в табл. 3.

Таблица 3

Влияние вида заполнителей на прочность легкого бетона

Наименование заполнителя	Фракция заполнителя, мм	Прочность при сжатии МПа	Наименование материала	Средняя плотность, кг/м^3	Прочность при сжатии, МПа	ККК·10^{-3} (R/D), м
Керамзито-вый гравий	5-10 10-20	П100 П75	Легкий бетон на керамзитовом гравии	750 650	3,11-3,68 2,87-3,45	4,1-4,9 4,4-5,3
Гранулиро-ванное пеностекло	0-2	2,61	Легкий бетон на гранулированном пеностекле	550	4,6-5,18	8,3-9,4
	0-5	2,26		500	3,91-4,49	7,8-8,98
	7-20	0,79		400	2,3-3,22	5,75-8,05
	5-7	0,78		450	2,53-3,45	5,62-7,6
	1,25-2,5	2,26		500	3,22-3,68	6,44-7,36
	2,5-5	2,03		450	2,53-3,45	5,62-7,6
Вспененные гранулы полистирола	4-6	-	Легкий бетон на вспененных гранулах полистирола	300	0,92-1,38	3,0- 4,6

В табл. 4 приведены нормативные значения коэффициента конструктивного качества легких бетонов.

Таблица 4

Нормативные значения коэффициента конструктивного качества

Наименование материала	Нормативный документ	Нормативное значение прочности	ККК·10^{-3} (R/D), м
1	2	3	4
Керамзитобетон D700	Гост 25820-2000	Класс бетона по прочности на сжатие – В2,5-В3,5 (3,27-4,58 МПа)	4,67-6,54
Керамзитобетон D600	Гост 25820-2000	Класс бетона по прочности на сжатие – В2,5 (3,27 МПа)	5,45
1	2	3	4
Керамзитобетон D500	Гост 25820-2000	Класс бетона по прочности на сжатие – В1,0-В2,0 (1,45 МПа- 2,9 МПа)	2,9- 5,8
Конструкционно-теплоизоляционный автоклавного твердения D700	ГОСТ 31359-2007	Класс по прочности на сжатие не ниже В1,5 (2,17 МПа)	3,1
Полистиролбетон D300 – D400	ГОСТ 51263-2012	Класс по прочности на сжатие не ниже В0,5-В 0,75 (0,75-1,5 МПа)	1,85-2,75

Анализ табл. 2-3 показал, что у всех видов, разработанных легких бетонов ККК превышает нормативные значения на 30 % и более. При этом, максимальное значение ККК достигнуто у легкого бетона на гранулированном пеностекле.

Заключение

Таким образом, показаны высокий упрочняющий эффект модифицирования пенобетона из сухой смеси наноразмерным кремнеземом и практическая целесообразность использования при этом пористых легких заполнителей (керамических, силикатных, полимерных).

Список библиографических ссылок

1. Беляев В.С., Ахмяров Т.А. Энергоэффективность крупнопанельных зданий // Жилищное строительство, 2013, № 4. – С. 47-49.
2. Рахимов Р.Р., Рахимова Н.Р. Строительство и минеральные вяжущего прошлого, настоящего, будующего // Строительные материалы, 2013, № 2015. – С. 57-59.
3. 3.Красиникова Н.М., Хозин В.Г. Новый способ приготовления пенобетона Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия «Строительство и архитектура», 2010, Вып. 10, № 15 (191). – С. 49-50.
4. Ященко Ю.В. Энергоэффективные строительные материалы // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века, 2015, № 4. – С. 24-27.
5. Брюшков А.А. Газо- и пенобетоны. ОНТИ, 1930.
6. Комиссаренко Б.С., Чикноворьян А.Г. Керамзитопенобетон – материал для наружных стеновых панелей // Строительные материалы, 1999, № 4. – С. 15-16.
7. Комиссаренко Б.С. Перспективы развития производства керамзита и керамзитобетона с учетом современных задач стройиндустрии // Строительные материалы, 2000, № 6. – С. 22-23.
8. Красиникова Н.М., Кашапов Р.Р., Морозов Н.М. Влияние кремнезоля на фазовый состав гидратированного цемента с полифункциональной добавкой // Известия КГАСУ, 2016, № 1 (35). – С. 172-177.
9. Степановов С.В., Морозов Н.М., Хозин В.Г. Исследование фазового состава гидратированного цемента с комплексным ускорителем твердения // Известия КГАСУ, 2015, № 1 (31). – С. 142-147.
10. Красиникова Н.М., Хозина Е.В., Хозин В.Г., Морозов Н.М. Исследование размолоспособности сухих смесей для пенобетона // Вестник технологического университета, 2015, Т. 18, № 8. – С. 187-190.
11. Липилин А.Б., Коремюгина Н.В., Векслер М.В. Инновационные технологии снижения расхода цемента в строительстве на основе использования сырьевых ресурсов Тульской области // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века, 2007, № 12. – С. 14-15.
12. Меркин А.П. Научные и практические основы улучшения структуры и свойства поризованных бетонов: Автореф. дис. д.т.н. – М., 1972. – 44 с.
13. Меркин А.П. Ячеистые бетоны: научные и практические предпосылки дальнейшего развития // Строит. Материалы, 1995, № 2. – С. 11-15.
14. Хозин В.Г., Морозов Н.М., Мугинов Х.Г. Особенности модифицирования песчаных бетонов // Строительные материалы, 2010, № 9. – С. 72-73.
15. Хозин В.Г., Морозов Н.М., Боровских И.В., Степанов С.В. Высокопрочные цементные бетоны для дорожного строительства // Строительные материалы, 2009, № 11. – С. 15-17.

Eruslanova E.V. – post-graduate student
Krasinikova N.M. – candidate of technical science, senior lecturer
E-mail: knm0104@mail.ru
Khozin V.G. – doctor of technical science, professor
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

No warm-lightweight concrete on the basis of nano-modified dry mixtures for foam

Resume

The main wall material used in the present time, are silicate and ceramic bricks and blocks, hollow blocks, exterior wall panels efficiency, monolithic wall, foam and aerated concrete blocks, small-pieces, as well as blocks of expanded clay. It has shown earlier the effectiveness of a new method of preparation of foam concrete and products made from the finished dry mixture comprising blowing agent, and a practical interest in the use of cellular concrete with porous aggregates. Results demonstrated the possibility of modifying the dry mixture nanoadditives and its technological compatibility with lightweight aggregates.

This article shows the possibility to update a dry foam concrete mix (DFCM) and the joint work of the foam it with lightweight aggregates. It was established that the modification of its addition in an amount of 0,001 % by weight of cement improves strength of the resulting foam on average 15 %. Designed lightweight concrete heat-insulating and heat-insulating-constructional purposes showed an increase of constructive quality factor of 30 % or more.

Keywords: dry mix, non-autoclave foam concrete**.** silica sol, lightweight aggregate, structural quality factor.

Reference list

1. Belyaev V.S., Akhmyarov T.A. Energy efficiency of large-panel buildings // Housing construction, 2013, № 4. – P. 47-49.
2. Rakhimov R.R., Rakhimova N.R. Construction and mineral the knitting past, real, future // Construction materials, 2013, № 2015. – P. 57-59.
3. Krasinikova N.M., Hozin V.G. New way of preparation of foam concrete Bulletin of the Southern Ural state university. Construction and Architecture series, Issue 10, № 15 (191), 2010. – P. 49-50.
4. Yashchenko Yu.V. Power effective construction materials // Construction materials, equipment, XXI centuries technologies, 2015, № 4. – P. 24-27.
5. Bryushkov A.A. Gazo-and foam concretes. ONTI, 1930.
6. Komissarenko B.S., Chiknovoryan A.G. Claydite foam concrete– material for external wall panels // Construction materials, 1999, №. 4. – P. 15-16.
7. Komissarenko B. S. Prospects of development of production of expanded clay and a expanded clay lightweight concrete taking into account modern problems of building industry // Construction materials, 2000, № 6. – P. 22-23.
8. Krasinikova N.M., Kashapov R.R., Morozov N.M. Influence silica sol on phase composition of the hydrated cement with a multifunctional additive // News of KGASU, 2016, № 1 (35). – P. 172-177.
9. Stepanovov S.V., Morozov N.M., Khozin V.G. Research of phase composition of the hydrated cement with the complex accelerator of curing // Izvestiya KGASU, 2015, № 1 (35). – P. 142-147.
10. Krasinikova N.M., Khozin E.V., Khozin V.G., Morozov N.M. Research of a grindability of dry mixes for foam concrete // Bulletin of technological university, 2015, T. 18, № 8. – P. 187-190.
11. Lipilin A.B., Koremyugina N.V., Wexler M.V. Innovative technologies of decrease in a consumption of cement in construction on the basis of use of raw material resources Tula region // Construction materials, the equipment, technologies of the 21st century, 2007, № 12. – P. 14-15.
12. Merkin A.P. Scientific and practical bases of improvement of structure and property porous of concrete: Avtoref. yew. the Dr. Sci. Tech. – M., 1972. – 44 p.
13. Merkin A.P. Cellular concrete: // Builds scientific and practical prerequisites of further development. Materials, 1995, № 2. – P. 11-15.
14. Khozin V.G., Morozov N.M., Muginov H.G. Features of modifying of sandy concrete // Construction materials, 2010, № 9. – P. 72-73.
15. Khozin V.G., Morozov N.M., Bohr I.V., Stepanov S.V. High-strength cement concrete for road construction // Construction materials, 2009, № 11.

УДК 691.3
Морозова Н.Н. – кандидат технических наук, доцент
E-mail: ninamor@mail.ru
Хамза Абдулмалек Кайс – студент
E-mail: hamza.qais@mail.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1

Получение высокопрочного мелкозернистого бетона с использованием природного цеолита

Аннотация

Высокопрочный бетон достигается за счет оптимизации состава и свойств исходный материалов. Минеральный наполнитель с низкой водопотребностью и высокой пуццолановой активностью один из факторов в создании высокой прочности цементных бетонов. К числу таковых относится природный цеолит с синайского полуострова Египта. Природный цеолит как эффективная минеральная добавка совместно с добавкой Melflux 2641 F и фракционированным песком позволяет получить высокопрочный мелкозернистый бетон классов В55, В60, В65 легко уплотняемого традиционным методом вибрирования, при этом бетонные мелкозернистые смеси характеризуются В/Ц отношением от 0,33 до 0,25.

Ключевые слова: высокопрочный мелкозернистый бетон, природный цеолит, водопотребность, модифицированный, высокая прочность.

Введение

Современные бетоны используют широкий спектр химических и минеральных добавок с целью экономии основных ресурсов или создания высокой прочности и долговечности [1].

Высокопрочные и высококачественные бетоны требуют для своего производства не только эффективных модификаторов, но и высококачественных заполнителей, которые дополнительно приводят к удорожанию готового продукта. Сегодня для производства цементного бетона существует широкий диапазон портландцементов с различными их характеристиками и приемлемыми ценами на них. Если для большинства регионов нашей страны цементные вяжущие имеют хорошую логистику, то для заполнителей, особенного щебня плотных горных пород, существует высокая территориальная не однородность по доступности или их отсутствие. Снижение спроса на гравий и щебень для тяжелого бетона уже отмечалось в кризис 2009 г. [2], а это знак к развитию мелкозернистых бетонов, особенно, для Приволжского и Центрального Федеральных округов России, как регионов с наибольшим потреблением щебня (19 и 25 % соответственно) [3]. Такая ситуация в период спада строительства становится более актуальной. В связи с этим объектом исследования настоящей работы явился мелкозернистый бетон. Согласно нового ГОСТ 25192-2012 «Бетоны. Классификация и общие технические требования», мелкозернистый бетон – это бетон на цементном вяжущем с плотным мелким заполнителем. К мелким заполнителям относят песок с наибольший размер зерен 5 мм. Поэтому, вторым названием мелкозернистого бетона является песчаный бетон, который более точно отражает вид заполнителя.

Высокопрочный бетон характеризуется более высокими механическими свойства (высокой прочностью, плотностью) и большей долговечностью (низкой ионной, водо- и паропроницаемостью, деформативностью, высокой морозостойкостью и др.), чем обычный бетон. Применение бетона высоких марок во многом имеет свои преимущества, а именно, сокращение поперечного сечения балок, колонн и увеличения высоты здания, высокая прочность бетона может работать лучше в экстремальных и неблагоприятных климатических условиях, сокращая расходы на обслуживание и ремонт зданий и сооружений. К высокопрочным бетонам, согласно вышеупомянутого ГОСТа, могут быть отнесены бетоны с классом прочности при сжатии В55 и более (средняя прочность не менее 720 кгс/см^2).

Способы получения высокопрочных бетонов существуют самые разнообразные, но многие исследователи склонны считать следующие необходимые факторы: низкое В/Ц смеси, увеличение содержания низкоосновных гидросиликтов, высокая плотность структуры затвердевшего камня на макро-, микро- и мезоуровне [4]. Как известно первый фактор легко решается за счет использования химических добавок пластифицирующего действия, разнообразие который сегодня огромнейшее. Второй фактор достигается за счет применения добавок пуццоланового действия, к числу которых относят кремнеземистые и алюмосиликатные минеральные порошки природного или искусственного происхождения.

Микрокремнезем является одним из самых известных пуццолановых материалов, который является побочным продуктом производства различных кремниевых сплавов. Альтернативным материалов для дорогого микрокремнезема могут быть природные цеолиты, характеризующиеся большим числом каналов и полостей, которые имеют высокую площадь поверхности. Природные цеолиты являются водными алюмосиликатными минералами, содержащие щелочные и щелочно-земельные металлы, образованные в результате изменения вулканического пепла, которые в основном аморфные. Они рассматриваются в качестве материалов с высокой пуццолановой активностью [5-8]. Пуццолановая активность цеолитов зависит от количества реактивного SiO_2 и Al_2O_3, которые взаимодействуют с $Ca(OH)_2$, выделившегося при гидратации клинкерных минералов цемента. В результате микроструктура затвердевшего цементного бетона улучшается, а бетон становится более непроницаемым [9, 10].

В литературе существуют многочисленные сообщения об использовании природных цеолитов в бетонах [11-17]. Это связано с широкой доступностью природных цеолитов, что экономически более благоприятно для крупномасштабного производства. Однако, ограничения в использовании природных цеолитов в том, что они имеют переменный химический состав в зависимости от их происхождения и, кроме того могут присутствовать различные количества примесей. Еще одним ограничением является то, что природные цеолиты до их использования в качестве добавок в бетонах должны быть измельчены.

При анализе свойств бетона, содержащего цеолиты как добавки к вяжущим материалам различных следователей сосредоточены главным образом на механические свойства, которые обычно считаются самыми важными для любого типа бетона [18-21]. Поэтому география применения высокопрочного бетона расширяется. Его используют во многих регионах земного шара. Однако, не все регионы богаты качественными крупными заполнителями для бетонов. Востребованность высокопрочного бетона расширяется и благодаря развитию технологии, появлению спроса в монолитном высотном строительстве, большепролетном строительстве мостов, морских платформ и ряда других специальных сооружений. В рамках представленной статьи рассмотрено получение высокопрочного мелкозернистого бетона с применением водоредуцирующей добавки и природного цеолита.

Выбор в качестве заполнителя только мелкий обусловлен тем, что заполнители для высокопрочного бетона кроме чистоты и хорошего зернового состава с малой пустотностью не должны содержать слабых зерен и иметь предел прочности крупного заполнителя на 20 % выше заданной прочности бетона [9].

Характеристики материалов

Для изготовления мелкозернистого бетона использовали портландцемент марки ЦЕМ I 42,5Н, минеральный его которого следующий: C_3S в количестве 62 %, C_2S – 17 %, C_3A – 4 % и C_4AF – 14 %, его химический состав приведен в табл. 1, в качестве заполнителя использован фракционированный песок, полученный из природного нефракционированного песка Камского месторождения ПО «Нерудматериалы» г. Казань.

В качестве минеральной добавки использован природный цеолит из Египта, выпускаемый фирмой «Gawish import & export egypt» фракции 0-0,08 мм, содержащий 75 % клиноптилолита, кварца 8 %, плагиоклаза до 3 %, карбоната 2,5 %, гидрослюды до 3 %. Общая химическая формула цеолита – $(Na^{2+}, K^{2+})O{\cdot}Al_2O_3{\cdot}8SiO_2{\cdot}10H_2O$, соотношение Si/Al составляет 4,8-5,4, а удельная поверхность по ПСХ – 9900 см^2/г. Химический состав цеолита представлен в табл. 1.

Таблица 1

Химический состав портландцемента и природного цеолита

Наименование показателя	Значение показателя, %	
	ЦЕМ I 42,5 Н	цеолит
SiO_2	22,0	71.4
CaO	66,2	1.26
MgO	0,86	0.45
Fe_2O_3	5,32	1.04
Na_2O	0,14	2.086
$A1_2Oз$	4,79	11.9
SO_3	0,09	–
K_2O	0,6	3.02

В качестве водоредуцирующего модификатора использован суперпластификатор Melflux 2641 F производства Degussa Constraction Polymers (SKW Trostberg, Германия) приобретенный в ООО «ЕвроХим-1», представляет собой легко растворимый в воде порошковый продукт, полученный методом распылительной сушки на основе модифицированного полиэфиркарбоксилата. Технические данные: желтоватый порошок, насыпная плотность – 350…600 г/л, потери при нагревании – макс. 2,0 мас. %, 20 % раствор при 20 ^{0}С, имеет pH = 6,5–8,5;

Предметом настоящего исследования является прочность после ТВО, как наиболее распространенный способ ускорения твердения изделий в производстве сборного железобетона и прочность в возрасте 28 суток.

Результаты исследований и обсуждение

Первоначально, для получения мелкозернистого бетона был подготовлен фракционированный песок путем рассева на стандартные фракции 5-2,5; 2,5-1,25; 1,25-0,63: 0,63-0,315.

Для приготовления мелкозернистого бетона эти фракции песка взяты в количестве 69 % фр. 5-2.5; 17,5 % – фр. 1,25-0,63 и 13,5 – фр. 0,315-0,16. Расчет модуля крупности такого песка составил 2,61. Подготовленный таким образом песок был использован в качестве заполнителя в мелкозернистом бетоне, в котором дополнительно использовали природный цеолит в количестве 5 и 10% в замен портландцемента. Условия твердения приняты нормальные температурно- влажностные и в условиях тепловлажностной обработке при температуре 80°С по режиму (3+6+2) часов. Все составы имели В/Ц=0,33.

Таблица 2

Состав и свойства мелкозернистого бетона с природным цеолитом

Расход материалов, кг/м^3			Прочность при изгибе, кг/см^2, после		Прочность на сжатии, МПа, после	
цемент	песок фракционированный	цеолит	ТВО	28 сут н.тв.	ТВО	28 сут н.тв.
600	1500	-	74.5	103.9	56.31	68.8
570		30	88.2	112	60.29	72.81
540		60	85.63	93.7	55.66	69.5

Как видно из табл. 2, использованный фракционный состав песка позволяет получить высокую прочность бетона, но не достаточную, чтобы охарактеризованный данный состав как высокопрочный. В случае изготовления мелкозернистого бетона с использованием в качестве минеральной добавки природного цеолита в количестве 5 % от массы вяжущего позволяет получить высокопрочный бетон, при этом фактическая прочность бетона на сжатие составила 72, 8 МПа. Введение 10 % природного цеолита не снизило прочность бетона в возрасте 28 суток относительно контрольного состава, но она стала меньше состава с 5 % цеолита. Высокие показатели получены при исследовании прочности при изгибе. Поэтому данный состав интересен для изделий, работающих на изгиб или для дорожного строительства.

Считаем, что применение природного цеолита в цементных бетонах – это внутренний уход бетона. Поскольку цеолитовые окна и полости выполняют роль «закрамов» химических веществ попавших в них на первом этапе – гидролизе клинкерных минералов цемента при затворении его водой. Наличие в порах влаги, химические процессы будут продолжатся. Другим преимуществом исследованного цеолитового материала заключается в его низкой водопотребности (рис. 1), что позволяет прогнозировать низкую пористость изделий с его применением. Водопотребность природного цеолита с синайского полуострова Египта по сравнению с цеолитсодержащем мергелем (ЦСП) месторождения Татарско-Шатрашанского в 2,5 раза меньше. Полученная водопотребность природного цеолита из Египта несколько меньше водопотребности цемента, определенная по методике проф. Калашникова по расплыву теста на границе гравитационной растекаемости водноминеральных систем. Для сравнения измельченный природный мытый песок с удельной поверхностью 3800 см^2/г показал такое же значение, как и природный цеолит с удельной поверхностью 9000 см^2/г. Низкая водопотребность природного цеолита важна для высоких механических показателей цементных систем.

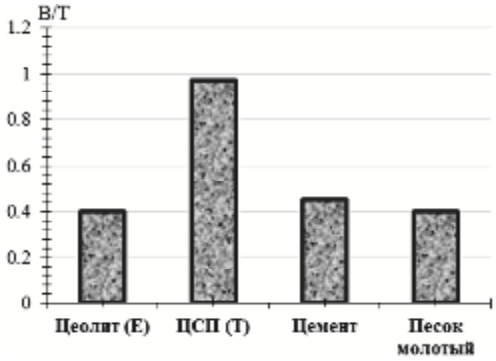


Рис. 1. Водопотребность минеральных паст

Далее исследованы свойства мелкозернистого бетона с природным цеолитом при дополнительном введении химической добавки Melflux. Количество добавки Melflux было принято 0,3 и 0,5 % от массы вяжущего. Результаты представлены в табл. 3.

Применение химической добавкой Melflux позволяет снизить водопотребность бетонной смеси на 18-21 %. Совместное введение природного цеолита и добавки Melflux в исследуемых дозировках способствовало росту прочности как при тепловлажностной обработке, так и при нормальных условиях твердения. Наибольшая прочность при изгибе и сжатии получена на составе с 5 % природного цеолита и 0,5 % добавки Melflux от массы цемента. Как видно из табл. 3, к высокопрочным бетонам следует отнести все приведенные составы. Применение комплексного модификатора позволяет увеличить прочность на сжатие по сравнению с без добавочным составом на 24 % при ускоренном твердении (ТВО) и на 25 % при твердении в нормальных температурно- влажностных условиях.

Таблица 3

Состав и свойства модифицированного мелкозернистого бетона добавками Melflux и природным цеолитом

Расход материалов, кг/м^3				В/Ц	Прочность при изгибе, кг/см^2, после		Прочность на сжатии, МПа, после	
цемент	песок фракционированный	цеолит	Melflux		ТВО	28 сут н.тв.	ТВО	28 сут н.тв.
570	1500	30	0,3	0,27	100,6	118,7	64,12	82,32
			0,5	0,26	105,8	123,6	70,06	86
540		60	0,3	0,27	95,7	102,6	60,1	78,5
			0,5	0,26	91,1	119,8	65,54	80,9
			0,7	0,25	89,7	96,7	63,48	75,7

Введение природного цеолита 5 % в замен цемента с модификатором Melflux приводит к росту прочности мелкозернистого бетона на 15 % после ТВО и на 22 % при твердении в нормальных условиях. При введение 10 % цеолита прочность на сжатие возрастает лишь на 3-5 %. Увеличение количества добавки Melflux до 0,7 % от массы вяжущего в состав с 10% цеолита позволило снизить В/Ц смеси, однако прочность этого бетона меньше, чем у состава с 0,5 % добавки Melflux. Также полученные составы показали высокую свою эффективность при пропаривании, тогда как минеральные добавки с малым содержанием цеолитового минерала [22] лучше себя проявляют при пропаривании. В нашем случае, минеральная добавка с большим содержанием цеолитового минерала хорошо твердеет при комнатных температурах и при повышенных в гиротермальных условиях.

Представляя результаты исследования в графическом виде, установим границу получения высокопрочного бетона.

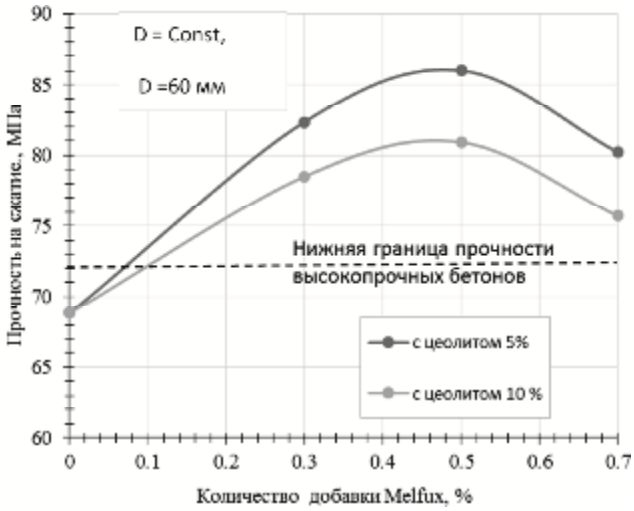


Рис. 2. Изменение прочности на сжатие модифицированного мелкозернистого бетона в возрасте 28 сут. нормального твердения

Как видно из рис. 2, прочность мелкозернистого бетона на сжатие при введение природного цеолита и добавки Melflux способствуют росту прочности. Все составы модифицированного бетона имеют прочность выше нижнего допустимого предела, установленного ГОСТ 25192-2012. Эффективное совместное действие химической и минеральной добавок вероятно обусловлено строением последней и ее высокой реологической и пуццолановой активностью [23, 24].

Увеличение количества цеолита более 10 % возможно с целью снижения расхода портландцемента в бетонах.

Заключение

В мировой практике применение минеральных добавок совместно с химическими добавками известно давно, однако эффективное их совмещение является задачей актуальной. В настоящей статье разработаны составы мелкозернистого бетона, характеризующиеся классом по прочности при сжатии В55, В60, В65.

Введение только 5 % природного цеолита с синайского полуострова Египта позволяет повысить прочность мелкозернистого бетона и достичь значения высокопрочного без химического модификатора и при уплотнении смеси вибрированием. Совместное применение добавки Melflux 2641 F в количестве 0,5 % и природного цеолита в количестве 5 % увеличивает прочность на 20 %.

Продолжение исследования в данном направлении может обеспечить создания бетонов супервысоких марок на основе общестроительных цементов и фракционированного мелкого заполнителя, которые для многих регионов являются материалами местными.

Список библиографических ссылок

1. Морозова Н.Н., Кайс Х.А. Оценка водоредуцирующей активности химических модификаторов в минеральных добавках для цементных бетонов // Вестник Казанского технологического университета, 2015, Т. 18, № 15. – С. 101-105.
2. Пешкова Г.Ю. Анализ развития рынка нерудных строительных материалов: основные тенденции и перспективы развития // Корпоративное управление и инновационное развитие экономики Севера: Вестник Научно-исследовательского центра корпоративного права, управления и венчурного инвестирования Сыктывкарского государственного университета, 2014, № 4. – С. 53-64.
3. Дидковская О.В. Реализация методов строительного стоимостного инжиниринга в управлении стоимостью материальных ресурсов В сборнике: Экономические аспекты управления строительным комплексом в современных условиях. Сборник статей. Самарский государственный архитектурно-строительный университет. – Самара, 2015. – С. 201-208.
4. Иванов А.А., Кулаковский В.А., Софронеева В.Р., Леонтьев Г.Н. Разработка состава комплексной добавки на основе тонкомолотого цеолита. // В сборнике: Аммосов-2014 Сборник материалов всероссийской научно-практической конференции, проводимой в рамках Форума научной молодежи федеральных университетов. Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова, под ред. Н.В. Малышевой, 2014. – С. 947-954.
5. Федосов С.В., Акулова М.В., Краснов А.М., Кононова О.В., Черепов В.Д. Мелкозернистый бетон высокой прочности // Известия КГАСУ, 2010, № 2 (14). – С. 286-291.
6. Кирсанова А.А., Крамар Л.Я. Органоминеральные модификаторы на основе метакаолина для цементных бетонов // Строительные материалы, 2013, № 11. – С. 54-56.
7. Баранов И.М., Юсупов Р.К., Тарасов А.С., Солдатова Н.И. Реальности и перспективы повышения прочности особопрочных бетонов // Строительные материалы, 2013, № 11. – С. 50-53.
8. Макаров Ю.А., Терешкин И.П., Лукашина С.В. Возможность использования природных цеолитов в качестве минеральной добавки для бетона // Научный альманах, 2015, № 8 (10). – С. 852-855.
9. Баженов Ю.М. Технология бетона. – М.: Изд-во АСВ, 2002. – 500 с.
10. Tatomirović T., Radeka M. Zeolite as pozzolanic material. XXVI International symposium on researching and application of contemporary achievements in civil engineering in the field of materials and structures – Vrnjačka Banja, October 29-31, 2014. – P. 215-224.
11. Chan S. Y.N., Ji X. Comparative study of the initial surface absorptionand chloride diffusion of high performance zeolite, silica fume and PFAconcretes, Cement Concrete Composites, 21 (4), 1999. – P. 293-300.
12. Gervais C., Ouki S.K., Performance study of cementitious systemscontaining zeolite and silica fume: effects of four metal nitrates on thesetting time, strength and leaching characteristics, Journal of HazardousMaterials 93 (2), pp.187-200, 2002.
13. Caputo D, Liguori B, Colella C. Some advances in understanding the pozzolanic activity of zeolites: the effect of zeolite structure. Cem Concr Compos 2008;30(5):455–62.
14. Feng N, Niu Q. Effect of modified zeolite on the expansion of alkaline silica reaction. Cem Concr Res 2005;35(9):1784–8.
15. Fu Y., Ding J., Beaudoin J. J., Zeolite-based additives for high aluminacement products, Advanced Cement Basic Materials,1996, 3 (1). – P. 37-42.
16. Gervais C., Ouki S. K., Performance study of cementitious systemscontaining zeolite and silica fume: effects of four metal nitrates on thesetting time, strength and leaching characteristics, Journal of HazardousMaterials, 2002, 93 (2). – P. 187-200.
17. Морозова Н.Н. Модификация портландцемента цеолитсодержащей породой для получения смешанного вяжущего // автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. – Казань, 1997.

18. Canpolat F., Yilmaz L., Koess M.M., Suemer M., Yurdusey M.A. Use of zeolite, coal bottom ash and fly ash as replacement materials in cement production, Cement Concrete Res., vol. 34, 2004, № 5. – P. 731-735.
19. Панина А.А., Лыгина Т.Л. Комплексная минеральная добавка для портландцемента // Цемент и его применение, 2015, № 4. – С. 28-30.
20. Сагдатуллин Д.Г., Морозова Н.Н., Хозин В.Г., Власов В.В. Высокопрочное гипсоцементноцеолитовое вяжущее // Строительные материалы, 2010, № 2. – С. 53-55.
21. Смородинова Т.Н., Котванова М.К. Новые возможности применения цеолитового туфа люльинского месторождения хмао-югры в составе строительных смесей // Вестник Югорского государственного университета, 2015, № S2 (37). – С. 194-196.
22. Najimi M. An experimental study on durability properties of concrete containing zeolite as a highly reactive natural pozzolan. Construction and Building Materials, 2012, vol. 35. – P. 1023-1033.
23. Морозов Н.М., Хохряков О.В., Морозова Н.Н., Хозин В.Г., Сагдатуллин Д.Г. Эффективность цеолитсодержащих мергелей в цементных бетонах // Известия КГАСУ, 2011, № 3 (17). – С. 134-138.
24. Морозова Н.Н., Кайс Х.А. Реологические характеристики модифицированных минеральных добавок для высокопрочных бетонов // Современные научные исследования и инновации, 2015, № 10 (54). – С. 33-40.
25. Андреева А.В., Буренина О.Н., Давыдова Н.Н., Даваасенгэ С.С., Саввинова М.Е. Влияние технологических параметров на структуру и прочность при сжатии модифицированных мелкозернистых бетонов // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета, 2015, № 111. – С. 1476-1488.

Morozova N.N. – candidate of technical sciences, associate professor
E-mail: ninamor@mail.ru
Hamza Abdulmalik Qais – student
E-mail: hamza.qais@mail.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Getting high fine-grained concrete with the use of natural zeolite

Resume

High-strength concrete has undergone many developments based on the study of the influence of cement type, type and amount of mineral admixtures, type of superplasticizer and the mineralogical composition of the aggregate for concrete. High-strength concrete is achieved by optimizing the composition and properties of raw materials. Mineral filler of low water requirement and high pozzolanic activity one of the factors in creating the high strength of cement concrete. These include natural zeolite from the Sinai Peninsula of Egypt. Natural zeolite as an effective mineral additive together with the additive Melflux 2641 F and graded sand allows to obtain high-strength fine-grained concrete classes B55, B60, B65 easily compacted traditional method of vibration, while fine-grained concrete mixtures are characterized by W/C ratio from 0,33 to 0,25. Continued research in this direction can ensure the creation of concrete super-brands based on construction of cement and graded fine aggregate, which for many of the regions are local.

Keywords: High-strength fine-grained concrete, natural zeolite, water requirement, modified, high strength.

Reference list

1. Morozova N.N., Qais H.A. Evaluation of water reduction activity of chemical modifiers in mineral additives for cement concrete // Bulletin of Kazan Technological University, 2015, T. 18, № 15. – P. 101-105.

2. Peshkov G.Y. Analysis of the development of the market of non-metallic building materials: the basic tendencies and prospects of development // Corporate management and innovative development of the economy of the North: Bulletin of the Research Center of corporate law, management and venture investment Syktyvkar State University, 2014, № 4. – P. 53-64.
3. Didkovskaya O.V. Realization of methods of construction and value engineering in the cost management of material resources In the book: Economic aspects of management of a building complex in modern conditions. A collection of articles. Samara state University of architecture and construction. – Samara, 2015. – P. 201-208.
4. Ivanov A.A., Kulakovskii V.A., Sofroniew R.V., Leont'ev G.N. Development of the composition of a complex additive on the basis of fine-grinded zeolite // In the collection: the Ammosov-2014 the Collection of materials of all-Russian scientific-practical conference held in the framework of the Forum of young scientists of Federal universities. North-Eastern Federal University. M.K. Ammosov, ed. In. Malysheva, 2014. – P. 947-954.
5. Fedosov S.V., Akulova M.V., Krasnov, A.M., Kononova O.V., Cherepov V.D. The fine-Grained high-strength concrete // Izvestiia KGASU, 2010, № 2 (14). – P. 286-291.
6. Kirsanov A.A., Kramar L.Y. Organic-mineral modifiers on the basis of metakaolin for cement concrete // Building materials, 2013, № 11. – P. 54-56.
7. Baranov I.M., Yusupov R.K., Tarasov A.S., Soldatova N.A. Reality and prospects of increasing the strength of extra strong concrete // Building materials, 2013, № 11. – P. 50-53.
8. Makarov Y.A., Tereshkin I.P., Lukashin S.V. Possibility of using natural zeolites as a mineral additive for concrete // Scientific almanac, 2015, № 8 (10). – P. 852-855.
9. Bazhenov Y.M. Tekhnologiya betona. – M.: DIA, 2002. – 500 p.
10. Tatomirović T., Radeka M. Zeolite as pozzolanic material. XXVI International symposium on researching and application of contemporary achievements in civil engineering in the field of materials and structures – Vrnjačka Banja, October 29-31, 2014. – P. 215-224.
11. Chan S. Y.N., Ji X., Comparative study of the initial surface absorptionand chloride diffusion of high performance zeolite, silica fume and PFA concretes, Cement Concrete Composites, 1999, 21 (4). – P. 293-300.
12. Gervais C., Ouki S.K. Performance study of cementitious systems containing zeolite and silica fume: effects of four metal nitrates on the setting time, strength and leaching characteristics, Journal of Hazardous Materials, 2002, 93 (2). – P.187-200.
13. Caputo D., Liguori B., Colella C. Some advances in understanding the pozzolanic activity of zeolites: the effect of zeolite structure. Cem Concr Compos, 2008; 30 (5): 455–62.
14. Feng N., Niu Q. Effect of modified zeolite on the expansion of alkaline silica reaction. Cem Concr Res 2005; 35 (9): 1784–8.
15. Fu Y., Ding J., Beaudoin J. J., Zeolite-based additives for high aluminacement products, Advanced Cement Basic Materials,1996, 3 (1). – P. 37-42.
16. Gervais C., Ouki S.K., Performance study of cementitious systems containing zeolite and silica fume: effects of four metal nitrates on the setting time, strength and leaching characteristics // Journal of Hazardous Materials, 2002, 93 (2). – P. 187-200.
17. Morozova N.N. Modification of Portland cement by zeolite breed to obtain mixed binder // Abstract of thesis on competition of a scientific degree of candidate of technical Sciences. – Kazan, 1997.
18. Canpolat F., Yilmaz L., Koess M.M., Suemer M., Yurdusey M.A. Use of zeolite, coal bottom ash and fly ash as replacement materials in cement production, Cement Concrete Res., 2004, vol. 34, № 5. – P. 731-735.
19. Panina A.A., Lygina T.L. Complex mineral additive to Portland cement // Cement and its applications, 2015, № 4. – P. 28-30.
20. Sagdatullin D.G., Morozova N.N., Khozin V.G., Vlasov V.V. High-Strength binder gipsum cement // Building materials, 2010, № 2. – P. 53-55.
21. Smorodinova T.N., Kotvanov M.K. New applications of zeolite tuff deposits Sulinsk KhMAO-Yugra as a part of construction compounds // Bulletin Ugra state University, 2015, № S2 (37). – P. 194-196.

22. Najimi M. An experimental study on durability properties of concrete containing zeolite as a highly reactive natural pozzolan. Construction and Building Materials, 2012, vol. 35. – P. 1023-1033.
23. Morozov N.M., Khokhryakov O.V., Morozova N.N., Khozin V.G., Sagdatullin, D.G. Efficiency of zeolite-containing marl in cement concrete // Izvestiia KGASU, 2011, № 3 (17). – P. 134-138.
24. Morozova N.N., Qais H.A. Rheological characteristics of modified mineral admixtures for high-strength concrete // Modern scientific researches and innovations, 2015, № 10 (54). – P. 33-40.
25. Andreeva A.V., Burenina O.N., Davydova N.N., Devasena, S.S., Savinov M.E. Influence of technological parameters on the structure and compressive strength of the modified fine-grained concrete // Polythematic network electronic scientific journal of the Kuban state agrarian University, 2015, № 111. – P. 1476-1488.

УДК 691.332
Мухаметрахимов Р.Х. – кандидат технических наук, доцент
E-mail: muhametrahimov@mail.ru
Галаутдинов А.Р. – ассистент
E-mail: galautdinov89@mail.ru
Дикина А.Н. – студент
E-mail: yatsan92@mail.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

Технология изготовления и монтажа модифицированных гипсоволокнистых листов[1]

Аннотация

В работе описаны технологические процессы изготовления гипсоволокнистых листов. Рассмотрен каждый этап производства от подготовки сырья до укладки панелей в штабеля на складе. Изучено влияние полипропиленовых волокон на физико-механические свойства ГВЛ. Приведена технология монтажа перегородок с использованием полученных ГВЛ.

Ключевые слова: гипсоволокнистые листы, технология, производство, монтаж, волокна.

Рост объемов нового строительства, а так же реконструкция существующих зданий и сооружений, вызывает потребность в эффективных, современных, высокопрочных и долговечных материалах и изделиях на их основе, применение которых снижает нагрузку на основания и фундаменты, ускоряет процесс монтажа. В практику малоэтажного строительства в настоящее время внедряются материалы и изделия, основу которых составляет композиционное гипсовое вяжущее, а также активно разрабатываются способы их приготовления [1].

Одним из таких изделий являются гипсоволокнистые листы (ГВЛ). Они состоят из гипсового вяжущего, волокон, химических, минеральных добавок и воды. ГВЛ являются биопозитивным материалом с высокими тепло- и звукоизоляционными свойствами, могут использоваться в зданиях различного назначения и класса функциональной и пожарной опасности. Широкое распространение ГВЛ обусловлено высокими эксплуатационными показателями. В работе [2] исследованы деформационные и прочностные характеристики камня из высокопрочного композиционного гипсового вяжущего. В ряде работ показана эффективность применения различных активных и минеральных добавок для гипсоцементных систем [3, 4].

Применение ГВЛ весьма эффективно при устройстве перегородок, облицовки стен с повышенными требованиями защиты от ударного воздействия, а так же для устройства сборных оснований (сухих стяжек) пола под покрытия или при наличии повышенных требований к пожарно-техническим характеристикам применяемых конструкций [5].

Хорошая гибкость, высокая плотность и минимальный уровень меления обуславливают простоту монтажа, простоту заделки мест соединения, возможность крепления как на металлических, так и на деревянных каркасах, возможность использования клеящих составов и отсутствие необходимости использования специальных инструментов для резки ГВЛ.

На рис. 1 приведена технологическая схема производства ГВЛ с применением мокрого способа формования изделий, которая содержит участки подачи сырьевых компонентов с бункерами и дозаторами; транспортеры; участок подготовки волокнистого материала, содержащий бегуны и гидропушитель; участок смешения компонентов, содержащий смесители, соединенные при помощи трубопроводов с листоформовочной машиной содержащей ванны, насос, сетчатые цилиндры, сукно-транспортер, форматный

[1] Работа поддержана Фондом им. Бортника и Инвестиционно-венчурным Фондом РТ.

барабан, прессовые валы и механический срезчик; механизм резки, соединенный при помощи транспортера со смесителем отходов резки сырых листов, который соединен с ковшовым смесителем; пресс; укладчик; транспортер камеры тепловой обработки; поддоны; участок готовой продукции [6].

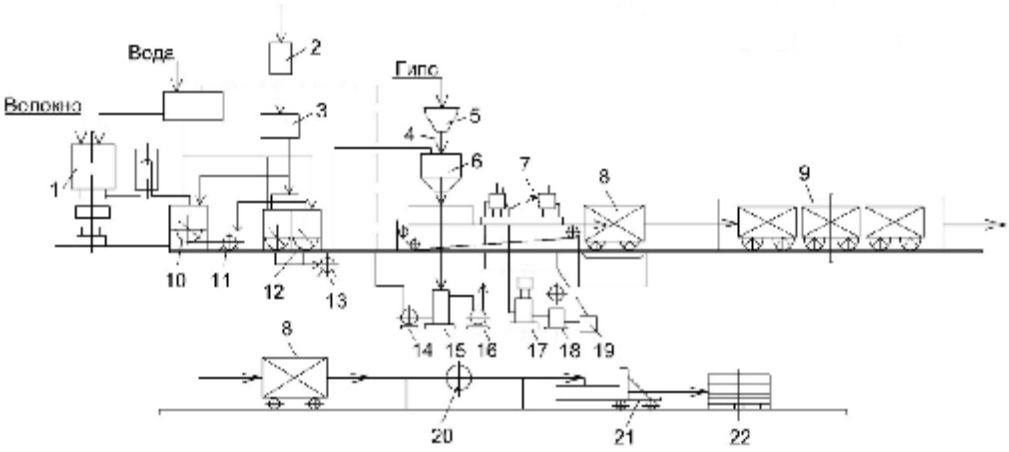


Рис. 1. Схема производства гипсоволокнистых листов по мокрому способу:
1 – гидроразбиватель, 2 – бункер гипса, 3 – аппарат для обработки гипса паром,
4 – мерник строительного гипса, 5 – бункер для гипса, 6 – дозатор с мешалкой,
7 – формовочный агрегат, 8 – вагонетка, 9 – участок сушки, 10 – массный бассейн,
11, 13 – массные насосы, 12 – сдвоенный бассейн, 14 – центробежные насосы, 15 – ресивер,
16 – вакуум насос, 17 – гидрогрузовой аккумулятор, 18 – насос, 19 – бачок для воды,
20 – обрезка кромок, 21 – электрокара, 22 – склад готовых панелей

В качестве волокнистого материала могут быть использованы различные виды волокнистого сырья, обладающие высокой гипсоудерживающей способностью (целлюлоза, бумажная макулатура, солома, камыш и др.). Подготовка волокна заключается в размоле и расщеплении волокнистых материалов в тонкие волокна, которые впоследствии, создают арматурный каркас изделия. Для расщепления материалов на волокна применяют гидроразбиватели.

По толщине листы калибруются прессованием, при этом из массы удаляется избыточное количество воды и происходит ее уплотнение. В это время происходит схватывание массы и изделие приобретает прочность, необходимую не только для обеспечения нормальной кристаллизации гипса, но и для преодоления упругих сил волокон, стремящихся восстановить свое положение до прессования.

После прессования изделие передается на разгрузочное устройство и подвергают сушке. После сушки листы подвергаются механической обработке, где обрезаются их торцовые кромки. Готовая продукция укладывается штабелями и маркируется. Испытания ГВЛ производят в соответствии с ГОСТ Р 51829-2001 «Листы гипсоволокнистые. Технические условия». Гипсоволокнистые листы испытывают на прочность, поверхностное водопоглощение, твердость лицевой поверхности, определяется их плотность и пожарно-технические характеристики.

Существенным недостатком этого способа является сложный технологический процесс с использованием большого количества дорогостоящего оборудования, которое занимает значительную площадь производственных предприятий и повышает цену конечного продукта. Кроме того, волокнистый материал должен обладать высокой гипсоудерживающей способностью, что ограничивает применение других видов волокон, таких как полипропиленовые, базальтовые и др. Вместе с тем следует отметить, что применение литьевого способа формования гипсовых изделий исключает такие сложные технологические процессы, как прессование и вакуумирование, что позволяет сократить время изготовления изделий, площадь производственных предприятий и цену конечного продукта, а также позволяет расширить номенклатуру применяемых волокнистых материалов.

Количество воды затворения при использовании литьевого способа формования подбирается из условия обеспечения самоуплотняющихся свойств гипсоцементно-волокнистой смеси, вследствие чего не всегда достигаются высокие показатели физико-механических свойств.

На первом этапе производится подготовка волокна. Затем в смеситель непрерывного действия заливают расчетное количество воды, в которую добавляют заранее отдозированные химические добавки, компоненты вяжущего, волокна и осуществляют их перемешивание до однородной массы. Далее из гипсоцементно-пуццолановых смесей формуются ГВЛ.

В соответствии с требованиями ГОСТ Р 51829-2001 отклонение минимального значения предела прочности при изгибе отдельного образца не должно быть более 10 %. Предел прочности листов при изгибе должен быть не менее указанного в табл.

Таблица

Предел прочности ГВП по ГОСТ Р 51829-2001

Номинальная толщина листа, мм	Предел прочности при изгибе, МПа
До 10,0 включ.	6,0
Св. 10,0 до 12,5 включ.	5,5
Св. 12,5 до 15,0 включ.	5,0
Св. 15,0 до 18,0 включ.	4,8
Св. 18,0 до 20,0 включ.	4,5
Св. 20,0	4,3

Актуальным вопросом является получение высокоэффективных материалов, сочетающих высокие эксплуатационные, экологические и декоративные свойства, на основе низкомарочного сырья РТ, отличающихся низкой себестоимостью и простотой изготовления по сравнению с аналогами.

Цель настоящих исследований – получить ГВЛ с высокими эксплуатационными свойствами (водостойкость, морозостойкость, прочность на изгиб и сжатие) с использованием литьевого способа формования изделий с применением в качестве армирующего компонента полипропиленовых волокон. Для этого изучено влияние длины и содержания полипропиленовых волокон в составе смеси на физико-механические свойства ГВЛ.

Экспериментальная часть

Образцы изготавливались литьевым способом. В процессе исследований были использованы следующие материалы:

а) вяжущие:

- строительный гипс Г6БII производства ООО «Аракчинский гипс», произведенный по ГОСТ 125-79;

- портландцемент Белгородского цементного завода марки ПЦ500-Д0-Н.

б) модифицирующие добавки:

- гиперпластификатор «Одолит-К» производства ООО «Сервис-Групп» произведенный по ТУ 5745-01-96326574-08;

- гомогенная смесь олигоэтоксисилоксанов «Этилсиликат-40» производства ОАО «Химпром», г. Новочебоксарск по ТУ 2435-427-05763441-2004.

- регулятор сроков схватывания и твердения «Бест-ТБ» производства ООО «Инновационные технологии»;

- метакаолин, полученный путем обжига каолина при температуре 700ºС в течении 1 часа;

в) волокна:

- в качестве волокнистого материала использовались полипропиленовые волокна марки ВСМ-II длиной 6, 12, 18, 24 и 32 мм произведенные по ТУ 5458-001-82255741-2008.

д) вода водопроводная питьевая вода, удовлетворяющая требованиям ГОСТ 23732.

Для получения ГЦПВ смешивали его компоненты в сухом виде при соотношении гипс:цемент:АМД – 76:20:4. Затем для равномерного распределения полипропиленовых волокон в матрице производили их распушку в расчетном количестве воды затворения в

присутствии химических добавок. Далее проводилось перемешивание компонентов гипсоцементно-волокнистой смеси в течение одной минуты с последующим формованием образцов.

Испытания образцов проводились после их твердения в течение 28 суток в воздушно-влажной среде на стандартных образцах-балочках размерами 4х4х16 см, из формовочной смеси нормальной густоты по методике, описанной в ГОСТ 23789-79.

Результаты исследований

Исследовано влияние полипропиленовых волокон разной длины и содержания в составе смеси на основе низкомарочного гипса Г6БII на пределы прочности при изгибе и сжатии ГВЛ. Результаты экспериментальных исследований приведены на рис. 2, 3.

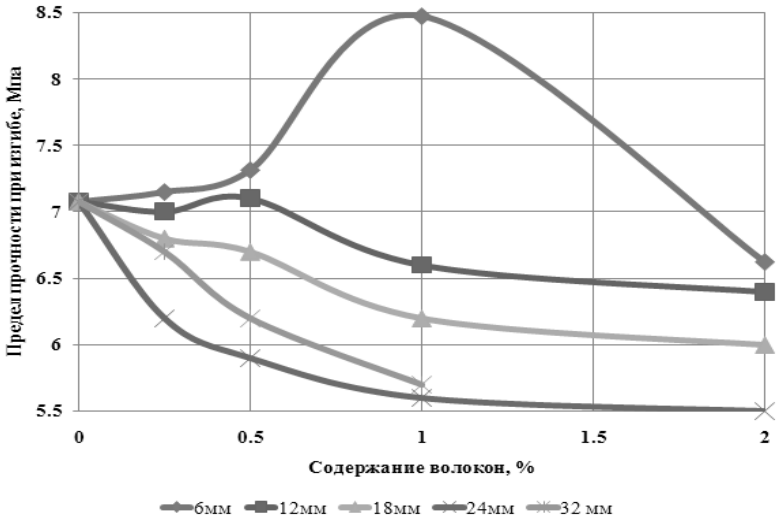


Рис. 2. Влияние полипропиленовых волокон на относительный предел прочности при изгибе ГВЛ при длине: 1 – 6 мм; 2 – 12 мм; 3 – 18 мм; 4 – 24 мм; 5 – 32 мм

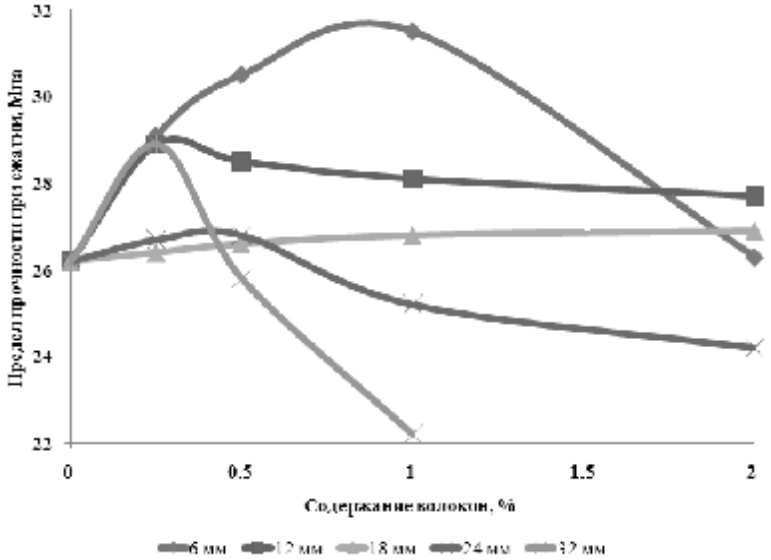


Рис. 3. Влияние полипропиленовых волокон на относительный предел прочности при сжатии ГВЛ при длине: 1 – 6 мм; 2 – 12 мм; 3 – 18 мм; 4 – 24 мм; 5 – 32 мм

Как видно из рис. 2-3, введение полипропиленовых волокон в состав смеси в зависимости от их длины и содержания оказывает различное влияние на предел прочности при изгибе и сжатии ГВЛ.

Наилучшие результаты были достигнуты при введении полипропиленовых волокон длиной 6 мм. В зависимости от их дозировки в составе смеси, предел прочности при изгибе увеличивается на 21,4 %, при сжатии – на 20,23 %.

Введение полипропиленовых волокон длиной 12 мм в меньшей степени влияет на пределы прочности образцов. Так, предел прочности при изгибе увеличивается на – 1,4 %, при сжатии – на 10,3 %.

Введение волокон длиной 18, 24, 32 мм с увеличением их содержания в составе смеси, приводит к снижению прочности образцов, в связи с неравномерным распределением волокон в гипсоцементной матрице.

Полученные результаты удовлетворяют требованиям ГОСТ Р 51829-2001.

Как показали исследования, введение полипропиленовых волокон также приводит к повышению коэффициента размягчения на 28,6 %.

Рассмотрена технология монтажа перегородок с использованием разрабатываемых ГВЛ. Процессы по их монтажу выполняются в следующем порядке:

- определение проектного положения перегородки;
- монтаж элементов каркаса;
- монтаж ГВЛ с одной стороны каркаса;
- прокладывание инженерных коммуникаций, предусмотренных в проекте;
- монтаж изоляционного материала во внутренней части перегородки;
- монтаж ГВЛ с другой стороны каркаса;
- установка электротехнических элементов и их крепление к ГВЛ;
- затирка швов между ГВЛ и углублений от самонарезающих винтов;
- подготовка поверхности ГВЛ под чистовую отделку.

Схема устройства перегородки из ГВЛ приведена на рис. 4.

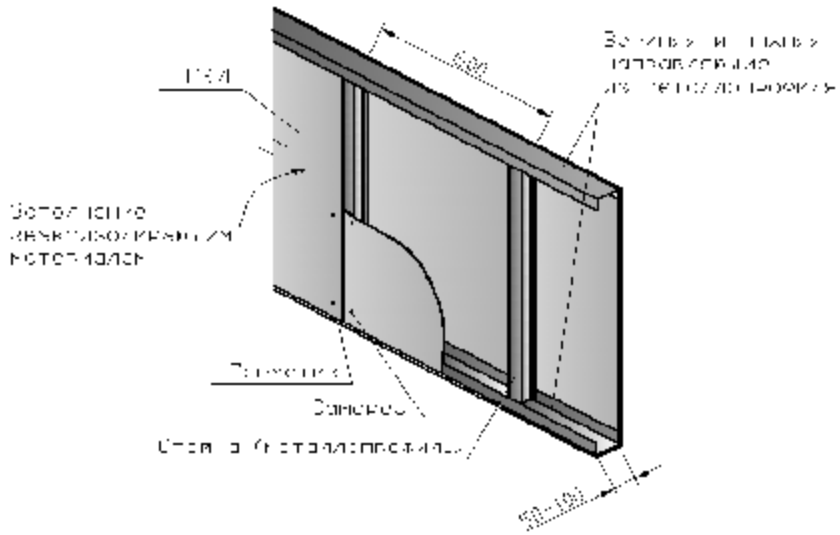


Рис. 4. Конструкция перегородки из ГВЛ

Заключение

1. Рассмотрены основные технологические способы производства ГВЛ, способ мокрого и литьевого формования гипсовых изделий. Мокрый способ формования является технически сложным процессом и требует дорогостоящего оборудования. Кроме того, волокнистый материал должен обладать высокой гипсоудерживающей способностью, что ограничивает применение других видов волокон, таких как полипропиленовые, базальтовые и др. Применение литьевого способа формования гипсовых изделий исключает такие сложные технологические процессы, как прессование и вакуумирование, что позволяет сократить время изготовления изделий, площадь производственных предприятий и цену конечного продукта, а также позволяет расширить номенклатуру применяемых волокнистых материалов.

2. Установлено, что наилучшие прочностные показатели гипсоволокнистых листов достигаются при введении полипропиленовых волокон длиной 6 мм в количестве 1 % в состав смеси на основе низкомарочного гипса марки Г6БII в составе с химическими добавками «Одолит-К», «Бест-ТБ», «Этилсиликат-40», при этом предел прочности при изгибе составляет 8,5 МПа, при сжатии – 31,5 МПа.

Список библиографических ссылок

1. Способ приготовления гипсоцементно-пуццоланового вяжущего: пат. 2550630 Российская Федерация. № 2014114814/03; заявл. 14.04.2014; опубл. 05.10.2015. Бюл. № 13. – 7 с.
2. Сагдатуллин Д.Г., Морозова Н.Н., Хозин В.Г., Сабиров И.Р. Долговечность камня из высокопрочного композиционного гипсового вяжущего // Известия КГАСУ, 2010, № 1 (13). – С. 331-335.
3. Рахимов Р.З., Халиуллин М.И., Гайфуллин А.Р., Стоянов О.В. Керамзитовая пыль как активная добавка в минеральные вяжущие – состав и пуццолановые свойства // Вестник Казанского технологического университета, 2013, Т. 16, № 19. – С. 57-61.
4. Гайфуллин А.Р., Халиуллин М.И., Рахимов Р.З. Состав и структура камня композиционного гипсового вяжущего с известью и гибридной минеральной добавкой // Строительные материалы, 2014, № 7. – С. 28-31.
5. Палиев А.И. Сборные полы из гипсоволокнистых листов // Строительные материалы, 1998, № 12. – С. 8-9.
6. Печуро С.С. Производство гипсовых и гипсобетонных изделий и конструкций: Высшая школа. – М., 1971. – 224 с.

Mukhametrakhimov R.Kh. – candidate of technical sciences, associate professor
E-mail: muhametrahimov@mail.ru
Galautdinov A.R. – assistant
E-mail: galautdinov89@mail.ru
Dikina A.N. – student
E-mail: yatsan92@mail.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

The technology of manufacture and installation of modified gypsum plates

Resume

Growth in new construction as well as renovation of existing buildings and structures is the need for effective, modern, high-strength and durable materials and products based on them.

One of these products is gypsum sheets. Gypsum sheets are bio-positive material with high performance.

Currently, widespread got wet process of forming gypsum sheets. A significant drawback of this method is complicated technological process. The use of the injection molding process of gypsum products eliminates complex manufacturing processes, as well as allows to expand the nomenclature used fibrous materials.

The purpose of these studies is to get gypsum sheets with high performance based on low brand raw of Tatarstan using an injection molding process products using polypropylene fibers.

The influence of polypropylene fibers of different length and content of the mixture based on low brand gypsum G6BII on flexural strength and compression of gypsum sheets is studied. The best results were achieved with the introduction of polypropylene fibers 6 mm long. Depending on their dosages, flexural strength is increased by 21,4 %, at a compression – 20,23 %. Introduction polypropylene fibers also increases the softening ratio is 28,6 %.

The article also discussed partitions mount technology developed using gypsum sheets.

Keywords: gypsum plates, technology, manufacturing, installation, fiber.

Reference list

1. A method of preparing gypsum cement-pozzolan binder: the patent 2550630 Russian Federation. № 2014114814/03; it is declared 14.04.2014; it is published 05.10.2015. The bulletin № 13. – 7 p.
2. Sagdatullin D.G., Morozova N.N., Khozin V.G., Sabirov I.R. The durability of ductile composite stone of gypsum binder // Izvestija KGASU, 2010, № 1 (13). – P. 331-335.
3. Rakhimov R.Z., Khaliullin M.I., Gaifullin A.R., Stoyanov O.V. Ceramsite dust as an active additive in mineral binders – composition and pozzolanic properties // Vestnik Kazanskogo tehnologicheskogo universiteta, 2013, T. 16, № 19. – P. 57-61.
4. Gaifullin A.R., Khaliullin M.I., Rakhimov R.Z. The composition and structure of the stone of composite gypsum binder with lime and hybrid mineral additive // Stroitel'nye materialy, № 7. – P. 28-31.
5. Paliev A.I. Prefabricated floors of gypsum sheets // Stroitel'nye materialy, 1998, № 12. – P. 8-9.
6. Pechuro S.S. Production of gypsum and gypsum concrete products and constructions: Vysshaja shkola. – M., 1971. – 224 p.

УДК 535.33
Потапова Л.И. – кандидат химических наук, доцент
E-mail: ludmilapo@mail.ru
Фурер В.Л. – доктор химических наук, профессор
E-mail: furer@kgasu.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1
Коваленко В.И. – доктор химических наук, профессор
E-mail: koval@iopc.ru
Институт органической и физической химии им. А.Е. Арбузова
Адрес организации: 420088, Россия, г. Казань, ул. Арбузова, д. 8
Цаголова Е.И. – кандидат химических наук, инженер
E-mail: tsagolovae@gmail.com
ЗАО «АМДОР»
Адрес организации: 192007, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Камчатская, д. 19

Анализ ИК-спектров пара-трет-бутилкаликс[6]арена

Аннотация

Проведен комплекс инфракрасных (ИК) спектральных исследований пара-трет-бутилкаликс[6]арена (p-t-Bu-calix[6]arene), оптимизация структуры и анализ нормальных колебаний на основе экспериментальных данных. Установлено, что в p-t-Bu-calix[6]arene реализуется кооперативная водородная (КВ) связь. Структурная оптимизация для p-t-Bu-calix[6]arene выполнена квантово-химическим методом функционала плотности (ФП). Сопоставление данных рассчитанных методом квантовой химии и колебательных частот колебаний позволило наиболее полно и достоверно произвести отнесение полос поглощения. Уточненная модель для конформации сжатый конус в p-t-Bu-calix[6]arene показывает соответствие с экспериментальными инфракрасными спектрами.

Ключевые слова: инфракрасная (ИК) спектроскопия, каликс[n]арен, функционал плотности.

Возможность широкого практического применения класса каликс[n]аренов и сегодня продолжают привлекать к их изучению большое число научно-исследовательских групп. Известен целый ряд работ в этой области с применением ЯМР, инфракрасной спектроскопии, а также методов рентгеноструктурного анализа [1]. В проведенных ранее исследованиях установлено, что в классических каликс[4]аренах (calix[4]arene) и их трет-бутильных (t-Bu) производных имеет место сильная циклическая кооперативная внутримолекулярная водородная (ЦКВВ) связь по нижнему ободу макромолекулы.

Достаточно данных рентгеноструктурного анализа (РСА) для p-t-Bu производных каликс[n]аренов [1]. Однако ни в одной публикации мы не встречали анализа, обобщения этих данных с целью нахождения взаимосвязи «структура-свойство» и сравнения прочности кооперативной водородной (КВ) связи и взаимного влияния ковалентного и водородосвязанного макроциклов друг на друга в достаточно большом ряду синтезированных производных calix[n]arene.

Для характеристики водородной связи каликсаренов и взаимодействий типа гость-хозяин используется главным образом метод инфракрасной спектроскопии[2]. Надо отметить, что полная интерпретация инфракрасных спектров, основанная на анализе нормальных колебаний, сообщалась только для calix[4]arene[3]. Нами были получены и анализированы инфракрасные спектры calix[4]arene и тиакаликс[4]арена (ti-calix[4]arene)[4-6]. Установлены конформации и водородное связывание p-t-Bu-calix[4]arene методами ИК-спектроскопии [7].

Инфракрасная спектроскопия и квантово-химические расчеты сыграли важную роль в изучении структуры и для характеристики водородного связывания в молекуле p-t-Bu-calix[6]arene. Наша цель состояла в том, чтобы скомбинировать экспериментальные

данные с квантово-химическими расчетами методом функционала плотности (ФП) для определения структуры и конформационных свойства молекулы p-t-Bu-calix[6]arene.

Основываясь на ряде характеристических полос и квантово-химические расчеты колебательных частот, нами были изучены структура и конформационные свойства молекулы p-t-Bu-calix[6]arene, водородное связывание, а также ряд других свойств.

Синтез и основные характеристики изученного p-t-Bu-calix[6]arene описаны ранее (рис. 1) [1].

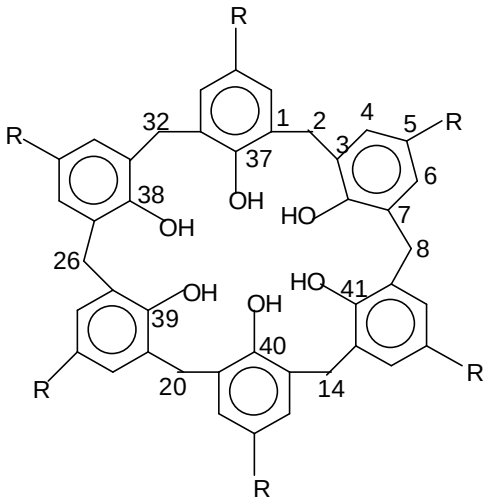


Рис. 1. Нумерация атомов углерода в молекуле p-t-Bu-calix[6]arene

Регистрация и обработка спектров производилась на ИК-Фурье спектрометре Вектор-22 и IFS66s (Bruker, Германия) с разрешением 4 см$^{-1}$ в области 4000-200 см$^{-1}$ и прилагаемого программного обеспечения OPUS. Инфракрасные спектры образцов регистрировались кристаллические в таблетках KBr и в виде растворов в четыреххлористом углероде. Растворитель CCl_4, перед использованием пропускался через молекулярное сито с отверстиями размером 4 Å для устранения следов воды. Концентрация растворов в CCl_4 равнялась ~1·10-4 моль·л$^{-1}$, толщина кюветы 2 см. ИК спектры в далекой области регистрировались для образцов, помещенных между пластинками CsI [7].

Был проведен подробный анализ квантово-химических расчетов геометрии молекулы p-t-Bu-calix[6]arene, который выполнен с использованием градиентно-коррелированной теории с обменно-коррелированным функционалом плотности PBE. Использован трехэкспоненциальный базис с двумя поляризационными функциями (TZ2P). Программа Природа использовалась для выполнения расчетов оптимизированной геометрии молекулы и ее колебательных частот методом функционала плотности. Все стационарные точки характеризовались путем анализа матриц Gaussian.

Изучение инфракрасных спектров позволяет выяснить особенности спектрального проявления колебаний. Это в свою очередь позволяет следить за малейшими изменениями структуры и прочностных характеристик образующейся водородной связи в каликсаренах. На рис. 2 представлены ИК-спектры (область ν_{OH}) p-t-Bu-calix[4]arene; p-t-Bu-calix[6]arene и p-t-Bu-calix[8]arene в разбавленных растворах в CCl_4.

Анализ спектров показывает, что в них присутствуют пики: 3125 см$^{-1}$, 3137 см$^{-1}$ и 3192 см$^{-1}$ для p-t-Bu-calix[6]arene, p-t-Bu-calix[4]arene и p-t-Bu-calix[8]arene соответственно, чувствительны к образованию Н-связи. Экспериментальная идентификация этих полос прекрасно согласуются с данными РСА.

Детальное изучение полос колебательных спектров p-t-Bu-calix[6]arene и calix[6]arene в растворе в CCl_4 показывает, что сила КВВ связи уменьшается (широкие пики с максимумами, отвечающие валентным колебаниям гидроксильных групп ОН: 3165 см$^{-1}$ – для calix[6]arene и 3125 см$^{-1}$ – для p-t-Bu-calix[6]arene (рис. 3), что связано с отсутствием t-Bu заместителей в макроцикле.

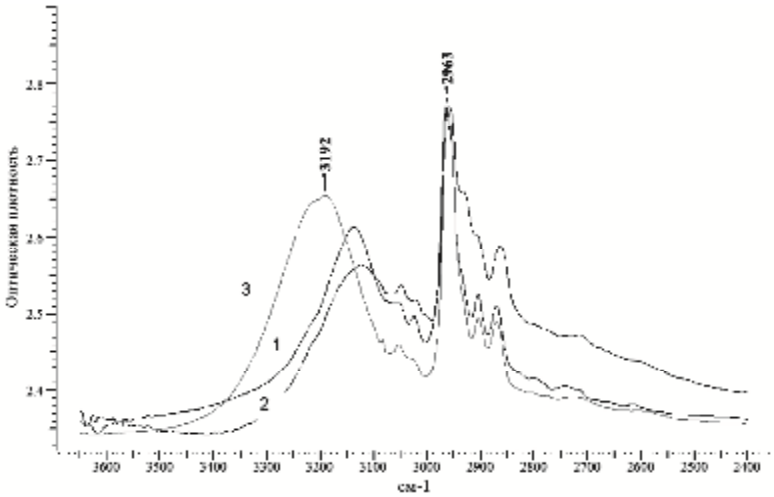


Рис. 2. ИК-спектры (область ν_{OH}) p-t-Bu-calix[4]arene (1);
p-t-Bu-calix[6]arene (2) и p-t-Bu-calix[8]arene (3) в растворах в CCl_4

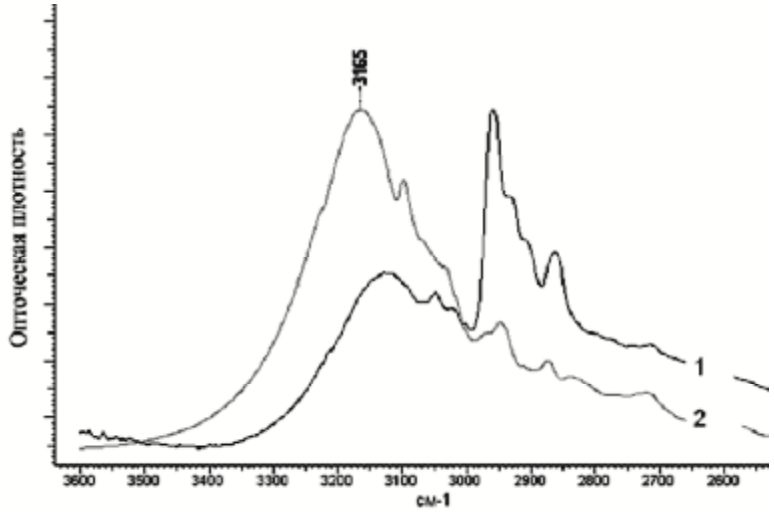


Рис. 3. ИК-спектры (область ν_{OH}) p-t-Bu-calix[6]arene (1) и calix[6]arene (2) в растворе в CCl_4, d = 1 см

Сравнение рассчитанных геометрических параметров p-t-Bu-calix[6]arene позволили определить хорошее соответствие с экспериментальными данными РСА (рис. 4). Оптимизация геометрии изолированных молекул p-t-Bu-calix[6]arene показывает, что реализуется конформация сжатый конус и она является преобладающей в твердом состоянии; ее стабильность обеспечивается ЦКВВ связью. Наши результаты соответствуют экспериментальным данным и квантово-химическим расчетам.

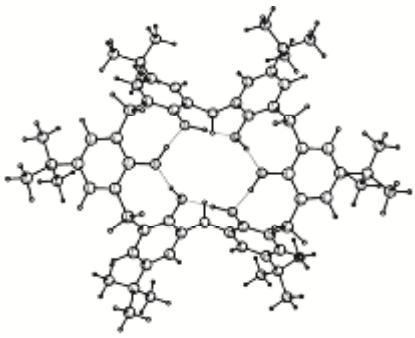


Рис. 4. Оптимальная геометрия p-t-Bu-calix[6]arene

В молекулах calix[n]arene есть ковалентный и Н-связанный макроциклы, каждый из которых пытается реализовать оптимальную возможность для своего энергетически выгодного существования. Таким образом, встает вопрос: как влияют друг на друга в данных объектах ковалентный и Н-связанный макроциклы?

Для p-t-Bu-calix[6]arene размеры ковалентного и Н-связанного цикла сопоставимы, молекула p-t-Bu-calix[6]arene могла бы быть плоской. В данных объектах ароматические фрагменты и t-Bu-ые заместители должны так располагаться в пространстве, чтобы не было пространственного напряжения. Это приводит к тому, что шесть атомов кислорода лежат в конформации ванна, а не в одной плоскости, что обусловлена общим строением молекулы и в p-t-Bu-calix[6]arene реализуется конформация «сжатый конус». Расстояния между соседними атомами кислорода в молекуле p-t-Bu-calix[6]arene минимальны по сравнению с расстоянием для других t-Bu-ых производных calix[n]arene, где n = 4 и 8; среднее значение $l_{O...O}$ составляет 2,63 Å. Это характеризует прочность ЦКВВС в этом ряду каликсаренов, т.е. наиболее прочная водородная связь свойственна для p-t-Bu-calix[6]arene.

Основные черты экспериментального ИК-спектра p-t-Bu-calix[6]arene можно понять на основе расчета конформации «сжатый конус» (рис. 5). Сравнение теоретической кривой поглощения позволило выявить некоторые различия, экспериментальный инфракрасный спектр образца в твердом состоянии характеризуется сдвигами и расщеплениями полос. В области 2800-3400 см$^{-1}$ экспериментального инфракрасного спектра p-t-Bu-calix[6]arene наблюдаются полосы характеристических колебаний ОН и СН. Широкая полоса 3157 см-^{1} связывается валентными колебаниями групп ОН, чувствительна к образованию сильной водородной связи. Растяжения ароматических связей С-Н характеризуются слабыми полосами 3095 и 3043 см-1. Полосы 2942 см$^{-1}$ и 2872 см$^{-1}$ могут быть отнесены к асимметричным и симметричным, соответственно, колебания С-Н метильных групп.

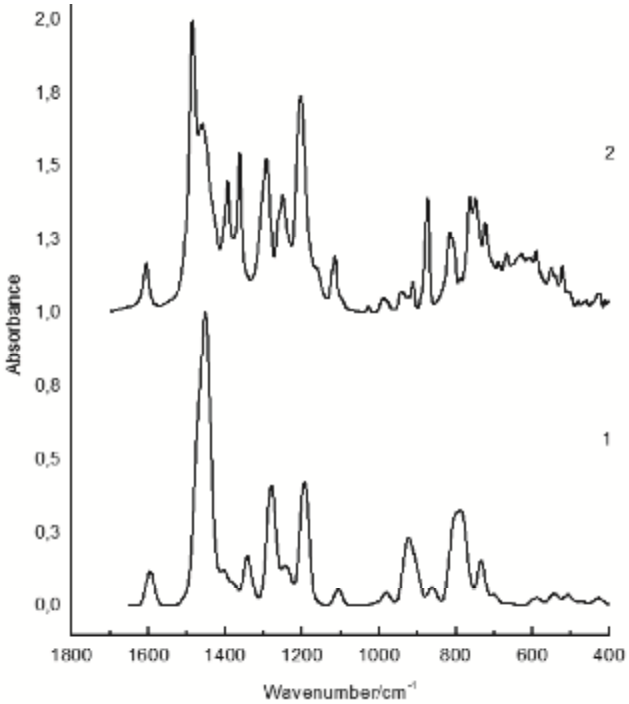


Рис. 5. Теоретическая кривая поглощения в конформации сжатый конус (1) и экспериментальный ИК-спектр (2) p-t-Bu-calix[6]arene

Экспериментальный спектр p-t-Bu-calix[6]arene выявляет полосу 1605 см$^{-1}$, которая относится к ароматическому СС растяжению и ССН деформации. Асимметричные деформации метильной группы характеризуются полосой 1459 см$^{-1}$. Полоса 1393 см$^{-1}$ характеризуется НСН и СОН деформационным колебаниям. Известно, что ОН деформационные колебания сдвигаются к высоким частотам при образовании Н-связи. Дублет полос средней интенсивности 1261, 1249 см$^{-1}$ и полоса 1202 см$^{-1}$ в

экспериментальном спектре p-t-Bu-calix[6]arene соответствует CO, CC колебаниям и CCH деформационным колебаниям. Полосы 1159, 1113 см$^{-1}$ вызваны ароматической C-H плоской деформации. Полосы 941, 911 и 815 см$^{-1}$ относятся к CC растяжению и CH деформационным возмущениям. Полосы 763 и 748 см$^{-1}$ в экспериментальном ИК-спектре p-t-Bu-calix[6]arene относятся к торсионным колебаниям ароматического фрагмента.

Области частот колебаний 629, 590, 550, 540 и 522 см$^{-1}$ в спектре p-t-Bu-calix[6]arene отнесены к крутильным и деформационным колебаниям бензольных колец. Полоса 505 см$^{-1}$ связывается деформацией и кручением макроцикла. Колебание с частотой 459 см$^{-1}$ обусловлено торсионными колебаниями бензольных колец и деформацией макроцикла. Полосы 429 и 424 см$^{-1}$ обусловлены с кручением и деформацией бензольных колец.

Список библиографических ссылок

1. Gutsche C.D. Calixarenes (Monographs in Supramolecular Chemistry) // Royal Society of Chemistry. – Cambridge, 1989. – 223 p.
2. Bőhmer V. Calixarenes, Macrocycles with (Almost) Unlimited Possibilities // Angew. Chem. Int. Ed. Engl., 1995, Vol. 34. – P. 713-745.
3. Коваленко В.И., Чернова А.В., Борисоглебская Е.И., Кацюба С.А., Зверев В.В. Кооперативная внутримолекулярная водородная связь и конформации молекул тиокаликс[4]аренах // Известия Академии наук. Сер. Химия, 2002, № 5. – С. 762-764.
4. Katsyuba S., Kovalenko V.I., Chernova A., Vandyukova E.E., Zverev V.V., Shagidullin R.G., Antipin I.S., Solovieva S., Stoikov I. Vibrational Spectra, Co-operative Intramolecular Hydrogen Bonding and Conformations of Calix[4]arene and Thiacalix[4]arene Molecules and Their para-tert-Butyl Derivatives // Org. Biomol. Chem., 2005, Vol. 3, № 14. – P. 2558-2565.
5. Furer V.L. Borisoglebskaya E.I., Kovalenko V.I. Band intensity in the IR-spectra and conformations of calix[4]arene and thiacalix[4]arene // Spectrochim. Acta, A., 2005, Vol. 61. – P. 355-359.
6. Furer V.L., Borisoglebskaya E.I., Zverev V.V., Kovalenko V.I. DFT and IR-spectroscopic analysis of p-tert-butylthiacalix[4]arene // Spectrochim. Acta, A., 2006, Vol. 63, № 1. – P. 207-212.
7. Коваленко В.И., Маклаков Л.И., Борисоглебская Е.И., Потапова Л.И., Шокова Э.А., Вацуро И.М., Ковалев В.В. Внутримолекулярная кооперативная водородная связь в каликс[n]аренах (n = 4, 6, 8) с объемными заместителями // Известия Академии наук. Сер. Химия, 2007, № 6. – С. 1062-1068.

Potapova L.I. – doctor of chemical sciences, associate professor
E-mail: ludmilapo@mail.ru
Furer V.L. – doctor of chemical sciences, professor
E-mail: furer@kgasu.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1
Kovalenko V.I. – doctor of chemical sciences, professor
E-mail: koval@iopc.ru
A.E. Arbuzov Institute of Organic and Physical Chemistry
The organization address: 420088, Russia, Kazan, Arbuzov st., 8
Tsagolova E.I. – doctor of chemical sciences, chemical engineer
E-mail: tsagolovae@gmail.com
«AMDOR» company
The organization address: 192007, Russia, St. Petersburg, Kamchatka st., 19

Analysis of IR-spectra of para-tert-butylcalix[6]arene

Resume

It was shown by FTIR spectroscopy that the cyclic cooperative intramolecular hydrogen bond is realized in para-tert-butylcalix[6]arene. Decrease in the strength of cooperative hydrogen bond in calixarenes is due to the mutual influence on each other of covalent and hydrogen-bonded macrocycles.

The structure of para-tert-butylcalix[6]arene was studied. The experimental X-ray data for para-tert-butylcalix[6]arene molecules were used in the simulation. Structural optimization and normal mode analysis were performed for para-tert-butylcalix[6]arene molecules based on density functional theory (DFT). The calculated geometrical parameters and harmonic vibrational frequencies of molecules are predicted in good agreement with the experimental data. It was found that the cone conformation is implemented for para-tert-butylcalix[6]arene molecules through cooperative hydrogen bond.

Optimization of the structure and analysis of the normal vibrations are made for para-tert-butylcalix[6]arene based on the experimental IR spectra. It was shown that in the para-tert-butylcalix[6]arene cooperative hydrogen bond is implemented. Structural optimization was performed for para-tert-butylcalix[6]arene by quantum-chemical DFT method. The vibrational bands for the cone conformation were assigned. The theoretical absorption curve of para-tert-butylcalix[6]arene is in good agreement with the experimental IR-spectrum.

Keywords: infrared (IR) spectroscopy, calix[n]arene, the functional density.

Reference list

1. Gutsche C.D. Calixarenes (Monographs in Supramolecular Chemistry) // Royal Society of Chemistry. – Cambridge, 1989. – 223 p.
2. Bőhmer V. Calixarenes, Macrocycles with (Almost) Unlimited Possibilities // Angew. Chem. Int. Ed. Engl., 1995, Vol. 34. – P. 713-745.
3. Kovalenko V.I., Chernova A.V., Borisoglebskaya E.I., Katsyuba S.A., Zverev V.V. Cooperative intramolecular hydrogen bond and conformation of thiocalix[4]arene molecules // Russ. Chem. Bull. Int. Ed., 2002, № 5. – P. 762-764.
4. Katsyuba S., Kovalenko V.I., Chernova A., Vandyukova E.E., Zverev V.V., Shagidullin R.G., Antipin I.S., Solovieva S., Stoikov I. Vibrational Spectra, Co-operative Intramolecular Hydrogen Bonding and Conformations of Calix[4]arene and Thiacalix[4]arene Molecules and Their para-tert-Butyl Derivatives // Org. Biomol. Chem., 2005, Vol. 3, № 14. – P. 2558-2565.
5. Furer V.L. Borisoglebskaya E.I., Kovalenko V.I. Band intensity in the IR spectra and conformations of calix[4]arene and thiacalix[4]arene // Spectrochim. Acta, A., 2005, Vol. 61. – P. 355-359.
6. Furer V.L., Borisoglebskaya E.I., Zverev V.V., Kovalenko V.I. DFT and IR-spectroscopic analysis of p-tert-butylthiacalix[4]arene // Spectrochim. Acta, A., 2006, Vol. 63, № 1. – P. 207-212.
7. Kovalenko V.I., Maklakov L.I., Borisoglebskaya E.I., Potapova L.I., Shokova E.A., Vatsuro I.M., Kovalev V.V. Intramolecular cooperative hydrogen bond in calix[n]erne (n=4, 6, 8) with bulky substituents // Russ. Chem. Bull., Int. Ed., 2007, № 6. – P. 1062-1068.

УДК 691.261.2: 667.6
Строганов В.Ф. – доктор химических наук, профессор
E-mail: svf08@mail.ru
Амельченко М.О. – аспирант
E-mail: colbasa-disabled@mail.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1
Лыгина Т.З. – доктор геолого-минералогических наук, профессор
E-mail: atsic@geolnerud.net
Наумкина Н.И. – кандидат геолого-минералогических наук
Центральный научно-исследовательский институт геологии нерудных полезных ископаемых
Адрес организации: 420097, Россия, г. Казань, ул. Зинина, д. 4

Возможность регулирования технологических и эксплуатационных свойств стирол-акриловых ЛКМ при применении каолинов различных видов активации

Аннотация

В статье представлены результаты по испытанию стирол-акриловых лакокрасочных покрытий (ЛПк) наполненных каолинами различных видов активации (АК). Исследовано влияние активации на структуры и свойства каолинов с применением методов рентгеноструктурного и ИК-спектроскопического анализов. Установлено, что совместное применение АК в ЛПк при их различном количественном соотношении друг к другу способствует проявлению эффекта синергизма заключающегося в повышении уровня основных технологических и эксплуатационных характеристик (укрывистость, смываемость, адгезионная прочность и т.д.).

Ключевые слова: каолин, активация, стирол-акриловые лакокрасочные покрытия, структура и свойства, синергизм.

Известно, что наполнение лакокрасочных материалов оказывает существенное влияние на свойства покрытий (ЛПк). Повышение уровня защитных характеристик ЛПк может достигаться введением в состав лакокрасочной композиции активных наполнителей, которые способны к образованию межмолекулярных взаимодействий с пленкообразователем. Ранее [1-3] было установлено, что наполнение каолином, активированным: ультразвуком (УЗ-каолин), 3 % раствором уксусной кислоты (УК-каолин) и высокой температурой (Т-каолин) способствует повышению уровня защитных характеристик лакокрасочных покрытий.

Целью данной работы явилось исследование влияния активации каолинов на их структуру и определение возможности регулирования свойств лакокрасочных покрытий при совместном применении УЗ-, УК- и Т-каолинов.

Методы и объекты исследования

В качестве объекта исследования использовали каолин (ТУ 5729-016-48174985-2003).

Воздействие на исходный каолин ультразвуком осуществляли на установке UIP1000hd (20 кГц, 1000 Вт, амплитуда 100 мкм) в течение 10 минут.

Получение кислотно-активированного каолина (УК-каолина) заключалось в экспозиции образца исходного наполнителя в 3 % растворе уксусной кислоты в течение 12 часов. Далее наполнитель отфильтровывался и тщательно промывался водой, а затем подвергался сушке.

Образец термически обработанного каолина заключался в выдержке его при высокой температуре – 650-700 ^{o}C.

Определение изменения структуры исходного и активированных каолинов проводили на дифрактометре D8 Advance фирмы Bruker в режиме съемки: геометрия Брегга-Брентано, гониометр θ-2θ, фиксированные щели 1 мм, Cu Kα-излучение, 40 kV, 30 mA, шаг сканирования 0,02°, экспозиция – 1 сек/шаг.

Основные характеристики лакокрасочных покрытий определяли согласно методикам ГОСТ:

- укрывистость и смываемость (ГОСТ 52020-2003);
- водо- и влагопоглощение (ГОСТ 21513-76);
- адгезионная прочность (ГОСТ 32299-2013).

Результаты и их обсуждение

Ранее в работах [4, 5] исследовалось влияние на основные характеристики наполнителей такие как плотность, гидравлическая активность, дисперсность. Кроме того, было установлено что активация не способствует изменению химических связей, за исключением каолина прошедшего высокотемпературную обработку. Однако в вышеуказанных работах не исследовалось влияние активации на структуру каолинита.

Для определения возможных изменений структуры проводился рентгеноструктурный анализ (РСА) исходного и активированных каолинов (рис. 1-4).

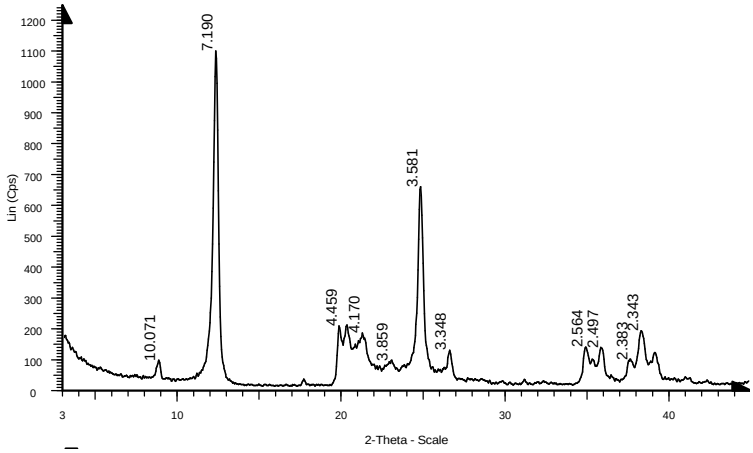


Рис. 1. Результаты рентгеноструктурного анализа исходного каолина

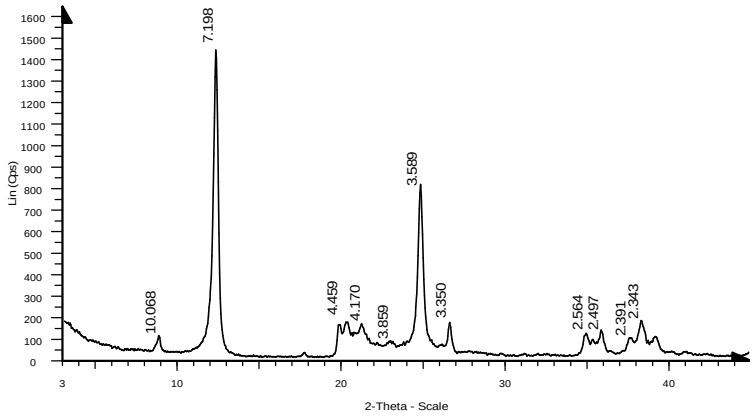


Рис. 2. Результаты рентгеноструктурного анализа УЗ-каолина

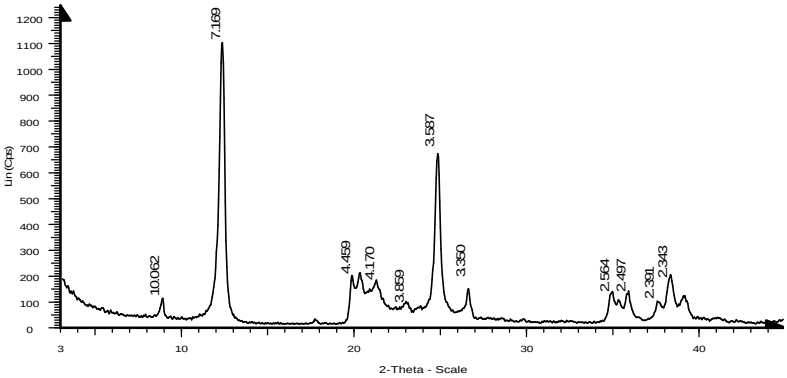


Рис. 3. Результаты рентгеноструктурного анализа УК-каолина

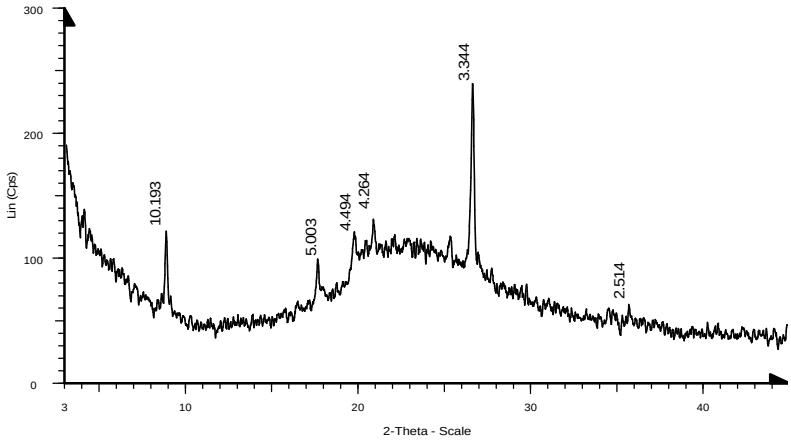


Рис. 4. Результаты рентгеноструктурного анализа Т-каолина

Анализ данных РСА показал, что воздействие ультразвуковых колебаний и 3 %-ого раствора уксусной кислоты не приводит к изменению структуры каолинита, в отличие от термически активированного, где в интервале 2θ = 15-30° наблюдается аморфное гало свидетельствующее об образовании аморфной структуры – 87 %. Полученные результаты коррелируют с ИК-спектроскопическими исследованиями проведенными ранее [5], а также литературными данными [6-8].

Различная структура и по-видимому природа активных центров наполнителей предполагали возможные изменения уровня характеристик ЛПк при их совместном применении в рецептуре лакокрасочного материала, в связи с чем были рассмотрены варианты количественного соотношения активированных каолинов (табл. 1).

Ранее [1-3] установлено, что количества АН при котором достигаются наиболее высокий уровень характеристик равняется 45 %, а количество исходного каолина не изменялось – 55 %. Активированные наполнители варьировались в пределах 45 %.

В качестве пленкообразующего вещества выбрана одна из распространенных среди производителей лакокрасочных материалов стирол-акриловая дисперсия марки «Лакротэн®» Э-21 производства ООО ПКФ «Оргхимпром» (Нижегородская область, г. Дзержинск).

Таблица 1

Количественное соотношение активированных наполнителей

Вариант соотношения	Содержание наполнителей, %			
	УЗ-каолин	УК-каолин	Т-каолин	Исх. каолин
1	10	20	15	55
2	15	15	15	
3	20	10	15	
4	15	20	10	
5	15	10	20	
6	10	15	20	

В лакокрасочных покрытиях определяли следующие показатели: укрывистость, смываемость, водо- и влагопоглощение, а также адгезионную прочность к цементно-песчаной и стальной (СтЗ) поверхностям.

Установлено (табл. 2), что наиболее высокие показатели наблюдаются у покрытий с вариантом соотношения № 3. Кроме того, при совместном использовании активированных каолинов проявляется эффект синергизма, то есть значения исследованных показателей выше, чем если бы использовался наполнитель одного вида активации (табл. 3). Такие результаты, на наш взгляд, обусловливаются вкладом активированных каолинов кристаллической и аморфной структуры с различным дисперсным интервалом при их совместном использовании.

Таблица 2

Результаты испытаний композиций с активированными наполнителями

Наименование показателя	Значение показателей					
	Вар. 1	Вар. 2	Вар. 3	Вар. 4	Вар. 5	Вар. 6
Укрывистость, г/м^2	93,2	109	105,3	101,1	93,4	95,2
Смываемость, г/м^2	3,07	5,42	2,65	0,25	1,70	1,68
Водопоглощение, %	12,4	20,5	10,7	12,3	17,0	17,0
Влагопоглощение, %	9,6	6,3	4,1	12,5	3,3	4,5
Адгезия, МПа:						
ЦПР	1,82	1,7	2,35	1,55	1,63	1,57
СтЗ	0,83	1,83	1,79	0,62	0,58	0,82

Таблица 3

Значения показателей ЛПк при содержании одного вида активированного каолина

Наименование показателя	Значение показателя		
	УЗ-каолин	УК-каолин	Т-каолин
Укрывистость, г/м^2	98,4	124,3	100
Смываемость, г/м^2	1,41	5,01	3,42
Водопоглощение, %	6,2	6,23	6,3
Влагопоглощение, %	3,5	7,1	5,2
Адгезия, МПа:			
ЦПР	1,25	1,33	1,10
СтЗ	1,60	1,56	1,42

Выводы

Таким образом, методом рентгеноструктурного анализа установлено, что высокотемпературная обработка исходного каолина приводит к образованию аморфной структуры – 87 %, что соответствует литературным данным [6-8]. Показано, что совместное применение активированных наполнителей способствует проявлению эффекта синергизма, заключающегося в повышении основных характеристик лакокрасочных покрытий, в сравнении с покрытиями наполненных одним из видов активированного наполнителя.

Список библиографических ссылок

1. Строганов В.Ф., Амельченко М.О. Исследование и разработка защитных и гидроизоляционных водно-дисперсионных полимерных покрытий // Известия КГАСУ, 2012, № 2 (20). – С. 200-206.
2. Строганов В.Ф., Амельченко М.О. Исследование влияние кислотной активации каолина на свойства водно-дисперсионных защитных покрытий // Известия КГАСУ, 2014, № 4 (30). – С. 284-290.
3. Строганов В.Ф., Амельченко М.О. Влияние термической активации каолина на защитные свойства водно-дисперсионных стирол-акриловых покрытий // Известия КГАСУ, 2015, № 4 (34). – С. 293-298.
4. Строганов В.Ф., Амельченко М.О., Усманов Р.А. Влияние ультразвуковой обработки каолина на его дисперсность и сорбционные свойства // Известия КГАСУ, 2015, № 3 (33). – С. 147-152.
5. Строганов В.Ф., Амельченко М.О., Потапова Л.И. Влияние кислотной и термической активации каолина на его дисперсность, химический состав и сорбционные свойства // Известия КГАСУ, 2016, № 1 (35). – С. 192-198.
6. Айлер Р. Химия кремнезема. Том 2. – М.: Мир, 1982. – 857 с.
7. Либау Ф. Структурная химия силикатов. – М.: Мир, 1988. – 412 с.
8. Ilić B.R, Mitrović A.A., Miličić L.R. Thermal treatment of kaolin clay to obtain metakaolin // Hemijska industrija, 2010, Vol. 64, № 4. – P. 351-356.

Stroganov V.F. – doctor of chemical sciences, professor
E-mail: svf08@mail.ru
Amelchenko M.O. – post-graduate student
E-mail: colbasa-disabled@mail.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1
Lygina T.Z. – doctor of geology-mineralogical sciences, professor
E-mail: atsic@geolnerud.net
Naumkina N.I. – candidate of geology-mineralogical sciences
Central Scientific Research Institute of Geology of Industrial Minerals
The organization address: 420097, Russia, Kazan, Zinina st., 4

Possibility of regulation of technological and performance characteristics styrene-acrylic paints and lacquers materials filled by kaolins of different types of activation

Resume

The article presents the results on the structure of various types of activated kaolin: ultrasonic treatment, acid activation, exposure to high temperatures. It is found that the high activation promotes the formation of an amorphous structure, which is confirmed by X-ray analysis - presence of an amorphous halo range $2\theta = 15\text{-}30^{o}$, ultrasound and acid treatment does not destroy the structure of the filler that has been previously demonstrated using the method of IR spectroscopy study. It is shown that the combined use of activated kaolin, with their different quantitative ratio to one another contributes to the manifestation of synergy. Increasing the basic lacquer coating characteristics on the dispersion E-21 (coverage, washability, water and moisture absorption, the adhesive strength) occurs at 1,2-1,4, which is apparently due to the presence in the paint filling amount of the amorphous and crystalline structures.

Keywords: kaolin, activation, styrene-acrylic coatings, structure and properties, synergy effect, X-ray diffraction analysis.

Reference list

1. Stroganov V.F., Bezchvertnaya I.V., Amelchenko M.O. Research and development of protective and water-proof water-dispersion polymer coatings // Izvestiya KGASU, 2012, № 2 (20). – P. 200-206.
2. Stroganov V.F., Amelchenko M.O. Study the effect of acid activated kaolin on the properties of waterborne coatings // Izvestiya KGASU, 2014, № 4 (30). – P. 284-290.
3. Stroganov V.F., Amelchenko M.O. Effect of kaolin thermal activation on the protective properties of styrene-acrylic water-borne coatings // Izvestiya KGASU, 2015, № 4 (34). – P. 293-298.
4. Stroganov V.F., Amelchenko M.O., Usmanov R.A. Influence of ultrasonic processing of a kaolin on its dispersion and sorption properties // Izvestiya KGASU, 2015, № 3 (33). – P. 147-152.
5. Stroganov V.F., Amelchenko M.O., Potapova L.I. Influence of acid and thermal activation of kaolin on its dispersion, chemical composition and sorptive properties // Izvestiya KGASU, 2016, № 1 (35). – P. 192-198.
6. Iler R. The chemistry of silica. Part 2. – M.: Mir, 1982. – 857 p.
7. Liebau F. Structural chemisctry of silicates. – M.: Mir, 1988. – 412 p.
8. Ilić B.R., Mitrović A.A., Miličić L.R. Thermal treatment of kaolin clay to obtain metakaolin // Hemijska industrija, 2010, Vol. 64, № 4. – P. 351-356.

УДК 691.311: 691.54
Халиуллин М.И. – кандидат технических наук, доцент
E-mail: khaliullin@kgasu.ru
Гайфуллин А.Р. – кандидат технических наук, старший преподаватель
E-mail: gaifi@list.ru
Рахимов Р.З. – доктор технических наук, профессор
E-mail: rahimov@kgasu.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1

Комплексное влияние компонентов на основные свойства искусственного камня на основе бесклинкерных композиционных гипсовых вяжущих[1]

Аннотация

Исследовано влияние на структуру и основные физико-механические свойства искусственного камня на основе бесклинкерных композиционных гипсовых вяжущих минеральных компонентов: молотой керамзитовой пыли совместно с известью и суперпластификатором, а также их сочетания в композиции с молотыми гранулированными доменными шлаками. Введение в состав строительного гипса оптимальных количеств молотой керамзитовой пыли совместно с известью и суперпластификатором позволяет получить по сравнению с исходным строительным гипсом искусственный камень с более плотной и мелкозернистой структурой, отличающийся повышенной прочностью и водостойкостью, при этом расход строительного гипса сокращается. Введение вышеназванных компонентов в комплексе с молотыми гранулированными доменными шлаками за счет дополнительного образования новых труднорастворимых продуктов гидратации и уплотнения структуры искусственного камня повышает его прочность, а также коэффициент размягчения до группы водостойких материалов. Расход строительного гипса снижается при замене его части на более дешевые промышленные отходы – керамзитовую пыль и гранулированные доменные шлаки.

Ключевые слова: керамзитовая пыль, гранулированный доменный шлак, известь, композиционные гипсовые вяжущие, искусственный камень, водостойкость.

Введение

Одной из актуальных проблем дальнейшего устойчивого развития стройиндустрии является решение проблем энерго- и ресурсосбережения при производстве строительной продукции и уменьшение вредных выбросов. Строительные материалы на основе гипсового сырья отличаются низкими энергозатратами при производстве по сравнению с цементными материалами аналогичного назначения и лучшими экологическими показателями. По химическому составу гипс не токсичен, при его переработке не выделяется CO_2. Гипсовые материалы и изделия создают благоприятный микроклимат в помещениях за счет способности поглощать избыточную влагу и отдавать ее, когда в помещении снижается влажность.

В 80-х годах XX века в строительном материаловедении получило развитие направление, связанное с разработкой водостойких композиционных гипсовых вяжущих низкой водопотребности, технология получения которых предусматривает применение пластифицирующих, активных минеральных и пуццолановых добавок в сочетании с механохимической активацией компонентов вяжущего при содержании клинкерного цемента менее 15 % [1-6].

Актуальной проблемой, направленной на повышение экономической и экологической привлекательности производства и применения минеральных вяжущих веществ, является поиск недорогих и доступных местных природных и техногенных активных минеральных и пуццолановых добавок для их получения.

[1]Работа выполнена при поддержке Фонда содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере и Инвестиционно-венчурного фонда Республики Татарстан.

Известным эффективным приемом повышения водостойкости гипсовых вяжущих является введение активных минеральных добавок молотых гранулированных доменных шлаков, зол-уноса в сочетании с портландцементом или известью [7]. Перспективным направлением является получение композиционных гипсовых вяжущих повышенной водостойкости с применением пуццолановой добавки керамзитовой пыли – многотоннажного отхода заводов керамзитового заполнителя [8].

Целью настоящей работы было исследование влияния на основные физико-механические свойства искусственного камня на основе бесклинкерных композиционных гипсовых вяжущих керамзитовой пыли совместно с известью в качестве компонентов вяжущего при постоянном содержании добавки суперпластификатора, а также их сочетания в композиции с молотыми гранулированными доменными шлаками.

Методы и материалы

Бесклинкерные композиционные гипсовые вяжущие получали на основе строительного гипса марки Г-6БII по ГОСТ 125. Предел прочности при сжатии гипсового камня в высушенном до постоянной массы состоянии составил 16,2 МПа, коэффициент размягчения – 0,33.

Для получения композиционного гипсового вяжущего применялась известь негашеная первого сорта по ГОСТ 9179 производства ООО «КЗССМ» (г. Казань).

В качестве пластифицирующей добавки в исследованиях использовался суперпластификатор Полипласт СП-1ВП по ТУ 5870-005-58042865-05 производства ООО «Полипласт Новомосковск».

В качестве пуццолановой добавки в состав композиционных гипсовых вяжущих вводилась керамзитовая пыль с фильтров пылеочистки цеха керамзитового гравия Нижнекамского ООО «Камэнергостройпром», имеющая минералогический состав, представленный, в % по массе: недегидратированными и дегидратированными глинистыми минералами – 53; кварцем – 15; полевыми шпатами – 5; ангидритом – 3; рентгеноаморфной фазой – 27. По ГОСТ 8735 установлено, что в составе керамзитовой пыли присутствует 9,5 % недегидратированной глины. Пуццолановая активность по поглощению CaO для керамзитовой пыли молотой до достижения удельной поверхности 500 $м^2$/кг составила 462 мг/г.

В качестве активной минеральной добавки в составе водостойких бесклинкерных композиционных гипсовых вяжущих в исследованиях использовался доменный гранулированный шлак Череповецкого металлургического комбината, химический состав которого представлен, в % по массе: CaO – 48,4; SiO_2 – 39,3; Al_2O_3 – 4,3; MgO – 3,4; SO_3 – 0,6; FeO – 0,5; MnO – 0,4. Модуль основности шлака составляет 1,19; модуль активности – 0.

Испытания бесклинкерных композиционных гипсовых вяжущих проводились в соответствии с ГОСТ 23789. Образцы камня испытывались в возрасте 28 суток твердения в нормальных условиях. Водостойкость образцов определяли по их коэффициенту размягчения, равному отношению пределов прочности при сжатии сухих образцов к водонасыщенным.

Исследование показателей пористости полученного искусственного камня осуществлялось по ГОСТ 12730.0-ГОСТ 12730.4.

Микроструктуру искусственного камня исследовали на электронном растровом микроскопе РЭММА-202М ПО «Электрон».

Для определения влияния компонентов на свойства бесклинкерных композиционных гипсовых вяжущих выполнен ряд исследований с применением метода ротатабельного планирования эксперимента.

Результаты и обсуждение результатов

На первом этапе исследовано влияние на свойства искусственного камня на основе бесклинкерных композиционных гипсовых вяжущих совместного действия извести и керамзитовой пыли при оптимальном содержании суперпластификатора Полипласт СП-1ВП – 0,5 % согласно ранее выполненным исследованиям [9]. В качестве параметров отклика приняты наиболее важные показатели физико-механических свойств бесклинкерных композиционных гипсовых вяжущих: предел прочность при сжатии и коэффициент размягчения (табл. 1).

Таблица 1

Интервал значений переменных для выполнения эксперимента по определению влияния компонентов – молотой керамзитовой пыли и извести на свойства бесклинкерных композиционных гипсовых вяжущих

Факторы		Область варьирования		Интервал варьирования
Натуральное обозначение	Обозначение			
Керамзитовая пыль	x_1	10	30	10
Известь	x_2	2	8	3

Результаты эксперимента по определению влияния молотой керамзитовой пыли и извести на свойства бесклинкерных композиционных гипсовых вяжущих представлены в табл. 2.

Таблица 2

Результаты эксперимента по определению влияния компонентов – молотой керамзитовой пыли и извести на свойства бесклинкерных композиционных гипсовых вяжущих

№ опыта	Кодовые значения		Натуральные значения		Результаты испытания	
					Предел прочности при сжатии, МПа	Коэффициент размягчения
	X_1	X_2	x_1	x_2	y_1	y_2
1	-1	-1	10	2	28,6	0,58
2	1	-1	30	2	25,1	0,6
3	-1	1	10	8	26,7	0,62
4	1	1	30	8	23,9	0,7
5	1,41	0	34,1	5	24,5	0,7
6	-1,41	0	5,9	5	28,0	0,65
7	0	1,41	20	9,23	24,2	0,64
8	0	-1,41	20	0,77	27,1	0,57
9	0	0	20	5	28,0	0,76
10	0	0	20	5	28,3	0,78
11	0	0	20	5	28,2	0,76
12	0	0	20	5	28,0	0,77
13	0	0	20	5	28,4	0,76

Получены математические модели, описывающие влияние компонентов, взятых в % от массы гипсового вяжущего – молотой керамзитовой пыли (x_1) и извести (x_2) на прочность при сжатии (y_1) и коэффициент размягчения (y_2) бесклинкерных композиционных гипсовых вяжущих в возрасте 28 суток твердения в нормальных условиях:

$$y_1=25{,}927+021x_1+0971x_2+0{,}006x_1x_2-0{,}0095x_1^2-0{,}1397x_2^2, \quad (1)$$

$$y_2=0{,}2896+0{,}0197x_1+0{,}0948x_2-0{,}0095x_2^2. \quad (2)$$

Анализ полученных уравнений регрессии и построенных с их использованием зависимостей, представленных на рис. 1-2 показывают следующее.

Существует область оптимальных значений содержания молотой керамзитовой пыли и извести, при которых достигаются максимальные значения показателей прочности при сжатии и коэффициента размягчения искусственного камня на основе бесклинкерных композиционных гипсовых вяжущих.

Максимальные показатели прочности при сжатии 25-29 МПа и коэффициента размягчения 0,7-0,77, соответствующего вяжущим повышенной водостойкости, достигаются при оптимальном содержании компонентов (в % от массы гипсового вяжущего): молотой керамзитовой пыли – 10-20, извести – 4-6, суперпластификатора Полипласт СП-1 – 0,5.

Увеличение содержания молотой керамзитовой пыли свыше 20 %, вследствие постепенного увеличения водопотребности вяжущего, вызывает снижение показателей прочности и коэффициента размягчения искусственного камня. Увеличение содержания извести свыше 6 % также вызывает снижение показателей прочности и коэффициента размягчения искусственного камня, вследствие увеличения водопотребности вяжущего.

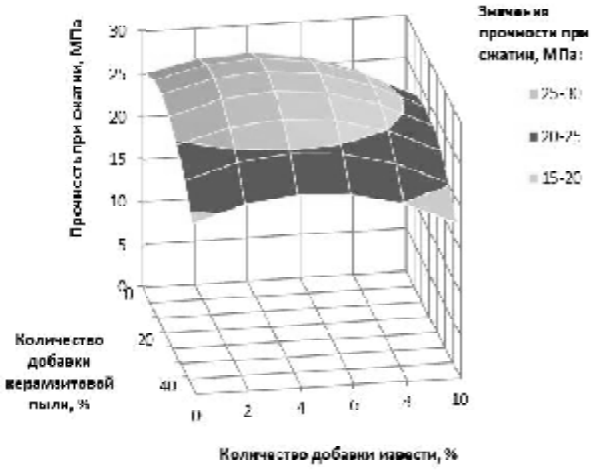


Рис. 1. Влияние компонентов бесклинкерных композиционных гипсовых вяжущих – керамзитовой пыли и извести на прочность при сжатии искусственного камня на основе бесклинкерных композиционных гипсовых вяжущих

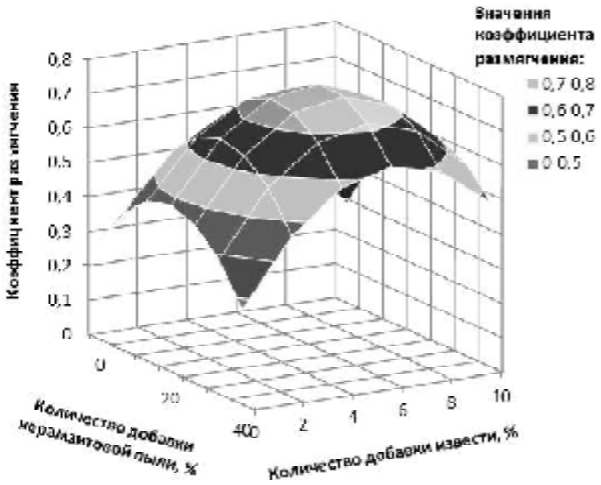


Рис. 2. Влияние компонентов бесклинкерных композиционных гипсовых вяжущих – керамзитовой пыли и извести на коэффициент размягчения искусственного камня на основе бесклинкерных композиционных гипсовых вяжущих

На втором этапе исследовано влияние совместного действия на свойства искусственного камня на основе бесклинкерных композиционных гипсовых вяжущих извести, молотых керамзитовой пыли и гранулированного доменного шлака при оптимальном содержании суперпластификатора Полипласт СП-1ВП – 0,5 %. (табл. 3).

Таблица 3

Интервал значений переменных для выполнения эксперимента по определению влияния компонентов – молотых гранулированных доменных шлаков, керамзитовой пыли и извести на свойства бесклинкерных композиционных гипсовых вяжущих

Факторы		Область варьирования		Интервал варьирования
Натуральное обозначение	Кодовое обозначение			
Доменный шлак	X1	15	45	15
Керамзитовая пыль	X2	10	30	10
Известь	X3	1	5	2

Результаты эксперимента влияния компонентов на свойства бесклинкерных композиционных гипсовых вяжущих представлены в табл. 4.

Таблица 4

Результаты выполнения эксперимента по определению влияния компонентов – молотых гранулированных доменных шлаков, керамзитовой пыли и извести на свойства бесклинкерных композиционных гипсовых вяжущих

№	Кодовые значения			Натуральные значения			Результаты испытания			
							Предел прочности при сжатии, МПа		Коэффициент размягчения	
	X1	X2	X3	X1	X2	X3	Yэксп	Yрасч	Yэксп	Yрасч
1	-1	-1	-1	15	10	1	26,2	25,758	0,57	0,575
2	1	-1	-1	45	10	1	24	22,537	0,64	0,639
3	-1	1	-1	15	30	1	22,5	20,648	0,57	0,557
4	1	1	-1	45	30	1	19,2	17,665	0,63	0,620
5	-1	-1	1	15	10	5	25,6	25,857	0,66	0,647
6	1	-1	1	45	10	5	22,4	22,969	0,76	0,748
7	-1	1	1	15	30	5	21,4	21,557	0,68	0,657
8	1	1	1	45	30	5	19,8	18,907	0,79	0,758
9	-1,68	0	0	4,8	20	3	27,7	27,114	0,7	0,690
10	1,68	0	0	55,2	20	3	21,6	22,182	0,84	0,828
11	0	-1,68	0	30	3,2	3	28,5	27,409	0,75	0,724
12	0	1,68	0	30	36,8	3	18,5	19,705	0,71	0,717
13	0	0	-1,68	30	20	-0,36	17	18,917	0,45	0,438
14	0	0	1,68	30	20	6,36	21,4	20,043	0,6	0,614
15	0	0	0	30	20	3	31,3	31,695	0,95	0,959
16	0	0	0	30	20	3	30,1	31,695	0,9	0,959
17	0	0	0	30	20	3	29,9	31,695	0,94	0,959
18	0	0	0	30	20	3	31,9	31,695	0,9	0,959
19	0	0	0	30	20	3	30,1	31,695	0,9	0,959
20	0	0	0	30	20	3	28,9	31,695	0,93	0,959

Получены математические модели, описывающие влияние компонентов, взятых в % от массы гипсового вяжущего – молотого доменного гранулированного шлака (x_1), молотой керамзитовой пыли (x_2) и извести (x_3) на прочность при сжатии (y_1) и коэффициент размягчения (y_2) бесклинкерных композиционных гипсовых вяжущих в возрасте 28 суток твердения в нормальных условиях:

$$y_1=6{,}306+0{,}551x_1+0{,}878x_2+4{,}730x_3+0{,}002x_1x_3+0{,}007x_2x_3-0{,}011x_1^2-0{,}029x_2^2-0{,}481x_3^2, \quad (3)$$

$$y_2=-0{,}237+0{,}021x_1+0{,}035x_2+0{,}1738x_3+0{,}0003x_1x_3-0{,}0002x_2x_3-0{,}0003x_1^2-0{,}0008x_2^2-0{,}0152x_3^2. \quad (4)$$

Анализ полученных уравнений регрессии и построенных с их использованием зависимостей, представленных на рис. 3-4 показывают следующее.

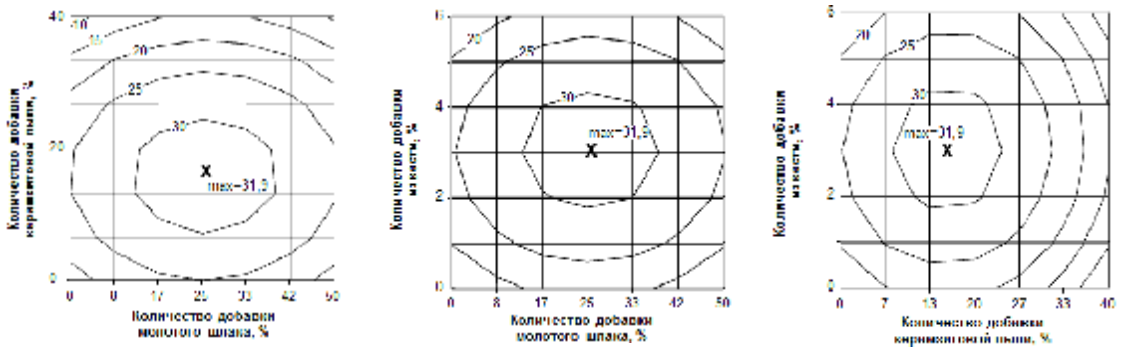


Рис. 3. Влияние компонентов бесклинкерных композиционных гипсовых вяжущих – молотого доменного гранулированного шлак, керамзитовой пыли, извести на прочность при сжатии искусственного камня

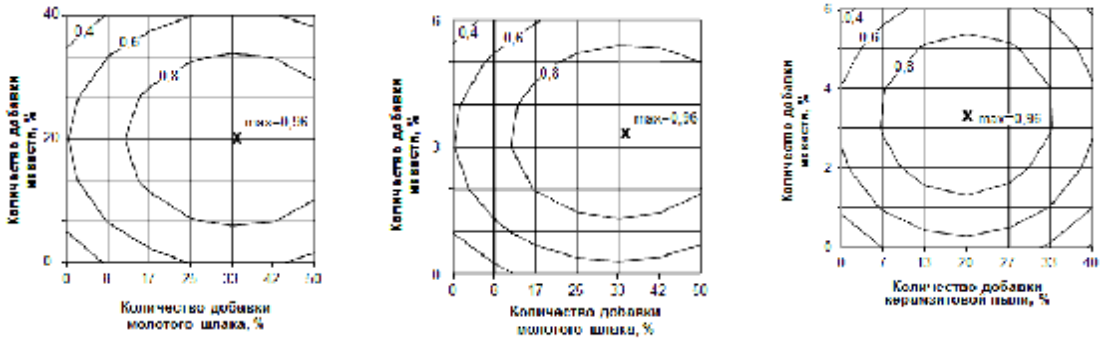


Рис. 4. Влияние компонентов бесклинкерных композиционных гипсовых вяжущих – молотого доменного гранулированного шлак, керамзитовой пыли, извести на коэффициент размягчения искусственного камня

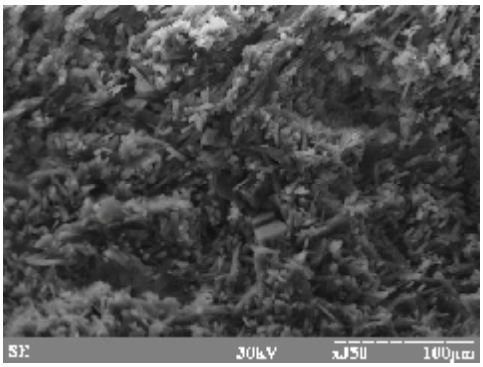
Существует область оптимальных значений содержания молотых доменного гранулированного шлака, керамзитовой пыли и извести, при которых достигаются максимальные значения показателей прочности при сжатии и коэффициента размягчения искусственного камня на основе бесклинкерных композиционных гипсовых вяжущих.

Максимальные показатели прочности при сжатии 30-35 МПа и коэффициента размягчения 0,8-0,96, соответствующего водостойким материалам, достигаются при оптимальном содержании компонентов (в % от массы гипсового вяжущего): молотого доменного гранулированного шлака – 15-35, молотой керамзитовой пыли – 10-20, извести – 2-4, суперпластификатора Полипласт СП-1 – 0,5.

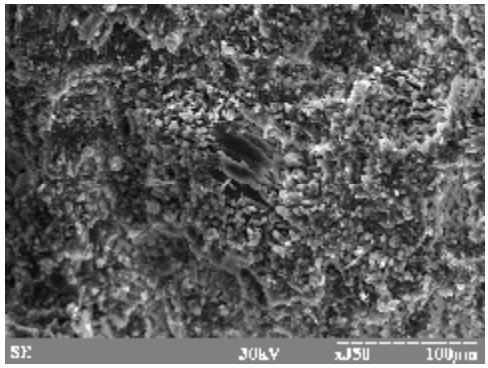
Увеличение содержания молотого доменного гранулированного шлака свыше 35 %, молотой керамзитовой пыли свыше 20 %, вследствие постепенного увеличения водопотребности вяжущего вызывает снижение показателей прочности и коэффициента размягчения искусственного камня. Увеличение содержания извести свыше 4 % также вызывает снижение показателей прочности и коэффициента размягчения искусственного камня, вследствие увеличения водопотребности вяжущего, и, кроме того, согласно [7] избыточное количество извести в бесклинкерных композиционных гипсовых вяжущих системах в длительные сроки твердения вызывает образование эттрингита, возникновение высоких внутренних деформаций и снижение прочности твердеющего искусственного камня.

Сравнительные исследования средней плотности, водопоглощения и структуры пористости искусственного камня на основе исходного строительного гипса и бесклинкерного композиционного гипсового вяжущего с введением оптимальных количеств молотой керамзитовой пыли, извести и суперпластификатора Полипласт СП-1ВП показали следующее. Искусственный камень на основе бесклинкерного композиционного гипсового вяжущего отличает повышенная на 7,4 % средняя плотность, пониженная на 19,8 % общая пористость, повышенный на 32,6 % объем закрытых пор, более высокая однородность распределения пор. При введении в состав композиционного гипсового вяжущего дополнительно молотого доменного гранулированного шлака при оптимальном содержании всех компонентов обеспечиваются более существенные различия показателей искусственного камня по сравнению с исходным строительным гипсом. Средняя плотность повышается на 15 % общая пористость снижается на 42,7 %. При преобладающей доле закрытых пор в полном объеме пор, закрытая пористость искусственного камня на основе композиционного гипсового вяжущего выше по сравнению с камнем на основе строительного гипса на 19,8 % при уменьшении среднего размера пор.

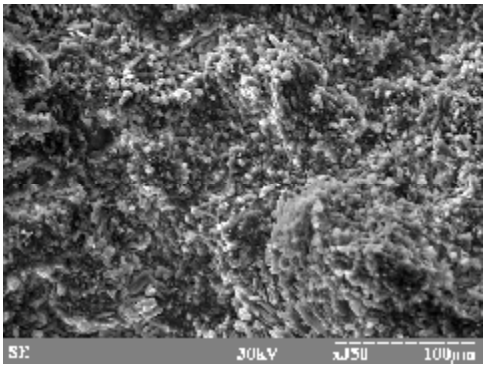
Сравнительный анализ электронномикроскопических снимков (рис. 5) подтверждает, что искусственный камень на основе бесклинкерных композиционных гипсовых вяжущих отличается от бездобавочного гипсового камня более однородной, плотной микрокристаллической структурой с равномерным распределением пор, уменьшенными размерами кристаллов двуводного гипса.



а



б



в

Рис. 5. Микроструктура искусственного камня в возрасте 28 суток твердения в нормальных условиях (х350): а) на основе строительного гипса; б) на основе бесклинкерного композиционного гипсового вяжущего с введением молотой керамзитовой пыли, извести, суперпластификатора Полипласт СП-1ВП; в) на основе бесклинкерного композиционного гипсового вяжущего с введением молотых керамзитовой пыли и доменного гранулированного шлака, извести, суперпластификатора Полипласт СП-1ВП

Уплотнение камня происходит как в результате действия водоредуцирующего эффекта суперпластификатора, так и вследствие заполнение пор труднорастворимыми продуктами, образующимися в процессе гидратации и при химическом взаимодействии минеральных компонентов вяжущего. При введении совместно с молотой керамзитовой пылью, известью и суперпластификатором дополнительно молотого доменного гранулированного шлака структура искусственного камня становится более слитной и плотной.

Заключение

Таким образом, в результате проведенных исследований выявлены закономерности и установлены зависимости совместного влияния компонентов – молотой керамзитовой пыли, извести, суперпластификатора Полипласт СП-1ВП и дополнительно молотого доменного гранулированного шлака на основные физико-механические свойства бесклинкерных композиционных гипсовых вяжущих. Установлены оптимальные составы бесклинкерных композиционных гипсовых вяжущих, отличающихся от исходного строительного гипса, повышенными прочностными показателями и водостойкостью. Замещение до 55 % строительного гипса в составе бесклинкерных композиционных гипсовых вяжущих промышленными отходами – молотыми керамзитовой пылью и доменным гранулированным шлаком обеспечивает снижение себестоимости вяжущего по сравнению с аналогами.

Разработанные бесклинкерные композиционные гипсовые вяжущие повышенной водостойкости и водостойкие могут применяться для получения сухих строительных смесей и растворов различного назначения, гипсобетонов для производства стеновых изделий при проведении внутренних работ при строительстве, ремонте и реконструкции зданий в помещениях с сухим, нормальным и влажным режимом по СНиП 23-02-2003.

Список библиографических ссылок

1. Ферронская А.В., Коровяков В.Ф., Баранов И.М., Бурьянов А.Ф., Лосев Ю.Г., Поплавский В.В., Шишин А.В. Гипс в малоэтажном строительстве. – М.: Изд-во АСВ, 2008. – 240 с.
2. Токарев Ю.В., Гинчицкий Е.О., Гинчицкая Ю.Н., Гордина А.Ф., Яковлев Г.И. Влияние комплекса добавок на свойства и структуру гипсового вяжущего // Строительные материалы, 2016, № 1-2. – С. 84-89.
3. Гордина А.Ф., Яковлев Г.И., Полянских И.С., Керене Я., Фишер Х.-Б., Рахимова Н.Р., Бурьянов А.Ф. Гипсовые композиции с комплексными модификаторами структуры // Строительные материалы, 2016, № 1-2. – С. 90-95.
4. Морозова Н.Н., Галиев Т.Ф. Минеральные добавки для композиционных гипсовых вяжущих // Сб. материалов Международной научно-практической конференции «Инновационное развитие современной науки». – Уфа: Издательство «Омега сайнс», 2015. – С. 49-51.
5. Изотов В.С., Мухаметрахимов Р.Х., Галаутдинов А.Р. Исследование влияния активных минеральных добавок на реологические и физико-механические свойства гипсоцементнопуццоланового вяжущего // Строительные материалы, 2015, № 5. – С. 20-23.
6. Панченко А.И., Бурьянов А.Ф., Соловьев В.Г., Козлов Н.В., Пашкевич С.А. Комплексная оценка эффективности применения гипсового вяжущего повышенной водостойкости // Строительные материалы, 2014, № 12. – С. 72-75.
7. Волженский А.В., Роговой М.И., Стамбулко В.И. Гипсоцементные и гипсошлаковые вяжущие материалы и изделия. – М.: Госстройиздат, 1960. – 162 с.
8. Горин В.М., Токарева С.А., Сухов В.Ю., Нехаев П.Ф., Авакова В.Д., Романов Н.М. Расширение областей применения керамзитового гравия // Строительные материалы, 2003, № 11. – С. 19-21.
9. Халиуллин М.И., Рахимов Р.З., Гайфуллин А.Р., Стоянов О.В. Влияние суперпластификаторов на свойства композиционных гипсоизвестковокерамзитовых вяжущих // Вестник Казанского технологического университета, 2013, Т. 16, № 5. – С. 119-121.

Khaliullin M.I. – candidate of technical sciences, associate professor
E-mail: khaliullin@kgasu.ru
Gaifullin A.R. – candidate of technical sciences, senior lecturer
E-mail: gaifi@list.ru
Rakhimov R.Z. – doctor of technical science, professor
E-mail: rahimov@kgasu.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Complex influence of the components on the basic properties of artificial stone based on clinker without gypsum composite binders

Resume

The influence on the structure and main physical and mechanical properties of artificial stone based on clinker without gypsum composite binders of mineral components: clay dust ground together with lime and superplasticizer, as well as combinations thereof in a composition with ground granulated blast slag is investigated. Introduction to composition of gypsum the optimum quantities of ground haydite dust together with lime and superplasticizer allows to obtain compared to the original construction plaster artificial stone with more dense and fine-grained structure, characterized by high strength and resistance to water, the consumption of gypsum is reduced. The introduction of the aforementioned components in combination with ground granulated blast slag due to the additional formation of new insoluble products of hydration and seal structure of artificial stone increases its strength and softening

coefficient to the group of water-resistant materials. Consumption of gypsum is reduced when replacing parts on cheaper industrial waste – claydite dust and granulated blast furnace slag.

Keywords: haydite dust, granulated blast furnace slag, lime, composite gypsum binder, artificial stone, water resistance.

Reference list

1. Ferronskaya A.V., Korovyakov V.F., Baranov I.M., Buryanov A.F., Losev Yu.G., Poplavskii V.V., Shishin A.V. Gypsum in low-rise building. – M.: Publishers ASV, 2008. – 240 p.
2. Tokarev Yu.V., Ginchitsky E.O., Ginchitskaya Yu.N., Gordina A.F., Yakovlev G.I. Influence of Additive Complex onto the Properties and Structure of Gypsum Binder // Stroitelnye materialy, 2016, № 1-2. – P. 84-89.
3. Gordina A.F., Yakovlev G.I., Polyanskikh S.I., Keren J., Fischer H.-B., Rakhimova N.R., Buryanov A.F. Influence of complex additives on the properties and structure of gypsum binder // Stroitelnye materialy, 2016, № 1-2. – P. 90-95.
4. Morozova N.N., Galiev T.F. Mineral additives for composite gypsum binder // Proceedings materials of International scientific-practical conference «Innovative development of modern science». – Ufa: Publishing «Omega science», 2015. – P. 49-51.
5. Izotov V.S., Muhametrahimov A.D., Galautdinov A.R. Study of Influence of Active Mineral Additives on Rheological and Physical-Mechanical Properties of a Gypsum-Cement-Pozzolanic Binder // Stroitelnye materialy, 2015, № 5. – P. 20-23.
6. Panchenko A.I., Buryanov A.F., Solovjev V.G., Kozlov N.V., Pashkevich S.A. A comprehensive assessment of the effectiveness of gypsum binder with the water-resistant // Stroitelnye materialy, 2014, № 12. – P. 20-23.
7. Volzhensky A.B, Rogovoi M.I., Stambulko V.I. Gypsumzement and gypsumshlag binders materials and products. – M.: Gosstroyisdat, 1960. – 162 p.
8. Gorin V.M., Tokareva S.A., Suhov V.Yu., Nehaev P.F., Avakova V.D., Romanov N.M. Expansion of scopes of haydite gravel // Stroitelnye materialy, 2003, № 11. – P. 19-21.
9. Khaliullin M.I., Rakhimov R.Z., Gaifullin A.R., Stojanov O.V. Influence of superplasticizers on the properties of composite gypsum-lime-clay binders // Bulletin of the Kazan Technological University, 2013, B. 16, № 5. – P. 119-121.

УДК 691.327:666.97
Хаматова А.Р. – студент
E-mail: alsukhamatova@yandex.ru
Хохряков О.В. – кандидат технических наук, доцент
E-mail: olvik@list.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

Электросталеплавильный шлак ОАО «Ижсталь» для цементов низкой водопотребности и бетонов на их основе

Аннотация

В статье приводятся результаты влияния электросталеплавильного шлака ОАО «Ижсталь» на свойства цементов низкой водопотребности (ЦНВ) и бетонов на их основе. Показано, что, несмотря на существенное ускорение сроков схватывания и потерю ранней прочности, ЦНВ, содержащий шлак в количестве 50 %, достигает активности по прочности 57,4 МПа (марка 600). Изучение образцов ЦНВ-камня на электронном микроскопе показало, что их структура отличается повышенной плотностью, однородностью и монолитностью.

Ключевые слова: цементы низкой водопотребности, электросталеплавильный шлак, наполнитель, структура цементного камня, бетонная смесь, тяжелый бетон.

Разработанная в 80-х гг. прошлого века технология цементов низкой водопотребности открывает перспективы радикального энергосбережения в области цементных вяжущих и возможности направленного регулирования их свойств [1, 2]. Это становится возможным благодаря широкому использованию в составе ЦНВ различных по природе и происхождению наполнителей, а также наиболее полной реализацией потенциала портландцементного клинкера. Способность ЦНВ к многовариантности составов позволяет решать конкретные задачи, предъявляемые технологией производства бетонных и железобетонных конструкций и условиями их эксплуатации [3].

Одним из наиболее перспективных направлений технологии производства и применения ЦНВ является использование в качестве наполнителей металлургических шлаков, которые по химико-минералогическому составу близки к портландцементу. Известно, что состав шлаков в зависимости от пустой породы руды, топлива, вида выплавляемого металла и особенностей металлургического процесса, условий сжигания топлива и, наконец, условий охлаждения колеблется в широких пределах [4, 5]. Тем не менее, они привлекают внимание исследователей и практиков, поскольку являются доступными крупнотоннажными отходами, которые в огромном количестве хранятся в отвалах и загрязняют окружающую среду.

Одним из таковых является электросталеплавильный шлак (ЭСШ) Ижевского металлургического завода ОАО «Ижсталь», который ежемесячно отправляется в отвал около 2 тыс. т. В настоящее время он подвергается грубому дроблению с целью извлечения крупного скрапа. Металл, выделенный из скрапа посредством магнитной сепарации, возвращается в основный цикл производства, а из оставшихся отходов после дробления получают фракционированный щебень, который используется в дорожном строительстве при отсыпке дорог.

Нами предлагается альтернативный путь переработки данного отхода, а именно использование его в качестве наполнителя для ЦНВ [6-8]. Для этого были изготовлены различные ЦНВ путем совместного помола в вибрационно-шаровой мельнице СВМ-3 портландцемента ЦЕМ I 42,5 Б производства ЗАО «Ульяновскцемент», шлака (от 30 до 50 %) и суперпластификатора СП-1 производства ООО «Полипласт». Перед помолом и получением ЦНВ заводской шлак, имеющий максимальную

крупность зерен до 50 мм, подвергали дроблению в щековой дробилке с последующим выделением фракции не крупнее 0,315 мм. На основе ЦНВ были приготовлены тяжелые бетоны с мелким заполнителем из кварцевого песка с Мк = 2,35 и крупным заполнителем – гранитным щебнем фракции 5-20 мм.

Предварительно определена гидравлическая активность самого ЭСШ и было установлено, что в 28-суточном возрасте его прочность составляет не более 3 МПа. Выполнена оценка минералогического состава ЭСШ с помощью рентгенофазового анализа (рис. 1). Полученные данные свидетельствуют о преобладании в структуре затвердевшего шлака кристаллических фаз при минимальном содержании стекловидных образований. Преобладающими минералами являются майенит, периклаз, белит, портландит. Часть минералов способна реагировать с водой с образованием гидратных соединений, таких, как CSH, $Ca(OH)_2$ и др., что, вероятно, положительно отразилось на гидравлической активности ЭСШ.

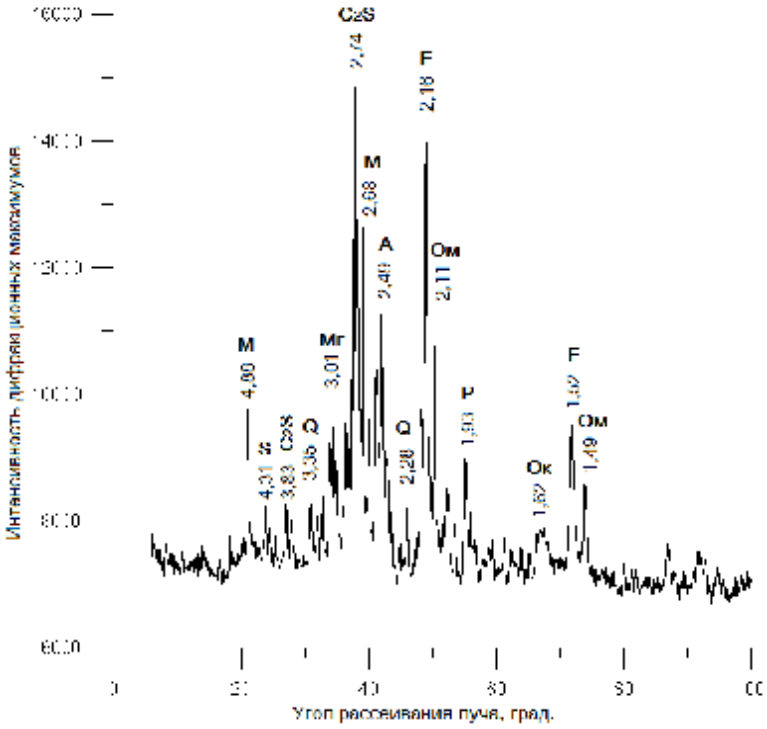


Рис. 1. Рентгенограмма ЭСШ:
М – майенит ($12CaO·7Al_2O_3$); S – метасиликат кальция – волластонит ($CaO·SiO_2$);
C_2S – белит ($2CaO·SiO_2$); Q – кремнезем (SiO_2); Мг – магнетит (Fe_3O_4);
А – однокальциевый алюминат ($CaO·Al_2O_3$); F – вюстит (FeO); Ом – периклаз (MgO);
Р – портландит ($Ca(OH)_2$); Ок – негашеная известь (CaO)

Размолоспособность и свойства ЦНВ с различным содержанием шлака (30, 40 и 50 %) представлены в табл. 1. Физико-механические характеристики цементного камня были определены на образцах-кубиках с размером ребра 2 см. Активность ЦНВ в различные сроки твердения (1, 7 и 28 сутки) при нормальном хранении, а также после пропаривания (режим выдержки 4+(3+6+3)=16 ч) определяли согласно ГОСТ 310.4 на цементно-песчаных образцах-балочках размерами 4х4х16 см.

Из табл. 1 видно, что особенностью ЭСШ в составе ЦНВ является существенное ускорение схватывания цементного теста. Так, увеличение доли ЭСШ в ЦНВ до 50 % приводит к сокращению времени начала схватывания до 15 мин. При этом происходит резкое замедление роста прочности при изгибе/сжатии в первые сутки

(0,7/2,8 МПа). Несмотря на это, в дальнейшем твердение ЦНВ активизируется, что видно из высокой активности по прочности при изгибе/сжатии на 28 сутки (7,1/57,4 МПа).

Таблица 1

Сравнительные свойства ЦНВ, полученных с использованием ЭСШ

№ п/п	Наименование показателей	Вид вяжущего				
		ЦНВ-100	ЦНВ-70	ЦНВ-60	ЦНВ-50	ЦЕМ I 42,5 Б
1	Вид мелющего оборудования	вибрационно-шаровая мельница СВМ-3				
2	Содержание суперпластификатора С-3 (от массы вяжущего), %	1,5				-
3	Общее время измельчения, мин	5	10	10	10	-
4	Удельная поверхность, $см^2/г$	6900	6400	5900	5700	3700
5	Коэффициент размолоспособности, $м^2/с$	2,90	1,92	1,83	1,76	-
Свойства цементного теста и камня (ГОСТ 310.3)						
6	Нормальная густота, %	19,8	19,5	19,3	19,0	28,8
7	Сроки схватывания, ч-мин: - начало; - конец	 3-09 4-25	 0-31 3-00	 0-26 2-05	 0-15 0-53	 3-26 4-55
8	Плотность цементного камня, $кг/м^3$	2224	2287	2330	2356	2085
9	Прочность цементного камня нормального твердения, МПа: - в возрасте 1 суток; - в возрасте 7 суток; - в возрасте 28 суток	 100 108 115	 69 95 117	 32 90 115	 9 84 102	 36 73 89
Свойства мелкозернистого бетона (ГОСТ 310.4)						
10	Водоцементное отношение	0,30	0,30	0,31	0,31	0,44
11	Расплыв конуса, мм	117	117	116	114	118
12	Снижение водопотребности, %	32,0	32,0	29,5	29,5	-
13	Водопоглощение по массе, $W_М$, %	-	4,7	5,2	5,6	6,7
14	Средняя активность в возрасте 1 суток нормального твердения, МПа: - при изгибе; - при сжатии	 6,4 33,0	 4,5 19,8	 3,4 15,0	 0,7 2,8	 3,3 12,6
15	Средняя активность в возрасте 7 суток нормального твердения, МПа: - при изгибе; - при сжатии	 6,8 72,8	 6,6 49,4	 5,9 49,0	 5,5 25,2	 6,5 37,8
16	Средняя активность в возрасте 28 суток нормального твердения, МПа: - при изгибе; - при сжатии	 8,2 81,0	 7,6 66,0	 7,2 65,0	 7,1 57,4	 6,2 48,6
17	Средняя активность после пропаривания, МПа: - при изгибе; - при сжатии	 8,1 72,3	 6,9 48,1	 5,2 32,9	 4,8 30,1	 6,2 35,3

Исходя из полученных результатов (табл. 1), можно заключить, что содержание ЭСШ в составе ЦНВ не должно превышать 40 %, иначе из-за коротких сроков схватывания возникает опасность потери сохраняемости подвижности бетонных смесей, приготовленных на ЦНВ. Также ограничивается применения ЦНВ-бетонов в тех случаях, где предъявляются повышенные требования к прочности на ранней стадии твердения.

Для понимания процессов, протекающих в структуре цементного камня, нами были выполнены микроскопические исследования проб, отобранных после испытания образцов контрольного ЦЕМ I, ЦНВ-70 и ЦНВ-50. Результаты

представлены в виде микрофотографий поверхностей свежих сколов проб образцов.

На рис. 2, 3 показаны микроструктуры цементного камня образцов ЦЕМ I и ЦНВ-70 при 2000-кратном увеличении. Видно, что для ЦНВ-70 характерна более однородная и монолитная структура цементного камня, в то время как для образца контрольного состава характерна дискретная рыхлая структура, состоящая преимущественно из пластинчатых (чешуйчатых) новообразований, что характерно для такого минерала, как портландит ($Ca(OH)_2$), а также для силикатных образований. На микрофотографиях просматриваются зерна округлой формы, что характерно для продуктов гидратации минералов клинкера.

На рис. 4 представлена микрофотография структуры цементного камня на основе ЦНВ-50 при 1050-кратном увеличении. Здесь особый интерес представляет снимок поры, расположенной в структуре цементного камня. На поверхности поры просматриваются образования игольчатой формы белого цвета, что, вероятно, относится к минералам CSH-геля – продукта гидратации портландцемента в нормальных условиях.

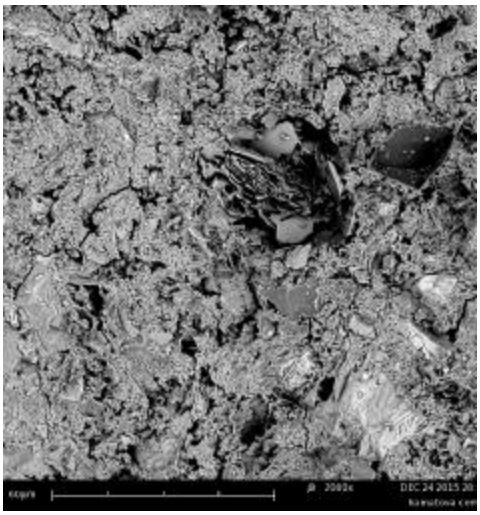


Рис. 2. Микроструктура образца контрольного состава в 2000-кратном увеличении

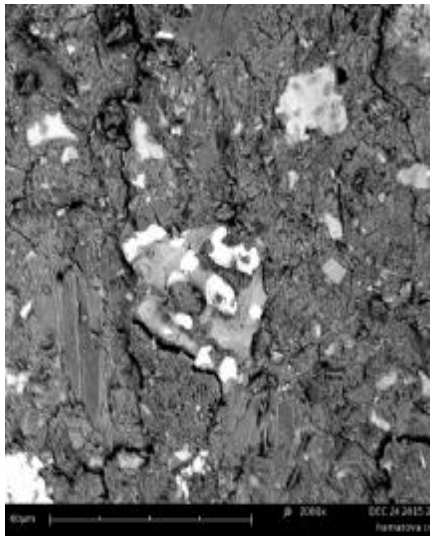


Рис. 3. Микроструктура образца на основе ЦНВ-70 в 2000-кратном увеличении

Рис. 4. Микроструктура образца на основе ЦНВ-50 в 1050-кратном увеличении

Подбор составов тяжелых бетонов на основе ЦНВ может осуществляться с использованием тех же методов, что и подбор составов портландцементных бетонов с учетом повышенной активности и низкой водопотребности вяжущих. Подбор выполняли согласно ГОСТ 27006 для бетонных смесей с подвижностью 13-15 см (марка П3). Воздухосодержание (ВС) определяли согласно ГОСТ 10181. Прочность оценивали путем испытания образцов тяжелого бетона размером 10х10х10 см в возрасте 1, 7 и 28 суток при их твердении в нормальных условиях. Дополнительно определяли прочность бетона после пропаривания по режиму 4+(3+6+3)=16 часов. Результаты приведены в табл. 2-3.

Таблица 2

Составы и свойства бетонных смесей на основе ЦЕМ I и ЦНВ

№ п/п	Вид цемента	Расход материалов, кг/м^3					ОК, см	В/Ц	ВС, %	Плотность, кг/м^3
		Вяжущее	Заполнители		СП-1 (0,5 %)	Вода				
			Мелкий	Крупный						
1	ЦЕМ I 42,5 Б	350	820	1060	1,75	179	13,8	0,51	3,4	2392
2	ЦНВ-70	350	850	1100	-	125	15,0	0,36	4,0	2434
3	ЦНВ-60	350	850	1100	-	125	14,0	0,36	4,7	2454
4	ЦНВ-50	350	850	1100	-	125	13,6	0,36	4,9	2462

Таблица 3

Свойства тяжелых бетонов на основе ЦНВ

№ п/п	Вяжущее	F	Прочность на сжатие, МПа, бетона в возрасте			
			1 сут	7 сут	28 сут	ТВО
1	ЦЕМ I 42,5 Б	200	13,9	39,4	46,8	29,4
2	ЦНВ-70	200	16,0	53,2	63,7	36,4
3	ЦНВ-60	200	4,8	44,7	56,1	30,9
4	ЦНВ-50	200	1,1	28,0	43,6	21,0

Из результатов таблиц 2 и 3 следует, что бетонные смеси на основе ЦНВ обладают существенно меньшей водопотребностью в сравнении с контрольным составом на основе ЦЕМ I 42,5 Б. Несмотря на незначительное повышение воздухововлечения (на 0,6…1,5 %), плотность бетонной смеси при увеличении доли ЭСШ в составе ЦНВ возрастает. Очевидно, что это связано с высокой плотностью самого шлака (3500 кг/м^3), содержащего остаточные металлические включения.

Максимальной прочности достигают образцы на основе ЦНВ-70: прочность в возрасте 28 сут – 63,7 МПа (Д = +36 %); после ТВО – 36,4 МПа (Д = +24 %). Образцы на основе ЦНВ-60 отличаются низкой ранней прочностью. Прочность в возрасте 1 сут составляет 4,8 МПа (Д = -65,5 %), однако к 7 суткам нормального твердения наблюдается превышение прочности контрольного образца на 13,5 %, а к 28 суткам – на 20 %. Полученные данные позволяют сделать вывод о том, что при применении в качестве вяжущего для тяжелых бетонов ЦНВ допускается введение до 40 % ЭСШ, что приводит к уменьшению расхода цемента.

По результатам исследований были сформулированы следующие выводы:

1. Показано, что водопотребность ЦНВ на основе ЭСШ снижается в среднем на 30 %. ЭСШ обладает гидравлической активностью. Эти факторы позволяют получать ЦНВ, содержащий 50 % шлака, с активностью 57,4 МПа в 28-суточном возрасте;

2. Увеличение содержания ЭСШ в ЦНВ неизбежно ведет к резкому сокращению сроков схватывания цементного теста и падению ранней прочности;

3. Микроструктура ЦНВ-камня со шлаком более однородная и плотная в сравнении с портландцементным камнем;

4. При сопоставимом расходе ЦНВ-50 и ЦЕМ I получены равнопрочные тяжелые бетоны марки 400.

Список библиографических ссылок

1. Фаликман В.Р. Новые эффективные высокофункциональные бетоны // Бетон и железобетон, 2011, № 1. – С. 78-84.
2. Юдович Б.Э., Зубехин С.А., Фаликман В.Р., Башлыков Н.Ф. Цемент низкой водопотребности: новые результаты и перспективы // Цемент и его применение, 2006, № 4. – С. 80-84.
3. Фахратов М.А., Сохряков В.И., Морозова Я.И., Гончарова М.А. Применение вяжущего низков водопотребности в производстве бетона и сборного железобетона // СтройПРОФИль, 2010, № 8 (86). – С. 11-13.
4. Дворкин Л.И., Дворкин О.Л. Строительные материалы из отходов промышленности. – Ростов-на-Дону: Феникс, 2007. – 368 с.
5. Юдина Л.В., Юдин А. В. Металлургические и топливные шлаки в строительстве. – Ижевск: Удмуртия, 1995. – 160 с.
6. Хозин В.Г., Сибгатуллин И.Р., Хохряков О.В., Красинникова Н.М. Производство ЦНВ из техногенных отходов – эффективный путь решения экологических и сырьевых проблем. – Улан-Удэ: ВСГУТУ, 2012. – С. 190-193.
7. Красиникова Н.М., Хохряков О.В., Хозин В.Г. Влияние цементов низкой водопотребности на степень пучинистости пылеватых грунтов // Известия КГАСУ, 2012, № 3 (21). – С. 139-143.
8. Хаматова А.Р., Хохряков О.В. Оценка эффективности применения электросталеплавильного металлургического шлака ОАО «Ижсталь» (г. Ижевск) в качестве наполнителя для цементов низкой водопотребности // Теория и практика повышения эффективности строительных материалов: Материалы X Международной конференции молодых учёных. – Пенза, 2015. – С. 130-133.

Khamatova A.R. – student
E-mail: alsukhamatova@yandex.ru
Khohryakov O.V. – candidate of technical sciences, associate professor
E-mail: olvik@list.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelyonaya st., 1

The electro-steel-smelting slag JSC «Izhstal» for cements of low water demand and concrete on their basis

Resume

The most important direction of development of the construction industry is the production of materials and products based on local raw materials, including the use of large-tonnage industrial waste. Therefore, ferrous metallurgy is a potential source of raw materials for production of construction materials. Introduction of electro-steel-smelting slag in cement production became possible thanks to the Russian scientists, who developed the technology of cements of low water demand.

The investigated cements of low water demand were made by joint milling of binder, electro-steel-smelting slag OJSC «Izhstal» and plasticizers. We have considered the influence of electro-steel-smelting slag on the formation of structure and properties of cement, fine-grained and heavy concrete. We achieved to reduce the water demand of concrete on the basis of cements of low water demand and a significant increase of the grade strength of the concrete.

Thus, we have proved the effectiveness of the use of electro-steel-smelting slag as aggregate for cements of low water demand.

Keywords: cement of low water requirement, electro-steel-smelting slag, aggregate, structure of cement stone, concrete mix, heavy concrete.

Reference list

1. Falikman V.R. New efficient high performance concrete // Concrete and reinforced concrete, 2011, № 1. – P. 78-84.
2. Yudovich B.E., Zubehin S.A., Falikman V.R., Bashlykov N.F. The cement of low water: new results and prospects // Cement and its application, 2006, № 4. – P. 80-84.
3. Fortov M.A., Sokratov V.I., Morozova I.I., Goncharov M.A. The Use of binder-qual water demand in concrete production and precast concrete // StroyPROFIL, 2010, № 8 (86). – P. 11-13.
4. Dvorkin L.I., Dvorkin O.L. Building materials from waste of industry. – Rostov-na-Donu: Feniks, 2007. – 368 p.
5. Yudina L.V., Yudina A.V. Metallurgical and fuel slags in construction. – Izhevsk: Udmurtia, 1995. – 160 p.
6. Khozin V.G., Sibgatullin I.R., Khohryakov O.V., Krasilnikova N.M. The CLW production from industrial wastes is an effective way of solving environmental and resource problems. – Ulan-Ude: VSGUTU, 2012. – P. 190-193.
7. Krasinikova N.M., Khohryakov O.V., Khozin V.G. Influence of cements of low water demand to the degree of heaving of silty soils // Izvestiya KGASU, 2012, № 3 (21). – P. 139-143.
8. Khamatova A.R., Khohryakov O.V. Evaluation of the effectiveness of electro-steel-smelting slag OJSC «Izhstal» (Izhevsk) as a filler for cements of low water demand // Theory and practice of increase of efficiency of construction materials: materials of the X International conference of young scientists. – Penza, 2015. – P. 130-133.

УДК 69.055
Ибрагимов Р.А. – кандидат технических наук, доцент
E-mail: rusmag007@yandex.com;
Салимова Г.Р. – студент
E-mail: guzel-salimova16.06@mail.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

Анализ продолжительности строительства современных крупнопанельных жилых зданий в г. Казань

Аннотация

В работе проведен анализ, сопоставление фактической и нормативной продолжительностей строительства крупнопанельных жилых зданий, собран большой объем исходной информации для типовых серий зданий, широко применяемых в г. Казань с 2010 года. Показано, что срок строительства крупнопанельных 14 и 17 этажных жилых домов значительно превышает нормативный срок. На основе большого числа статистических данных необходимо разработать рекомендации по определению норм продолжительности строительства для типовых серий крупнопанельных зданий г. Казань.

Ключевые слова: продолжительность строительства, крупнопанельные жилые здания, нормативный срок.

Использование в строительстве норм продолжительности строительства как СНиП 1.04.03-85 и Пособие к СНиП 1.04.03-85* ограничивается исходными данными для определения сроков строительства. Так как в современном строительстве при застройке территории используют ведущие машино-механизмы, у которых производительность работы намного превышает производительность техники, применяемой в 80-90-ые годы, также применение поточной организации строительства ведет к сокращению продолжительности строительства, поэтому ссылаться лишь на эти нормы нецелесообразно. Появилась необходимость разработки рекомендаций для определения норм продолжительности строительства [1, 2].

Для проведения анализа количества этажей, площадей, конструктивной системы крупнопанельных жилых зданий собран большой объем исходной информации для типовых серий широко применяемых зданий в г. Казань с 2010 года.

Исходный объем информации производился на основе конструктивных решений, где включены параметры здания, количество секций, наличия пристроенных помещений, зданий с переменной этажностью; проект производства работ – разбивка зданий на захватки, выбор основного монтажного механизма и его привязка к объекту.

В результате рассмотрены базовые серии жилых зданий и их модификаций, которые строились в г. Казань с 2010 г. Данные представлены в табл. 1.

В соответствии с СНиП 1.04.03-85* общий период строительства включает 4 основных этапа: подготовительный период, подземный цикл, надземный цикл, отделочный цикл строительства. Продолжительность каждого этапа установлена в месяцах. Недостатком данных норм является то, что подготовительный период равен одному месяцу не зависимо от количества этажей, объема здания и рассчитан на применение одного монтажного крана. Также СНиП 1.04.03-85* не учитывает период сдачи объекта в эксплуатацию, который может достигать и одного года и более [3].

Результаты исследований

В табл. 2 представлены нормы продолжительности жилых зданий четырех известных серий, применяемых в г. Казань: серия АБД-9000К, серия 90, серия 83, серия 125 Волжская.

Как видно из табл. 2, подготовительный период строительства составляет 1 месяц, хотя начало строительства зданий серии АБД-9000К пришлось на зимний период.

Таблица 1

Наиболее применяемые серии жилых зданий в г. Казань

Наименование серий	Характеристика		
	конструктивное решение	этажность	
		до 10	от 12 до 17
АБД-9000К.14	панельный	–	+
АБД-9000К.17	панельный	–	+
90-05 (Казгражданпроект)	панельный	+	–
125 Волжская Башня	панельный	–	+
125 Волжская	панельный	+	–
83-120	панельный	+	–
83-НЧ (-014, -015, -016, -018, -022(1), -023)	панельный	+	–

Таблица 2

Нормативная продолжительность строительства типовых серий

Типовые серии	Модификация, площадь, этажность	Нормы продолжительности строительства, мес.:				
		общая	в том числе			
			подготовительный период	подземная часть	надземная часть	отделка
Серия АБД-9000К	АБД-9000К.14 крупнопанельный 14 этажный Общая площадь 2860,1м^2	7,3	1,0	1,5	3,3	1,5
Серия 90	90-05 (Казгражданпроект) крупнопанельный 10 этажный Общая площадь 1180,8м^2	5,3	1,0	1,0	2,3	1,0
Серия 125 Волжская	125 Волжская Башня крупнопанельный 16 этажный Общая площадь 676м^2	7,1	1,0	1,5	3,1	1,5
Серия 83	83-НЧ (-014, -015, -016, -018, -022(1), -023) крупнопанельный 10 этажный Общая площадь 885,6м^2	5,2	1,0	1,0	2,2	1,0

Так как отсутствуют региональные нормы продолжительности строительства панельных зданий в г. Казань необходимо провести сравнение норм продолжительности, указанных в СНиП 1.04.03-85*, с действующими региональными нормами в г. Москва (МРР-3.2.81-12).

Для проведения сравнительного анализа рассмотрены панельные здания с различной общей площадью (3500 м^2, 5000 м^2, 6000 м^2), при этом значение общей площади не совпадают при различной этажности [4-7].

При проведении сравнительного анализа необходимым является введение следующих ограничений [2, 8-9]:

– идентификация зданий по их объемно-планировочному и конструктивному решению;

– рассматриваемые здания должны иметь одинаковую площадь при сравнении норм продолжительности строительства;

– исследуемые здания должны иметь равную этажность.

Результаты исследований приведены в табл. 3.

Таблица 3

Сравнение продолжительностей строительства по СНиП 1.04.03-85* и МРР-3.2.81-12

Серия	Общая площадь, м^2	Этажность	Продолжительность строительства, мес.:		Разница, мес.:
			по СНиП 1.04.03-85*	МРР-3.2.81-12	
90-05 (Казгражданпроект)	3500	10	6,0	5,3	-0,7
АБД-9000К.14	5000	14	7,5	6,3	-1,2
125 Волжская башня	6000	16	8,0	7,5	-0,5

Среднее сокращение продолжительности строительства составит:

$$\Delta T = -\frac{0{,}7 \cdot 3500 + 1{,}2 \cdot 5000 + 0{,}5 \cdot 6000}{3500 + 5000 + 6000} = -0{,}79 \text{ мес.} \quad (1)$$

Найденная величина Среднего сокращения продолжительности строительства в соответствии с МРР-3.2.81-12 и СНиП 1.04.03-85* для исследуемых серий, широко применяемых в г.Казань составила 0,79 мес.

При этом необходимо отметить, что региональные нормы МРР-3.2.81-12 охватывают различные конструктивные типы фундаментов, в отличие от СНиП 1.04.03-85*, где тип используемых фундаментов – ленточные.

Определена фактическая продолжительность строительства типовых серий АБД-9000К и произведено сравнение с действующими нормами СНиП 1.04.03-85* (информацию о фактической продолжительности строительства любезно предоставил ООО «АкБарс Строй»). Результаты представлены в табл. 4.

Таблица 4

Продолжительность строительства панельных 14-ти и 17-ти этажных жилых домов серии АБД-9000К

Шифр типового проекта / общая площадь, м^2	Количество этажей	Продолжительность строительства, мес.:		Разница, мес.:
		нормативная, Тн	фактическая, Тф	
АБД-9000К.14 / 3000	14	7,3	24,0	+ 16,7
АБД-9000К.17 / 3000	17	7,7	9,0	+1,3

Таким образом, из табл. 4 видно, что отклонение показателей фактической продолжительности строительства от нормативных в соответствии с СНиП 1.04.03-85* составляет для 14 этажных домов 16,7 месяца, а для 17 этажных домов 1,3 месяца.

Заключение

Проведенный анализ показал, что при реализации инвестиционных проектов, отличающихся между собой конструктивными и объемно-планировочными решениями, общей организацией производства и технологии строительных процессов, возникает необходимость в совершенствовании нормативной базы продолжительности строительства, возможно с учетом региональных особенностей.

Сравнительный анализ норм продолжительности строительства по СНиП 1.04.03-85* и МРР-3.2.81-12 показывает, что продолжительность строительства есть сумма возведения отдельных циклов строительства, а именно: подготовительный период, подземный, надземный и отделочный цикл. То есть при расчете продолжительности строительства по СНиП 1.04.03-85* используется последовательный метод. В настоящее время строительство ведется поточным методом, что не соответствует определению общей продолжительности строительства по действующим нормам.

На основе проведенных исследований появилась необходимость в определении общей продолжительности строительства для панельных зданий в г. Казань с учетом территориальных особенностей.

Список библиографических ссылок

1. Григорьев В.А. Оценка фактической продолжительности строительства жилых зданий // Актуальные вопросы технических наук в современных условиях: сборник материалов Международной научно-практической конференции (14 января 2015 г., Санкт-Петербург), вып. 2, 2015. – С. 165-168.
2. Григорьев В.А. Сравнительный анализ параметров строительства жилых зданий // Строительство, дизайн, архитектура: проектные решения XXI века: сборник материалов Международного научного е-симпозиума (27-28 декабря 2014 г., Москва) под ред. проф. И.К.Данилова. – Киров: МЦНИП, 2015.
3. Олейник П.П., Манукянц Д.Я. Анализ и оценка продолжительности строительства жилых зданий в Москве. РЖ 20Т. Экономика строительства, 2007, № 11. – 55 с.
4. Байбурин А.Х. Влияние качества строительства на эксплуатационную надежность крупнопанельных зданий. Жилищное строительство, 2006, № 7. – С. 5-6.
5. Байбурин А.Х. Оценка качества возведения крупнопанельных зданий. Жилищное строительство, 2002, № 10. – 10 с.
6. Киреева Э.И., Дубынин Н.В. Модернизация крупнопанельных зданий типовых серий. Жилищное строительство, 2015, № 5. – С. 9-21.
7. Байбурин А.Х. Комплексная оценка качества строительно-монтажных работ. Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Строительство и архитектура, 2005, № 13 (53). – С. 68-70.
8. Могильникова Н.В. Панельные перспективы. В сборнике: Традиции и инновации в строительстве и архитектуре. Архитектура и дизайн сборник статей. под редакцией: М.И. Бальзанникова, К.С. Галицкова, Е.А. Ахмедовой; Самарский государственный архитектурно-строительный университет. – Самара, 2016. – С. 150-154.
9. Бушмелев А.А., Шмаков С.Д. Технические решения и целесообразность реконструкции крупнопанельных домов массовых серий. В сборнике: Строительство – формирование среды жизнедеятельности Сборник трудов Восемнадцатой Международной межвузовской научно-практической конференции студентов, магистрантов, аспирантов и молодых ученых, 2015. – С. 36-38.

Ibragimov R.A. – candidate of technical sciences, associate professor
E-mail: rusmag007@yandex.com;
Salimova G.R. – student
E-mail: guzel-salimova16.06@mail.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Analysis of the duration of the construction of modern large-panel residential buildings in Kazan

Resume

The article presents data comparing the actual and normative duration of the construction of large residential buildings in Kazan. Statistical array of background information for large-type series of buildings collected.

The analysis showed that the implementation of investment projects, the rich variety of new space-planning and design solutions, methods of organizing production and construction technology of construction and assembly works, we need to significantly improve the valuation methodology duration of the construction of buildings and structures.

On the basis of the analysis showed that the values of deviations of actual indicators of the duration of the construction of the standard leads to the conclusion that the period of construction of housing 14 and 17 storey buildings much higher than the normative terms of construction.

Comparative analysis of existing good practice and the duration of the construction of buildings and structures shows that the total duration of the construction of residential buildings is the sum of the durations of the preparatory period, the device underground and aboveground parts finishing. This method of determining the duration of the construction is suitable for the organization of building a consistent method, but in a modern building in the main line method is applied, this approach is contrary to the definition of the duration of the construction of the production organization of construction, it does not reflect the appropriate solutions in the organizational and technological documentation. On the basis of a large number of statistical data it is necessary to develop recommendations for the definition of standards for the duration of the construction of large-type series of buildings in Kazan.

Keywords: duration of construction, large-panel residential buildings, the standard period

Reference list

1. Grigoriev V.A. Assessment of the actual duration of the construction of residential buildings // Topical Issues of Technical Sciences in modern conditions: the collection of materials of the International scientific-practical conference (January 14, 2015, St. Petersburg), Vol. 2, 2015. – P. 165-168.
2. Grigoriev V.A. A comparative analysis of the parameters of the construction of residential buildings // construction, design, architecture: the design decisions of the XXI century: proceedings of the International Scientific e-Symposium (27-28 December, 2014, Moscow) / edited. prof. I.K. Danilova. – Kirov: MTSNIP, 2015.
3. Oleynik P.P., Manukyants D.Y. Analysis and assessment of the duration of the construction of residential buildings in Moscow. RJ 20T. Construction Economics, 2007, № 11. – 55 p.
4. Baiburin A.H. Impact of construction quality on the operational reliability of large buildings. Housing construction, 2006, № 7. – P. 5-6.
5. Baiburin A.H. Quality assessment of the construction of large buildings. Housing construction, 2002, № 10. – 10 p.
6. Kireyev E.I., Dubinin N.V. The modernization of large-type series of buildings. Housing construction, 2015, № 5. – P. 9-21.
7. Baiburin A.H. Comprehensive assessment of quality of construction works. Bulletin of South Ural State University. Series: Construction and architecture, 2005, № 13 (53). – P. 68-70.
8. Mogilnikova N.V. Panel prospects. In: Tradition and innovation in construction and architecture. Tradition and innovation in construction and architecture. The architecture and design of a collection of articles Edited by: M.I. Balzannikova, K.S. Galitskova, E.A. Akhmedova; Samara State Architectural University. – Samara, 2016. – P. 150-154.
9. Bushmelev A.A., Shmakov S.D. Technical solutions and feasibility of reconstruction of large-mass series of buildings. In: Construction – the formation of living environment Proceedings of the Eighteenth International interuniversity scientific-practical conference of students, undergraduates, graduate students and young scientists, 2015. – P. 36-38.

УДК 621.8.028
Мудров А.Г. – доктор технических наук, профессор
E-mail: Alexmudrov42@rambler.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

Способы интенсификации процессов в строительных технологиях

Аннотация

Приведены оригинальных примеры интенсификации в различных строительных технологиях, в частности, осуществляющих в механических устройствах перемешивание, например, в грохотах, классификаторах, гравиемойках-сортировках. Предложено четыре группы воздействия на материал: однопериодная внутренняя, многопериодная внешняя, универсальная, импульсная. Интенсификация процессов достигается использованием инерционным регулируемым воздействием на обрабатываемый материал, осуществляемым пространственным модулем в трех модификациях: параллелограммном, промежуточном, антипараллелограммном исполнении. Группы воздействия используются как в известных, так и вновь проектируемых устройствах, имеют высокие технико-экономические показатели.

Ключевые слова. Однопериодная, многопериодная группы, пространственный модуль, импульсное устройство, пространственные механизмы.

Введение

В строительных технологиях режимы работы можно классифицировать на стационарные и нестационарные, например, процесс перемешивания материалов в смесителях (грохотах, классификаторах, гравиемойках-сортировках).

При стационарном режиме работы эффективность процесса сравнительно низкая из-за наличия застойных зон в корпусе, где материал не перемещается, следовательно, не обрабатывается. Время процесса длительное, а качество выходного продукта неудовлетворительное, к тому же происходят большие затраты энергии [1, 2, 3].

Возникла необходимая потребность в изыскании новых прогрессивных решений, обеспечивающих существенное повышение технико-экономических показателей, как в известных, так и во вновь проектируемых устройствах, а также предусмотреть возможность использования решений в других процессах и технологиях.

В результате поиска решений удалось разработать следующие группы воздействия на обрабатываемый материал: однопериодная внутренняя, многопериодная внешняя, универсальная, импульсная.

Однопериодная группа воздействия на материал характеризуется тем, что рабочие лопасти в аппаратах с мешалкой или рабочий корпус-емкость смесителей приводят в действие нестационарным режимом работы [4]. Этот режим представлен графиком движения на рис. 1а.

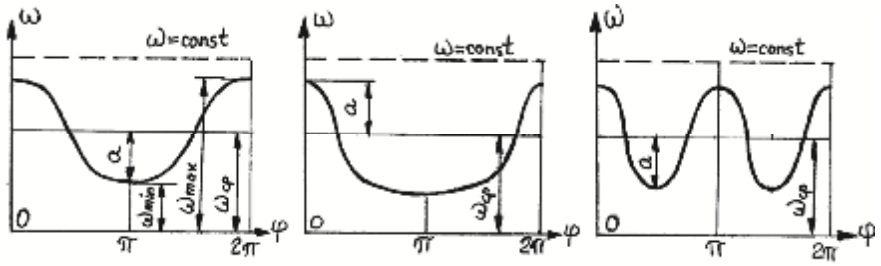


Рис. 1. Графики движения рабочих органов однопериодной группы воздействия

В качестве устройств, реализующих однопериодную внутреннюю группу воздействия, принят базовый модуль, который может быть в трех модификациях: по виду

параллелограмм, если углы лежат в разных квадрантах; антипараллелограмм, если углы лежат в одном квадранте; промежуточный, если угол $a_2=90^0$.

Реализация нестационарного режима обеспечивается пространственным модулем параллелограмного исполнения. Модуль включает три подвижных звена и стойку (станину). Особенностью модуля является то, что подвижные звенья – два кривошипа, шатун, а также стойка имеют пространственное расположение осей шарниров, характеризующиеся углами α_1, α_2 и длинами ℓ_1, ℓ_2 между осями. Характер графика движения зависит от значения углов α_1, α_2 и характеризуется максимальным ω_{max} и минимальным ω_{min} значением скорости и степенью неравномерности δ.

Максимальное значение ω_{max} определяется выражением:

$$w_{max} = \frac{\cos a_1}{1 - \sin a_1} w, \quad (1)$$

а минимальное ω_{min} формулой:

$$w_{max} = \frac{\cos a_1}{1 + \sin a_1} w, \quad (2)$$

где ω – угловая скорость ведущего кривошипа (вала электродвигателя).

Степень неравномерности δ определяется формулой:

$$d = \pm 2 \frac{\sin a_1 > \sin a_2}{\sin a_2 - \sin a_1}. \quad (3)$$

В моменты, когда скорость вращения лопастей или корпуса смесителя принимает максимальное и минимальное значения максимальное и минимальное значение сил воздействия инерционных сил соответственно равны:

$$P_{max} = mr \frac{\cos^2 a_1}{(1 - \sin a_1)^2} w^2, \; P_{min} = mr \frac{\cos^2 a_1}{(1 + \sin a_1)^2} w^2, \quad (4)$$

где m – масса материала на площади лопасти или масса материала в емкости, кг;
r – расстояние от оси вращения до центра масс материала, м.

С увеличением угла α_1 расположения осей шарниров кривошипов силы инерции возрастают в десятки и более раз.

На рис. 1б показан график, движение которого отличается от графика рис. 1а более изменчивыми показателями в большую сторону. Здесь будут больше значения максимальной и меньше значения минимальной скоростей, соответственно, и больше значения максимальной и меньше значения минимальной сил инерции, т.е. характер воздействия на материал имеет большую степень интенсификации.

Реализуется такой режим работы посредством пространственного модуля антипараллелограммного исполнения. Модули отличаются следующим.

У параллелограммного модуля углы α_1 и α_2 находятся в разных квадрантах (например, α_1 принимает значения в пределах 95-185^0, а α_2 значения в пределах 5-85^0, либо угол α_1 5-185^0 , а угол α_2 в пределах 95-185^0). Ведущий и ведомый кривошипы вращаются в одном направлении.

У антипараллелограммного модуля углы α_1 и α_2 находятся в одном квадранте, принимают значения либо в диапазоне 5-85^0, либо в диапазоне 95-185^0. В этом модуле кривошипы вращаются в разных направлениях.

В промежуточном типе модуля угол α_1 принимает значения в пределах 5-60^0, а угол α_2 только значение 90^0. По рабочим параметрам промежуточный модуль имеет средние показатели по отношению к показателям параллелогрммного и антипараллелограммного модулей.

К однопериодному внутреннему режиму отнесено и воздействие на материал средними значениями максимальной и минимальной скоростей и сил инерции [5], а также движение рабочих элементов, изменяющихся по квазисиносуидальному закону [6].

Следующий вариант первой группы воздействия по дважды изменяющемуся закону представлен графиком, изображенным на рис. 1в [4]. Такое движение лопастей мешалки или корпуса смесителя способствует большей степени воздействия инерционных сил на обрабатываемый материал.

Однако реализовать этот вариант режима работы ни одним из трех типов модулей невозможно.

Для реализации данного варианта по заданному закону наиболее приемлемым будет один из шарнирно рычажных механизмов с особой структурой и имеющих только вращательные шарниры, поскольку они проще в изготовлении, надежнее и долговечнее других передаточно-преобразующих механизмов. В практическом использовании целесообразны модули с углами a_2=30, 45, 60 и 90^0, как наиболее технологичные в изготовлении, но при необходимости возможны модули и с другими углами [13, 14, 15].

Преобразующий механизм под дважды изменяющийся закон воздействия можно образовать объединением двух одинаковых модулей с равными звеньями. Соединяют два звена, две стойки и два шарнира в один, общие звенья отбрасывают, две стойки объединяют одним звеном. У механизма стало четыре подвижных звеньев-два кривошипа и два шатуна и неподвижное звено-стойка [12].

Многопериодная внешняя группа воздействия представлена несколькими вариантами исполнения. В основе вариантов этой группы положено последовательное увеличение частоты вращения лопастей или емкости смесителя, затем резкое уменьшение частоты до определенного значения [5].

Характер воздействия иллюстрируется графиками, где на рис. 2. представлен стационарный режим работы, а на рис. 3 – многопериодный внешний режим работы.

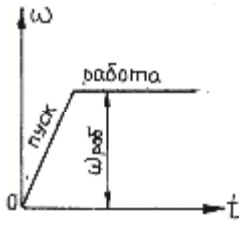


Рис. 2. График воздействия в известном режиме

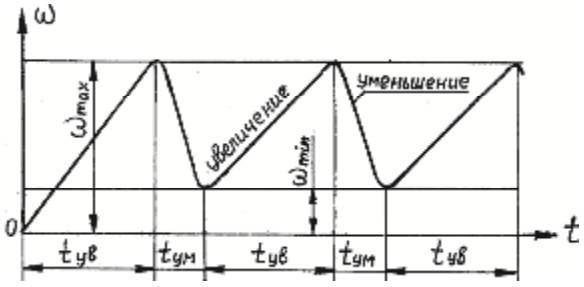


Рис. 3. График многопериодного внешнего режима работы

На графике рис. 2 видно, что воздействие, например, рабочих лопастей на перемешиваемые компоненты переменно только во время пуска устройства в работу, в этот период происходит активное смесеобразование, затем работа идет с постоянным воздействием и наступает ламинарный процесс, при котором в корпусе мешалки имеются зоны не участвующие в смесеобразовании. Процесс длится продолжительное время при неудовлетворительном качестве однородности смеси и повышенных энергозатратах. То же самое происходит и в емкости смесителей.

Многопериодный внешний режим работы (рис. 3) характеризуется тем, что вращение лопастей или емкости смесителей всегда переменно, при этом всегда происходит силовое переменное воздействие инерционных сил, которые обеспечивают турбулентный процесс смесеобразования. Однородность смеси достигается до требуемого значения за значительно меньшее время, уменьшаются и энергозатраты.

Как видно из графика, воздействие на материал идет по закону прямой линии до какого-то значения ω_{max}, Продолжительность ($t_{ув}$) увеличения скорости до максимального значения зависит, например, от свойств перемешиваемой среды, объема емкости, типа и геометрии рабочего органа, типа емкости и наличия внутри перегородок, глубины воронки, энергозатрат и т.д. Для каждого конкретного случая $w_{мах}$ и $t_{ув}$ определяются экспериментально.

При таком режиме работы при увеличении скорости лопасти воздействуют на материал, а при снижении скорости перемешиваемый материал действует на лопасти и соседние слои потока и создает свое поле воздействия, причем это поле переменно по различным направлениям.

В результате такого цикла взаимодействия рабочих органов и перемешиваемой средой всегда возникают переменные по величине и направлению инерционные силы, которые и создают хорошие условия для того или иного технологического процесса (перемешивание различных материалов, распределение взвешенных частиц в объеме жидкости или предотвращение их оседания, выравнивание температуры в объеме перемешиваемой среды, теплообмен, массообмен, мойка и очистка изделий и т.п.).

После увеличения-уменьшения скорости лопастей или емкости смесителей воздействие производят до достижения необходимого уровня готового продукта. Количество циклов определяется экспериментальным путем в каждом конкретном случае.

По другому варианту многопериодного внешнего режима работы вращение доводят до критической величины [8]. Под критической частотой вращения понимается такая частота, выше которой проводить процесс перемешивания нецелесообразно. Например, в аппаратах с мешалкой образуется воронка, глубина которой может достигнут ступицы и самих лопастей, при этом перемешиваемая среда вытесняется к стенкам емкости и при открытой крышке она может выплескиваться из корпуса.

Значение $n_{кр}$ находят методом последовательных приближений, добиваясь такого положения, чтобы удовлетворялось условие $h_в<h_с$, здесь $h_в$ – глубина воронки, $h_с$ – высота уровня среды в спокойном состоянии до плоскости вращения мешалки.

После достижения критической частоты вращения лопастей производят снижение частоты до минимальной величины за меньшее в четыре раза времени увеличения. Воздействие в таком режиме проводят до готовности продукта по всем показателям качества.

Следующий вариант многопериодного внешнего режима заключается в том, что воздействие рабочих органов производят до частоты вращения выше критической, а затем уменьшают частоту за время в пять раз меньшее времени увеличения [9]. Такое соотношение времени цикла способствует более резкому проявлению инерционных составляющих как в направлении от источника воздействия к среде, так и обратное воздействие от среды к источнику, в этом случае увеличивается и общее движение среды во всех направлениях. Такое исполнение воздействия рабочих органов способствует интенсификации процесса смесеобразования, отвечающего всем требованиям конечного продукта.

Следует отметить, что в многопериодном внешнем режиме работы возможны различные варианты воздействия на обрабатываемый материал.

Суть четвертого варианта воздействия заключается в том, что вращение, например, лопастей проводят в два приема, увеличение вращения до критической частоты, замедление до 10-20 %, увеличение до критической, замедление до 40-50 % от критической частоты и далее цикл повторяется [10].

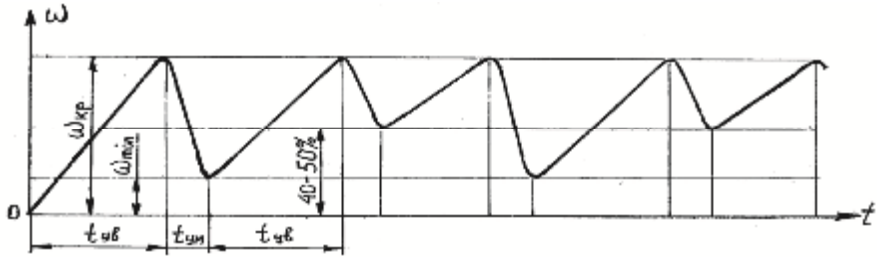


Рис. 4. График изменения частоты вращения четвертого варианта многопериодного режима

Сущность способа поясняется графиком рис. 4, где показаны изменения частоты вращения лопастей мешалки.

В отмеченных вариантах многопериодного внешнего режима работы регулирование частоты вращения лопастей или корпуса смесителей осуществляется известными способами.

У электродвигателей постоянного тока регулируют частоту, например, сопротивлением в цепи якоря или в цепи обмотки возбуждения.

У электродвигателей переменного тока регулируют автотрансформатором, двойной роторной обмоткой (двуклеточные), двигатели с глубоким пазом, переключением со звезды на треугольник.

Удобный способ регулирования частоты вращения вала электродвигателей постоянного и переменного токов посредством частотных преобразователей. Широко распространен, например, малогабаритный частотный преобразователь типа Prostar PR6100.

Третья группа воздействия на обрабатываемый материал – универсальная. Эта группа образуется объединением однопериодного внутреннего воздействия с многопериодным внешним воздействием.

Сущность этой группы воздействия иллюстрируется графиком рис. 5 изменения частоты вращения рабочих органов.

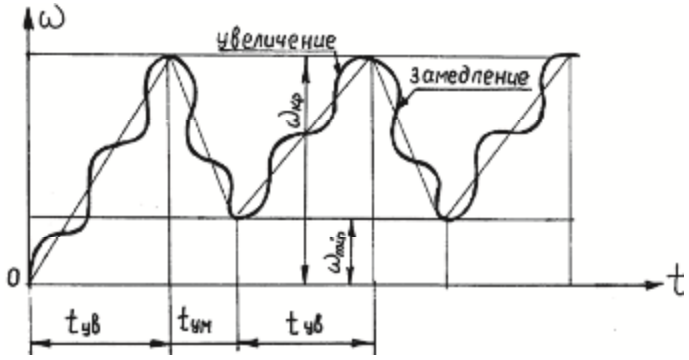


Рис. 5. Характер скорости универсального воздействия

Из графика рисунка видно, что частота вращения изменяется по условию однопериодного внутреннего воздействия и одновременно по условию многопериодного внешнего воздействия на обрабатываемый материал. Так, сначала частота вращения увеличивается до критического значения, затем идет уменьшение многопериодной частоты до минимального значения, затем цикл повторяется.

Следует отметить, что однопериодное изменение частоты как при увеличении, так и при уменьшении внешней скорости остается одинаковым на каждом из оборотов, т. е. для данного случая амплитуда однопериодного изменения постоянна на каждом обороте. При универсальных способах инерционные силовые импульсы от однопериодного изменения будут складываться с потоками перемешиваемой среды от многопериодного изменения, вовлекая тем самым в активное движение весь объем среды корпуса емкости и увеличивая тем самым интенсивность процесса. Реализация универсальных способов не составляет особой трудности. Для этого электропривод соединяется с исполнительным органом через передаточный пространственный механизм, обеспечивающий однопериодное изменение, а многопериодное изменение достигается регулированием частоты вращения электродвигателя известным способом.

Варианты объединения двух групп воздействия осуществляются в самых разных сочетаниях, всего можно образовать шестнадцать различных комбинаций, т.е. шестнадцать вариантов способов.

При перемешивании однопериодным внутренним, многопериодным внешним и универсальным способами воздействие на перемешиваемый материал осуществляется механическими устройствами, создающими силовое поле определенной величины. Однако такое поле охватывает весь объем корпуса емкости не сразу, а в течении какого-то времени. Сначала создается поток от непосредственного контакта рабочего органа со средой, затем последовательно слой за слоем приходят в движение остальные объемы среды, т.е. на смесеобразование требуется какое-то время.

Предложенный ниже способ перемешивания, импульсный может обеспечить процесс за очень малый промежуток времени [11].

Суть способа заключается в том, что перемешиваемый материал, помещенный в замкнутую емкость, подвергается импульсному силовому воздействию от любого источника, например, микровзрыва. В результате перемешиваемый материал в доли секунды приводится в объемное активное турбулентное движение, в корпусе при этом полностью отсутствуют застойные зоны.

Реализовать способ можно посредством замкнутой емкости, например, в виде полой оболочки 1 (рис. 6).

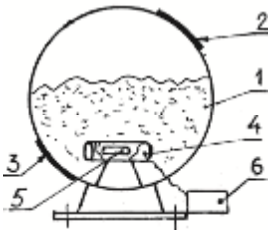


Рис. 6. Схема устройства

Внутри оболочки установлен импульсный силовой источник 4 с зарядным механизмом 5. Оболочка имеет люк 2 для загрузки материала и люк 3 для его выгрузки. Для осуществления управлением рабочим процессом установлено пусковое устройство 6.

При действии импульсного источника, например, микровзрыва происходит объемное движение компонентов, за счет шаровой формы внутренней поверхности оболочки происходят дополнительные многочисленные отражения частиц материала и их активное перемешивание.

Для реализации однопериодного внутреннего и многопериодного внешнего изменений частоты вращения по заданному закону подходят для наших целей шарнирно-рычажные механизмы, содержащие только вращательные шарниры, поскольку они проще в изготовлении, надежнее и долговечнее других передаточно-преобразующих механизмов [13, 14, 15].

При анализе способов однопериодного и многопериодного перемешивания материалов в аппаратах с мешалкой и смесителях выявлено эффективное применение их и в других разделах техники и технологий. Кратко отметим наиболее интересные случаи использования основ разработанных способов в других целях.

Использование способа для передвижения объекта – инерционный двигатель, для механизма привода крыла орнитоптера, в землеройной машине, в устройстве для погружения свай, в устройствах для тренировки вестибулярного аппарата, гребном устройстве, в устройстве для уплотнения грунта, в устройстве для плавсредств.

Выводы

1. Установлено, что существующий способ перемешивания материалов, осуществляемый в перемешивающих устройствах при постоянной угловой скорости рабочего органа не удовлетворяет требований многих технологических процессов, так как он длителен во времени, энергоемок и не обеспечивает высокой однородности смеси.

2. Разработано несколько оригинальных способов воздействия на материал, которые классифицированы по четырем группам: однопериодное внутреннее, многопериодное внешнее, универсальное и импульсное, защищенные девятью авторскими свидетельствами на изобретения.

3. Разработанные способы перемешивания основаны на использовании переменной частоты вращения рабочего органа и дополнительного инерционного воздействия на материал, применимы как в существующих устройствах, так и во вновь проектируемых.

4. Для реализации способов воздействия использованы новые пространственные механизмы с вращательными шарнирами с модулем в трех модификациях: параллелограммном, антипараллелограммном, промежуточном исполнениях.

5. Выявлена универсальность и широта использования новых групп воздействия в других разделах техники и технологий: моечных машинах, устройствах с направленным силовым воздействием (транспортные средства, устройства для уплотнения грунта,

устройствах для вытаскивания свай), устройствах для тренировки вестибулярного аппарата, смесителях-галтователях и т.д.

6. Предложенные способы интенсификации представляют собой широкий набор средств, для практической реализации во многих технологических строительных процессах.

Список библиографических ссылок

1. Брагинский Л.Н., Бегачев В.И., Барабаш В.М. Перемешивание в жидких средах. – Л.: Химия, 1984. – 331 с.
2. Баранов Д.А., Вязьмин А.В., Гухман А.А. Процессы и аппараты химической технологии. – М.: Логос, 2000. – 478 с.
3. Процессы и аппараты химической технологии: Учеб. Пособие для вузов. / Под ред. А.А. Захаровой. – М.: Издательский центр «Академия», 2006. – 528 с.
4. А.с. № 950216 (СССР). Способ протравливания и устройство для осуществления способа // Мудров П.Г., Мудров А.Г., Галиуллин Ш.Р. Опубл. в Б.И. № 30, 1982.
5. А.с. № 898228 (СССР). Способ сушки сыпучих материалов // Мудров П.Г., Мудров А.Г., Галиуллин Ш.Р., Марданов Р.Ш. Опубл. в Б.И. № 2, 1982.
6. А.с. № 1292832 (СССР). Способ механической обработки материалов // Мудров П.Г., Мудров А.Г., Гетманский А.П. Опубл. в Б.И. № 8, 1987.
7. А.с. № 1590144 (СССР). Способ обработки изделий // Мудров П.Г., Мудров А.Г. Б.И. № 33, 1990.
8. А.с. № 1655353 (СССР). Способ протравливания зерна // Мудров А.Г., Мудров П.Г. Опубл. в Б.И. № 22, 1991.
9. А.с. № 1706840 (СССР). Способ обработки поверхностей деталей // Мудров А.Г., Мудров П.Г. Опубл. в Б.И. № 3, 1992.
10. А.с. № 1668343 (СССР). Способ перемешивания материалов // Мудров А.Г., Мудров П.Г., Буздаев В.В. Опубл. в Б.И. № 29, 1991.
11. А.с. № 1658859 (СССР).Способ протравливания семян и устройство для его осуществления // Мудров А.Г., Мудров П.Г. Опубл. в Б.И. № 24, 1991.
12. А.с. № 617058 (СССР). Устройство для перемешивания жидкостей // Мудров П.Г., Мудров А.Г. Опубл. в Б.И. № 23, 1978.
13. Мудров А.Г. Механизм Беннетта и использование его в технике. – Казань: КГСХА, 1999. – 80 с.
14. Мудров А.Г. Пространственные механизмы с особой структурой (Исследование). – Казань: РИЦ «Школа», 2004. – 180 с.
15. Мудров А.Г. Пространственные механизмы с особой структурой. – Казань: РИЦ «Школа», 2003. – 300 с.

Mudrov A.G. – doctor of technical sciences, professor
E-mail: Alexmudrov42@rambler.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

The ways of intensification of processes of construction technologies

Resume

Given original examples of intensification in a variety of construction techniques, in particular, engaged in mechanical mixing devices, e.g., screens, classifiers, gravamina-sorts. The proposed four groups of exposure to material: the inner one-period, multi-periodic external, universal, impulse. Intensification is achieved by using an adjustable inertial effect on the treated material, the spatial module implemented in three versions: parallelogram, intermediate, antiparallel performance. In the analysis of single-period and multi-period methods of mixing materials in the apparatus with stirrer and mixers revealed the effective application of them in the other sections of engineering and technology. Briefly note the most interesting cases of the use of basic methods developed for other purposes. The use of the method for moving object –

inertia motor, the drive mechanism of the wing of the ornithopter, in the digging machine, the device for piling in devices for training of the vestibular apparatus, the rowing device, the device for compacting soil, the device for boats. Group exposure used in known or newly designed devices has high technical and economic indicators.

Keywords: single-period, multi-period group, the spatial module, a switching device, the spatial mechanisms.

Reference list

1. Braginsky L.N., Bogachev V.I., Barabash V.M. Mixing in liquid media. – L.: Khimiya, 1984. – 331 p.
2. Baranov D.A., Vyazmin A.V., Guhman A.A. Processes and apparatuses of chemical technology. – M.: Logos, 2000. – 478 p.
3. The processes and apparatuses of chemical technology: Textbook. Manual for schools. Ed. by A.A. Zakharova. – M.: Publishing center «Akademiya», 2006. – 528 p.
4. A.S. № 950216 (USSR). Etching method and a device for implementing the method // Mudrov P.G., Mudrov A.G., Galiullin R.S., Publ. in B.I. № 30, 1982.
5. A.S. № 898228 (USSR). The method of drying bulk materials // Mudrov P.G., Mudrov A.G., Galiullin R.Sh., Mardanov R.Sh., Publ. in B.I. №. 2, 1982.
6. A.S. № 1292832 (USSR). The method of mechanical processing of materials // Mudrov, P.G., Mudrov A.G., Hetman A.P., Publ. in B.I. № 8, 1987.
7. A.S. № 1590144 (USSR). Method treatment products // Mudrov P.G., Mudrov A.G. B. I. № 33, 1990.
8. A.S. № 1655353 (USSR). Method of etching of grain // A.G. Mudrov, P.G. Mudrov, Publ. in B.I. № 22, 1991.
9. A.S. № 1706840 (USSR). Method of processing of surfaces of details // A.G. Mudrov, P.G. Mudrov, Publ.in B.I. № 3, 1992.
10. A.S. № 1668343 (USSR). Method of mixing materials // A.G. Mudrov, P.G. Mudrov, Budaev V.V. Publ. in B.I. № 29, 1991.
11. A.S. № 1658859 (USSR). Method treatment of seeds and device for its implementation // A.G. Mudrov, P.G .Mudrov, Publ. in B.I. № 24, 1991.
12. A.S. № 617058 (USSR). Device for mixing liquids // P.G. Mudrov, A.G. Mudrov, Publ. in B.I. № 23, 1978.
13. Mudrov A.G. Bennett Mechanism and its use in engineering / A.G. Mudrov. – Kazan: KGSKHA, 1999. – 80 p.
14. Mudrov A.G. Spatial mechanisms with special structure (Study) / G.A. Mudrov. – Kazan: RIC «School», 2004. – 180 p.
15. Mudrov A.G. Spatial mechanisms with special structure / A.G. Mudrov. – Kazan: RIC «School», 2003. – 300 p.

УДК 691.332
Мухаметрахимов Р.Х. – кандидат технических наук, доцент
E-mail: muhametrahimov@mail.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

Технология изготовления и организация производства цементно-волокнистых плит[1]

Аннотация

В работе представлена технологическая линия и описана технология производства цементно-волокнистых плит по мокрому способу, рассчитан требуемый кадровый состав для организации производства. Учтены финансовые, инновационные, конъюнктурные, коммерческие, сырьевые и отраслевые риски при организации производства. Проведен SWOT-анализ для выявления сильных и слабых сторон, возможностей и угроз. Установлено, что применение цементно-волокнистых плит при строительстве новых и утеплении реконструируемых зданий и сооружений позволит существенно повысить их энергетическую эффективность и улучшить эстетический облик зданий и сооружений.

Ключевые слова: цементно-волокнистые плиты, технологическая линия, организация производства, волокнистые композиционные материалы.

В настоящее время, несмотря на многообразие материалов, из которых изготавливаются фасадные панели, остаются весьма актуальными вопросы получения новых материалов сочетающих высокие декоративные, экологические и эксплуатационные качества, отличающихся низкой себестоимостью по сравнению с аналогами. Одним из таких материалов являются цементно-волокнистые плиты (ЦВП).

Отечественный рынок облицовочных материалов развивается весьма динамично. При этом на фоне снижения спроса на импортные материалы, что объясняется повышением их стоимости, отмечается увеличение продаж отечественной продукции, т.к. качество отечественной продукции растет и не уступает зарубежным аналогам. На данный момент крупнейшими производителями цементно-волокнистых изделий являются заводы в Финляндии (Cembrit Oy), Дании (Cembrit Holding A/S), Бельгии (Eternit концерна ETEX). На территории России ЦВП производятся ОАО «Лато» (плиты Latonit).

В ранее выполненных исследованиях [1] нами разработаны составы цементно-волокнистого композиционного материала для изготовления ЦВП с повышенными физико-механическими свойствами и долговечностью, которые в зависимости от функционального назначения могут быть использованы для облицовки наружных стен зданий, подвесных потолков, легких перегородок, подоконных плит и т.д. Так же исследовано влияние активных минеральных и химических добавок на гидратацию вяжущего и физико-механические свойства ЦВП, изучены особенности формирования структуры и свойств ЦВП с модифицирующими добавками, оптимизированы технологические параметры их изготовления [2-6].

В данной работе описывается технология изготовления и организация производства ЦВП по мокрому способу. На рис. схематично приведена технологическая линия производства ЦВП производительностью 12 млн. м^2 продукции в год. Данная технологическая линия содержит участки подачи сырьевых компонентов, участок подготовки волокнистого материала, участок смешения компонентов, участок формования и прессования изделий, укладчик, участки тепловой и автоклавной обработки изделий, участок готовой продукции.

Технология изготовления ЦВП состоит из следующих технологических операций: распушка волокнистого материала, смешение ее с минеральными заполнителями, цементом и водой, формование изделий, прессование, твердение, механическая обработка.

Распушка целлюлозы осуществляется, как правило, в гидропушителях, до получения заданных характеристик волокон. Приготовление цементно-волокнистых

[1] Работа поддержана Фондом им. Бортника и Инвестиционно-венчурным Фондом РТ

смесей производится в зависимости от способа производства в различных устройствах. Цементно-волокнистая суспензия производится в голлендерах или турбосмесителях, куда подается целлюлозная суспензия после гидравлической распушки, цемент и дополнительное количество воды. Цементно-волокнистые смеси для полусухого и сухого способа производства изделий получают двухстадийным перемешиванием.

Для организации производства ЦВП был рассчитан требуемый кадровый состав, который приведен в табл. 1.

Таблица 1

Кадровый состав для организации производства ЦВП

№ п/п	Должность	Количество сотрудников
	Штатные сотрудники	
1	Главный механик (начальник цеха)	1
2	Инженер-технолог, охрана труда	1
3	Секретарь / офис	1
4	Слесарь (мастер)	1
5	Электромонтажные работы (мастер) / специалист по радиоэлектронике	1
6	Специалист по контролю качества	1
7	Специалист по календарному планированию работ и логистике	1
	Производство листов	
8	Слесарь	1
9	Механик по производству бумажной массы (со средним образованием, с обучением без отрыва от производства)	1
10	Мастер по водоподготовке (со средним образованием, с обучением без отрыва от производства)	1
11	Погрузка сырья/оператор (разнорабочий)	1
12	Оператор – станочник (желательно с образованием в сфере электричества)	1
13	Укладчик и прессовщик (неквалифицированный рабочий, с обучением без отрыва от производства)	1
14	Слесарь обработки листов (неквалифицированный рабочий, с обучением без отрыва от производства)	1
15	Сменный электрик	1
16	Дежурный механик	1
17	Многопрофильный механик	1
18	Начальник смены	1
	Автоклавная обработка	
19	Автоклавная система загрузки и водитель погрузки (неквалифицированный рабочий, с обучением без отрыва от производства)	1
20	Раскладчик листов (неквалифицированный рабочий, с обучением без отрыва от производства)	1
	Погрузка	
21	Руководитель погрузки на складирование (неквалифицированный рабочий, с обучением без отрыва от производства)	2
	Лаборатория контроля качества продукции	
22	Квалифицированный лаборант	1
23	Ассистент лаборанта	1
	Прочее	
24	Слесарь	1
25	Электротехник	1
26	Разнорабочий	3
27	**Итого рабочих мест**	**30**

Формование изделий состоит в отфильтровании воды из цементно-волокнистой массы до необходимого уплотнения и придания заданной формы и размеров. Для повышения однородности смеси, объединения волокон, интенсификации процесса разделения фаз и улучшения физико-технических свойств материала используются флоккулирующие добавки. При необходимости для увеличения плотности и физико-механических характеристик, плиты подвергаются прессованию. Твердение цементно-волокнистых изделий осуществляется в две стадии: предварительное твердение (в пропарочных камерах) и окончательное (в автоклавах). После чего изделия подвергаются механической обработке и при необходимости окрашиванию.

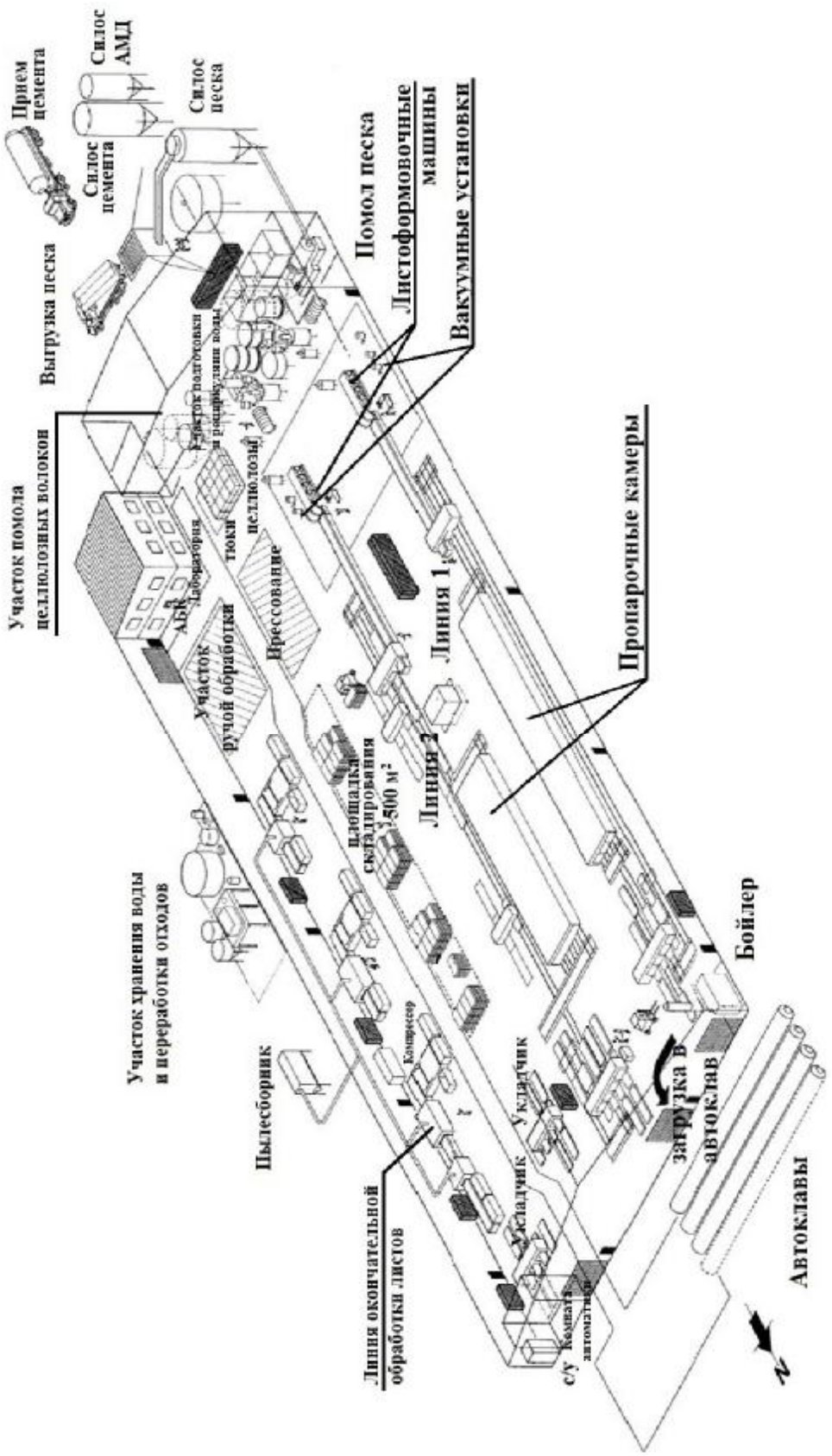


Рис. Технологическая линия производства ЦВП

Производственный процесс оказывает прямое влияние на финансовые результаты организации, поэтому необходимо оценить вероятность появления событий, которые смогут привести к его сбою [7]. Оценка рисков организации производства приведена в табл. 2.

Таблица 2

Риски организации производства ЦВП

Риски	Содержание	Оценка
Финансовые риски	связаны с тем, что объем затрат на освоение производства ЦВП оценен не верно и проект останется незавершенным.	можно считать «умеренными», т. к. имеются расчеты, смета, финансовый план для его реализации.
Инновационные риски	связаны с тем, что предлагаемый продукт может не иметь заявленных свойств на этапе выпуска опытной партии или серийного производства.	можно считать «средними», т.к. имеются положительные результаты НИОКР.
Конъюнктурные риски	связаны с тем, что ЦВП не будут иметь спроса на рынке.	можно считать «высокими», т.к. на рынке присутствует достаточное количество конкурентов.
Коммерческие риски	связаны с тем, что выручка от продажи плит может не покрыть расходов по инвестированию.	можно считать «высокими», т.к. розничная цена будет ниже чем у конкурентов, при их обильном покрытии рынка.
Сырьевые риски	связаны с тем, что для производства ЦВП не будет достаточных источников сырья.	можно считать «средними», т.к. предполагается производство с частичным использованием местной сырьевой базы.
Отраслевые риски	связаны с тем, что изменения в отрасли ЦВП в России и в мире могут сорвать освоение производства ЦВП.	можно считать «средними», т.к. строительный рынок находится на этапе спада.

Для структурированного описания ситуации, относительно которой нужно принять какое-либо решение, выполнен SWOT-анализ, приведенный в табл. 3, который заключается в выявлении факторов внутренней и внешней среды организации и разделении их на четыре категории: Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) [8].

Таблица 3

SWOT-анализ проекта

Сильные стороны	Слабые стороны
1. Повышается безремонтный срок службы ограждающих конструкций за счет применения материала обладающего повышенной долговечностью;	1.Зависимость от кадров в связи с наукоемкостью производства
2. Используются местные строительные материалы (частично);	
3. Основная идея состава цементно-волокнистой смеси и способа его приготовления защищена патентом РФ на изобретение;	2. Для увеличения темпа разработки требуются высококвалифицированные кадры и дополнительное оборудование.
4. Значительно ниже цена в сравнении с конкурентами;	
5. Участие в выставках, конкурсах;	
6. Имеется финансовый и календарный план, смета Проекта.	
Возможности	**Угрозы**
1. На партнерских соглашениях с гос. органами региона и крупными строительными компаниями, тестировать плиты в пределах республики.	1. Сильные конкуренты и их разработки
2. Формирование имиджа надежного производителя ЦВП.	2. Потенциальные потребители продукции имеют налаженные схемы работы с поставщиками аналогичных плит.
3. Подготовка стратегии выхода на рынок и плана маркетинга на ближайший год.	3.Трудности с установлением взаимоотношений с крупными потребителями, для которых характерен высокий уровень бюрократизации и сложности с принятием решений о сотрудничестве.
4. Не занятость ниши на рынке РТ	4. Снижение цен на цементно-волокнистые плиты, что приведет к снижению закупочной стоимости продукта.

Таким образом, SWOT-анализ позволит взглянуть на организацию производства ЦВП в комплексе, а так же поможет выбрать стратегию развития производства.

Заключение

В данной работе описаны технология изготовления и организация производства ЦВП по мокрому способу. Рассчитан требуемый кадровый состав для организации производства. Проведена оценка рисков производства. Проведен SWOT-анализ для выявления наиболее важных для этой технологической линии сильных и слабых сторон, возможностей и угроз.

Реализовать производство ЦВП возможно на действующих предприятиях стройиндустрии в том числе с использованием имеющейся технической базы. Наличие собственного производства цементно-волокнистых материалов на территории Республики Татарстан, позволит восполнить потребность в недорогих, экологически чистых, энергоэффективных, долговечных и эстетически привлекательных отделочных материалах с использованием местной сырьевой базы. Применение ЦВП при строительстве новых и утеплении реконструируемых зданий и сооружений позволит существенно повысить их энергетическую эффективность и улучшить эстетический облик зданий и сооружений.

Список библиографических ссылок

1. Изотов В.С., Мухаметрахимов Р.Х. Повышение физико-механических свойств и долговечности фиброцементных плит на основе целлюлозных волокон // Известия высших учебных заведений. Строительство, 2012, № 9 (645). – С. 101-107.
2. Изотов В.С., Мухаметрахимов Р.Х. Особенности процесса гидратации модифицированного смешанного вяжущего для фиброцементных плит // Строительные материалы, 2014, № 1-2. – 116 с.
3. Мухаметрахимов Р.Х. Снижение энергетических затрат при производстве цементно-волокнистых плит для отделки зданий и сооружений // Энергетика Татарстана, 2015, № 3 (39). – С. 51-55.
4. Фиброцементная смесь: пат. 2486150 Рос. Федерация. № 2012101728/03; заявл. 18.01.2012; опубл. 27.06.2013. Бюл. № 18. – 6 с.
5. Гидрофобизирующий состав для пропитки фиброцементных изделий и способ его нанесения: пат. 2483047 Рос. Федерация. № 2011145985/03; заявл. 11.11.2011; опубл. 27.05.2013. Бюл. № 15. – 6 с.
6. Органоминеральный модификатор для фиброцементных композиций: пат. 2500633 Рос. Федерация. № 2012118735/03; заявл. 04.05.2012; опубл. 10.12.2013. Бюл. № 34. – 5 с.
7. Коробова О.В. Управление рисками предприятий и организаций. Методические указания. – Тамбов: Изд-во ТГТУ, 2006. – 24 с.
8. Майсак О.С. SWOT-анализ: объект, факторы, стратегии. Проблема поиска связей между факторами // Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии, 2013, № 1 (21). – С. 151-157.

Mukhametrakhimov R.Kh – candidate of technical sciences, associate professor
E-mail: muhametrahimov@mail.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Manufacturing technology and organization of production of cement-fiber plates

Resume

The compositions of cement-fiber composite material of earlier studies we have developed for the production of cement-fiber plates with improved physical and mechanical properties and durability. Just study the effect of active mineral and chemical additives on the hydration of the binder and the physical and mechanical properties of cement-fiber plates,

studied features of formation of structure and properties with builders, optimized process parameters for their manufacture.

This paper describes a manufacturing technique and organization of production of cement-fiber wet process. The technological production line which includes the following process steps: fuzz fiber material, mixing it with mineral aggregates, cement and water, molding, pressing, hardening, machining. The required staffing designed for the organization of production. The production process has a direct impact on the financial results of the organization, so it is necessary to evaluate the probability of occurrence of events that could lead to its failure. The estimation of risks of production. Spend a SWOT-analysis to identify strengths, weaknesses, opportunities and threats for the project. It was found that to realize the production of cement-fiber plates is possible at the current construction enterprises, including by using existing technical base.

Keywords: cement-fiber plates, production line, production management, fiber composite materials.

Reference list

1. Izotov V.S., Mukhametrakhimov R.Kh., Improving the physical and mechanical properties and durability of fiber cement boards based on cellulose fibers // Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij. Stroitel'stvo, 2012, № 9 (645). – P. 101-107.
2. Izotov V.S., Mukhametrakhimov R.Kh., Features of the hydration process, the modified mixed binder for fiber cement panels // Stroitelnye materialy, 2014, № 1-2. – 116 p.
3. Mukhametrakhimov R.Kh. Reduced energy consumption in the production of cement-fiber board for decoration of buildings // Energetika Tatarstana, 2015, № 3 (39). – P. 51-55.
4. The fiber cement mixture: the patent 2486150 Russian Federation. № 2012101728/03; It is declared 18.01.2012; it is published 27.06.2013. The bulletin № 18. – 6 p.
5. Repellent composition to impregnate the fiber cement product and method of application: patent 2483047 Russian Federation. № 2011145985/03; It is declared 11.11.2011; it is published 27.05.2013. The bulletin № 15. – 6 p.
6. The organic-modifying agent for fiber cement compositions: patent 2500633 Russian Federation. № 2012118735/03; It is declared 04.05.2012; it is published 10.12.2013. The bulletin № 34. – 5 p.
7. Korobova O.V. Risk management of enterprises and organizations. Methodical instructions. – Tambov: Izdadel'stvo TGTU, 2006. – 24 p.
8. Maisak O.S. SWOT-analysis: the object, the factors that strategy. The problem of finding connections between factors // Prikaspijskij zhurnal: upravlenie i vysokie tehnologii, 2013, № 1 (21). – P. 151-157.

УДК (69.059)
Хасанов Р.М. – генеральный директор
Ладнушкин А.А. – кандидат технических наук, технический директор
Садыков Р.Р. – инженер
Авхадеев Р.Р. – инженер
E-mail: sic_expertiza@mail.ru
ООО Специализированный инженерный центр «Экспертиза»
Адрес организации: 420111, Россия, г. Казань, ул. Профсоюзная, д. 17в

Пространственные монтажные системы при реконструкции главных корпусов предприятий объектов энергетического надзора

Аннотация

На сегодняшний день значительное количество ограждающих конструкций главных корпусов ТЭЦ, ГРЭС, зданий котельных советского периода строительства находится в ограничено работоспособном, либо аварийном состоянии. К наиболее повреждаемым конструкциям главных корпусов предприятий теплоэнергетики, относятся ограждающие конструкции: навесные стеновые панели и ребристые плиты покрытия. Демонтаж аварийных конструкций, при условии обеспечения безопасного производства работ, требует принципиально иной такелажной оснастки и организации демонтажного процесса. В статье описывается новая технология бескранового монтажа для замены ограждающих конструкций главных корпусов электростанций, не требующая остановки основного производственного процесса. На данный момент проведена апробация и внедрение технологии с подтверждением значительного экономического эффекта и получен патент на изобретение.

Ключевые слова: монтажные системы, технология, замена, монтаж, монтажная система, демонтаж, дымовая труба, ограждающие конструкции, метод.

По результатам анализа многочисленных комплексных обследований к наиболее повреждаемым конструкциям главных корпусов предприятий теплоэнергетики, относятся ограждающие конструкции: навесные стеновые панели и ребристые плиты покрытия.

Степень износа конструкций колеблется, в зависимости от места их расположения. Наибольшее количество повреждений в виде расслоения материала конструкции, разрушения наружного слоя и его обрушения, обнажений рабочей арматуры и трещин силового и коррозионного характера имеют стеновые панели верхних рядов по периметру здания, плиты покрытия котельного и деаэраторного отделений. Основными деструктивными факторами являются выделение в производственном процессе большого количества тепла и влаги внутри главного корпуса, значительный температурный градиент, сезонные изменения влажностного режима, снеговые нагрузки, наличие агрессивных компонентов, образующихся при горении топлива. Перечисленные факторы не имеют постоянных характеристик и изменяются в зависимости от технологических процессов и погодных условий.

Выбросы пара и утечки продуктов горения в сочетании с повышенной температурой способствуют активной коррозии бетона и арматуры, особенно в зимнее время, когда конденсация паров происходит либо в толще, либо на поверхности конструкций. К химической коррозии добавляются процессы «замораживания – оттаивания».

На сегодняшний день значительное количество ограждающих конструкций главных корпусов ТЭЦ, ГРЭС, зданий котельных советского периода строительства находится в ограничено работоспособном, либо аварийном состоянии. Вывод из эксплуатации энергопредприятий, для проведения комплекса работ по модернизации либо реконструкции, в большинстве случаев не представляется возможным. Для предотвращения аварийных ситуаций на опасном производственном объекте возникает необходимость своевременной замены строительных конструкций отработавших и исчерпавших свой ресурс. Решение вопросов по замене ограждающих конструкций осложнено большими габаритами главных корпусов, стесненными условиями строительной площадки и ограниченными возможностями использования существующих

монтажных машин и механизмов. Значительно усугубляет условия производства монтажных работ необходимость замены ограждающих конструкций без остановки технологических процессов энергопредприятия. Существующие методы монтажа зачастую не позволяют выполнить весь объем работ, характеризуются большими финансовыми затратами, низкой эффективностью и производительностью работ. Демонтаж аварийных конструкций, при условии обеспечения безопасного производства работ, требует принципиально иной такелажной оснастки и организации демонтажного процесса, в отличие от используемой на этапе строительства.

В основу теоретической схемы технологии бескранового монтажа строительных конструкций легло наличие дымовых труб в составе ТЭЦ и ГРЭС. Предлагается их использования в качестве базового несущего элемента. В этом случае, в рамках поставленных задач видится два варианта расположение элементов монтажной системы с использованием дымовой трубы.

При первом варианте монтажная система «Лакра-1» представляет собой «канатный кран», состоящий из несущей и грузоподъемной системы (рис. 1). Вывешивание, отрыв и перемещение конструкции к месту временного складирования осуществляется переменным удлинением либо уменьшением ветвей монтажной системы.

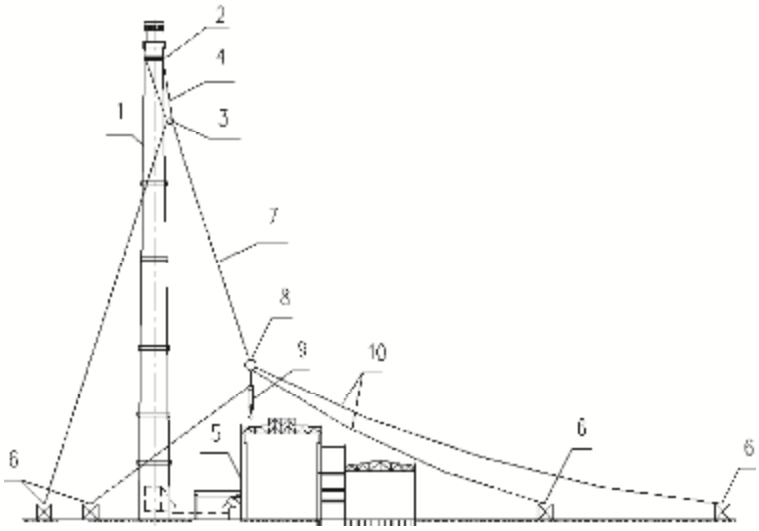


Рис. 1. Монтажная система «Лакра-1»**:** 1 – дымовая труба; 2 – обводной трос; 3 – монтажный блок; 4 – петля; 5 – главный корпус; 6 – электролебедки; 7 – основной трос несущей системы; 8 – стропильной кольцо; 9 – грузоподъемный полиспаст; 10 – оттяжные тросы несущей системы

Несущая система состоит из 3 канатных ветвей. Одна из которых крепится в верхней части на дымовой трубе, при помощи обводного троса, является основным тросом несущей системы. Две других ветви крепятся на земле в максимальном отдалении друг от друга и используются в качестве оттяжек. Места крепления оттяжек на земле несущей системы должны вписываться в генеральный план ТЭЦ или ГРЭС зависят от существующих условий строительной площадки и расположения конструкций здания, требующих замены. В качестве основного тягового механизма используются электрические лебедки необходимой грузоподъемности. Каждая ветвь для обеспечения необходимого тягового усилия может быть снабжена дополнительно полиспастом. Свободные концы трех ветвей сходятся на стропильном кольце, расположенном над демонтируемой конструкции. Подъем конструкции осуществляется с помощью грузоподъемной системы, в состав которой входит монтажный блок или полиспаст, закрепленный на стропильном кольце, и электрической лебедки, расположенной на земле. Перемещение стропильного кольца осуществляется уменьшением либо удлинением ветвей несущей системы при помощи электрических лебедок. Формируется трехветвевая канатная система, обеспечивающая монтаж, демонтаж и перемещение конструкций в зоне находящейся в треугольнике, образованном соединением точек крепления ветвей несущей системы (рис. 2).

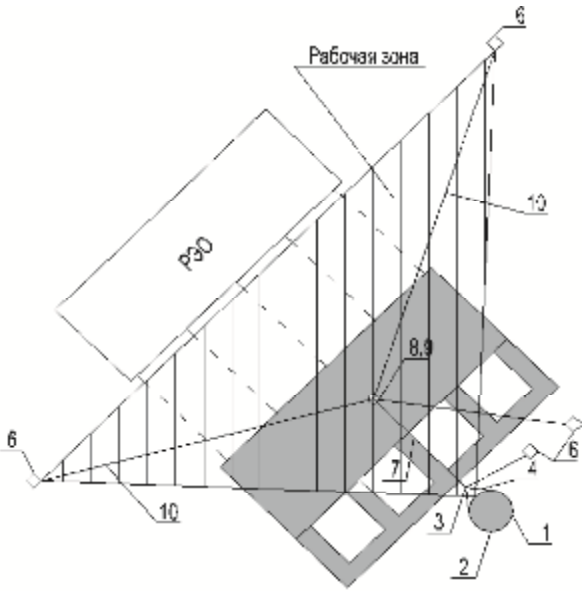


Рис. 2. Стройгенплан:
1 – дымовая труба; 2 – обводной трос; 3 – монтажный блок; 4 – петля; 5 – главный корпус;
6 – электролебедки; 7 – основной трос несущей системы; 8 – стропильной кольцо;
9 – грузоподъемный полиспаст; 10 – оттяжные тросы несущей системы

При необходимости замены только стеновых панелей производственных зданий предлагается иная компоновка монтажно-такелажного оборудования, значительно упрощающая технологию и организацию производства монтажных работ. В монтажной системе «Лакра-2» несущая и грузоподъемная системы совмещены в одну монтажную, состоящую из двух канатных ветвей (рис. 3).

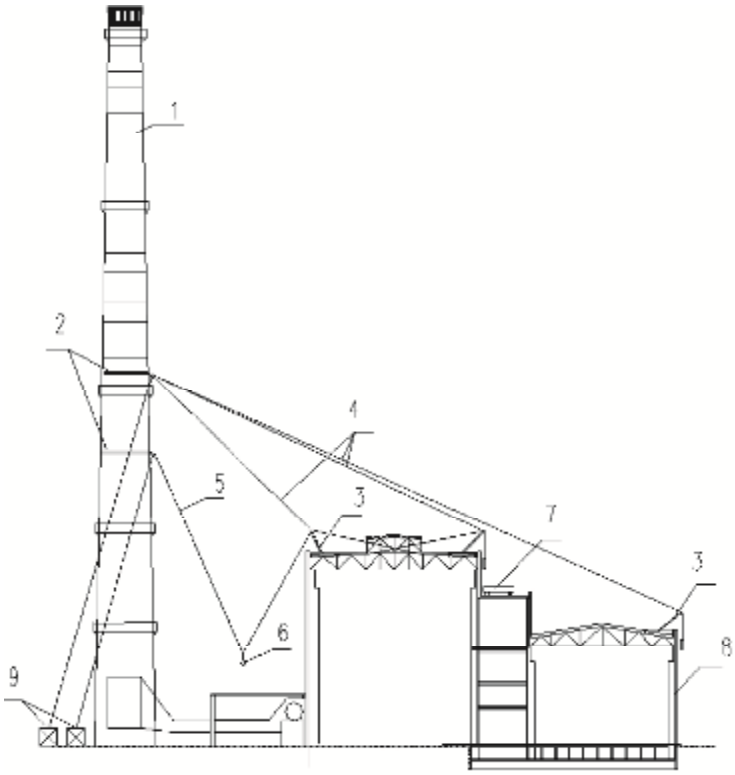


Рис. 3. Монтажная система «Лакра-2»:
1 – дымовая труба; 2- обводной трос; 3 – стрела; 4 – основной трос системы; 5 – оттяжной трос;
6 – грузозахват; 7 – транспортное устройство; 8 – главный корпус; 9 – электролебедки

Одна ветвь проходит через блок, закрепленный на дымовой трубе. Вторая ветвь запасована на стреле, установленной на кровле здания над предполагаемой к замене конструкцией. Для подъема и перемещения груза обе ветви монтажной системы снабжены электролебедками, размещаемых на земле около дымовой трубы. Для предотвращения нагружения плит покрытия производственного корпуса, стрела имеет ширину в опорной части равной ширине шага колонн каркаса и опирается на несущие металлические фермы. Передачи и распределение усилий на узлы фермы осуществляется через металлические балки, являющиеся основанием стрелы.

Для компенсации действия момента, стрела расчаливается к несущим конструкциям кровли главного корпуса. Областью возможного применения при такой компоновке монтажной системы является стеновые панели ближайших осей к дымовой трубе (Г и Д) главного корпуса электростанции.

При необходимости замены стеновых панелей по осям А, Б, В здания монтажная система «Лакра-2» превращается в грузоподъемную систему, состоящую из одной ветви, проходящей через монтажный блок, закрепленный на дымовой трубе и приходящей к электролебедке, установленной на уровне земли. При такой схеме работ монтажная система осуществляет только подъем и опускание конструкций из проектного положения. Транспортировка на приобъектный склад для средних осей осуществляется по смонтированным на кровле здания путям до постоянного торца главного корпуса, откуда опускается до уровня земли при помощи монтажного крана. При производстве работ на оси А стеновая панель сразу перемещается грузоподъемной системой на уровень земли.

Для всестороннего анализа предложенных технологических решений было осуществлено математическое моделирование с определением основных расчетных параметров в конструктивных элементах. Для вычисления усилий в элементах монтажных систем и определения возможных положениях в пределах рабочих зон за основу принят расчет по методу конечных элементов с использованием современных расчетных комплексов. При условии удовлетворительного состояния дымовых труб расчеты показали значительный запас несущей способности и возможность применения их в качестве элемента монтажной системы. Для предварительного анализа применимости технологии бескранового монтажа в условиях конкретной электростанции разработана специальная расчетно-аналитическая программа. Данный расчетный комплекс учитывает деформативность канатов и позволяет рассчитать нагрузки в основных элементах и скомплектовать монтажные системы необходимым грузоподъемным оборудованием и такелажной оснасткой.

На сегодня разработанная технология бескранового монтажа запатентована и использована при капитальном ремонте и реконструкции нескольких опасных производственных объектов Татарстана и Чувашии. Она позволяет дешево, производительно и безопасно выполнить замену отработавших свой ресурс ограждающих конструкций, вне зависимости от их технического состояния в условиях действующего производственного процесса. В зависимости от условий генерального плана, высоты и состояния дымовой трубы возможен монтаж и демонтаж строительных конструкций массой до 15 тонн.

Список библиографических ссылок

1. Броверман Г.В., Гитман И.Б., Гофштейн Г.Е. Монтаж стальных и железобетонных конструкций. – М.: Стройиздат, 1980. – 863 с.
2. Топчий В.Д., Гребенник Р.А., Клименко В.Г. Реконструкция промышленных предприятий в 2 томах. – М.: Стройиздат, 1990. – 591 с.
3. Бурман З.И., Артюхин Г.А., Зархин Б.Я. Программное обеспечение матричных алгоритмов и метода конечных элементов в инженерных расчетах. – М.: Машиностроение, 1988. – 256 с.
4. Смирнов В.А. Висячие мосты больших пролетов. – М.: Высшая школа, 1975. – 368 с.
5. Вычислительный комплекс «Лира». Для прочностного расчета конструкций методом суперэлементов. – Киев: НИИАС, 2002.

6. Ладнушкин А.А., Крайнов Д.С. Способ монтажа и демонтажа строительных конструкций. Патент на изобретение № 2190065. – М. Бюллетень изобретения. № RU (11) 2190065 (13) C1, (51) 7 E04B1/35, E04G23/00 от 09.27.2002.
7. Юдина А.Ф., Ладнушкин А.А. Разработка контруктивно-технологических решений бескранового монтажа при реконструкции промышленных зданий // Доклады 68-й научной конференции профессоров, преподавателей, научных работников, инженеров и аспирантов университета: СПбГАСУ, В 5 ч. I. – СПб., 2011. – 240 с.
8. Дужих Ф.П., Осоловский В.П. Промышленные дымовые и вентиляционные трубы. Справочное издание. – М.: Теплотехник, 2004. – 464 с.

Hasanov R.M. – general director
Ladnushkin A.A. – candidate of technical sciences, technical director
Sadykov R.R. – engineer
Avhadeev R.R. – engineer
E-mail: sic_expertiza@mail.ru
LLC Specialized engineering center «Expertise»
The organization address: 420111, Russia, Kazan, Profsoyuznaya st., 17v

Spatial mounting systems in the reconstruction of the main building of enterprises of the energy supervision

Resume

Nowadays, a considerable amount of envelope of the main building of the Heat and Power Plant, state district power station, boiler buildings of the Soviet period of construction is in limited to operational or emergency condition. The most damaged structures of the main buildings of power enterprises include building envelope: curtain wall panels and ribbed slab. Emergency structures disassembling, ensuring safe performance of work requires a fundamentally different rigging and organization of the disassembling process. In article results of new technology of dismantle or replacement of protecting building designs of the main cases of the enterprises of power system without manufacture stop are resulted. Approbation of technology with acknowledgments of considerable economic benefit is spent and the patent for the invention is taken out.

Keywords: technology, estimate, ropeyard system, installation, rigging, a chimney, panels, method.

Reference list

1. Broverman G.V., Gitman I.B., Gofshtejn G.E. Installation of steel and reinforced concrete structures. – M.: Strojizdat, 1980. – 863 p.
2. Topchij V.D., Grebennik R.A., Klimenko V.G. Reconstruction of the industrial enterprises in 2 vols. – M.: Strojizdat, 1990. – 591 p.
3. Burman Z.I., Artjuhin G.A., Zarhin B.Ja. Software matrix algorithms and the finite element method in engineering calculations. – M.: Mechanical, 1988. – 256 p.
4. Smirnov V.A. The suspension bridges of large spans. – M.: High school, 1975. – 368 p.
5. Computing complex «Lira». For the strength calculation of structures using superelements. – Kiev: NIIAS, 2002.
6. Ladnushkin A.A., Krajnov D.S. Method of Assembly and disassembly of building structures. № RU (11) Patent RF, № 2190065. Bulletin of the invention. (13) C1, (51) 7 E04B1/35, E04G23/00, 09.27.2002
7. Yudina A.F., Ladoshkin A.A. Development of constructive-technological decisions of the ROS Assembly during the reconstruction of industrial buildings // Proceedings of the 68th scientific conference of professors, teachers, scientific workers, engineers and postgraduate students of the University of architecture and civil engineering, 5 In part I. – SPb., 2011. – 240 p.
8. Dugih F.P., Solowski V.P. Industrial chimneys and ventilation pipes. Reference book. – M.: Teplotekhnik, 2004. – 464 p.

УДК 625.724
Николаева Р.В. – кандидат технических наук, доцент
E-mail: nikolaeva1@bk.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

Предложения по проектированию автомобильных дорог с учетом восприятия водителем дорожных условий

Аннотация

В статье рассматривается влияние радиусов кривых в плане автомобильных дорог на риск возникновения дорожно-транспортных происшествий. При проектировании геометрических параметров автомобильной дороги предлагается использовать такие показатели, как рассеивание траектории движения и индекса дискомфорта. Указанные параметры помогут исследовать влияние размеров радиусов кривых в плане на восприятие их водителями. При проектировании автомобильных дорог предлагается использовать передовые технологии визуализации и моделирования дорожного пространства. Это позволит определить взаимосвязь между геометрическими параметрами дороги и поведенческими аспектами водителей, что в свою очередь позволит повысить безопасность дорожной инфраструктуры.

Ключевые слова: автомобильная дорога, радиус кривой в плане, скорость, поперечная сила, водитель.

На основании анализа причин аварийности на автомобильных дорогах и изучения опыта ряда стран установлено, что по вине человеческого фактора совершается 70-75 % ДТП, 3,7 % – по вине водителей профессионалов, 20-22 % – по причине неудовлетворительного состояния дорог, 3-5 % – от неудовлетворительного технического состояния автомобилей [4, 6].

Причины ошибок водителей можно разделить на две составляющие:

1. Внутренние причины: ослабление физиологической способности, ослабление внимания, незнакомая местность и т.д.

2. Внешние причины: дефекты окружающего ландшафта (вводящие в заблуждение), сложность дорожного участка (поворот, крутой уклон), ограничение видимости и т.д.

Устранение внешних причин ошибок водителя совершаемых при движении по автомобильной дороге, можно добиться на стадии проектирования элементов дорожной инфраструктуры. Правильно запроектированная дорога имеет решающее значение для предотвращения человеческих ошибок и способствует снижению аварийности.

Согласно теории системного проектирования, закономерности поведения водителей проявляются в его взаимодействии со средой движения, результатом которого являются скорость и траектория движения. В рамках такого подхода автомобильная дорога понимается как логическая основа деятельности водителя, а основная задача проектирования и организации движения заключается в согласовании параметров среды движения с принципами поведения водителей [2].

При проектировании автомобильных дорог необходимо учитывать, что способность человека реагировать на различные раздражители окружающей среды ограничена. К тому же человек, сидящий за рулем, должен не просто реагировать на изменяющуюся дорожную обстановку, но и осмысливать полученную информацию, принимая оптимальные решения по управлению автомобилем. Последнее в значительной мере определяется параметрами автомобильной дороги и тем, насколько полно учтены при их обосновании характеристики и особенности водителя. Дорога, запроектированная без учета рационального использования нервно-психических и физиологических возможностей водителя, содержит потенциальную опасность возникновения дорожно-транспортных происшествий и не способствует высокой производительности труда.

К факторам влияющим на зрительное восприятие дорожной обстановки водителем можно отнести: скорость движения, время восприятия информации, горизонтальный угол зрения, вертикальный угол зрения, расстояние видимости, уровень глаз, погодные условия, рельеф, время суток.

Транспортно-эксплуатационные качества дороги определяются криволинейностью трассы в плане и профиле. На дорогах с неоднородными условиями движения (крутые повороты, уклоны, чередующиеся с прямыми участками) относительное количество ДТП выше по сравнению с дорогами, обеспечивающими плавные и спокойные условия движения. Анализ статистики аварийности показывает, что 15 % ДТП концентрируются на кривых в плане, что свидетельствует об усложнении условий движений на них по сравнению с прямолинейными участками дороги.

Влиянию параметров кривых в плане на аварийность посвящено много исследований. В исследованиях В.Ф. Бабкова было установлено, что быстрый рост аварийности наблюдается при радиусах кривизны в плане менее 600 м, а условия движения по кривым участкам радиусом 2000 м практически не отличаются от наблюдаемых на прямолинейных участках. Большинство зарубежных исследователей (П. Макбин, Дж. Лейси, Вогг и др.) в качестве критической рассматривали величину кривой, близкой к 500 м. В некоторых исследованиях в качестве аналогичной указывалась величина около 200 м. Позднее. В исследованиях К. Хедмана (Швеция) было установлено, что относительная аварийность с увеличением радиуса кривой в плане резко уменьшается до величины радиуса 1000 м и продолжает постепенно снижаться до тех пор, пока радиус не превысит 3000 м. Зависимость показателя риска ДТП от величины радиуса кривых в плане на дорогах различного типа представлены на рис. 1 [5].

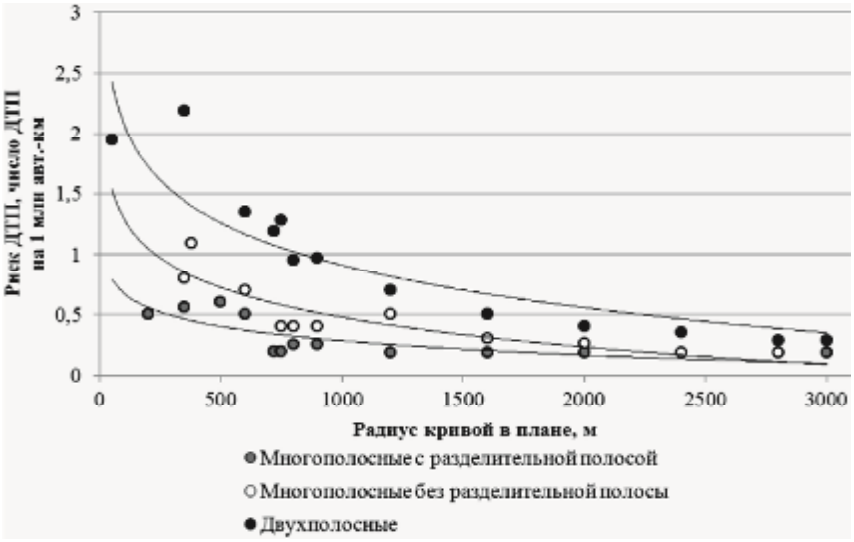


Рис. 1. Зависимость показателя риска ДТП от величины радиуса кривых в плане на дорогах различного типа

Установленные закономерности позволяют сделать вывод о значимом влиянии величины радиусов на кривых в плане, на риск возникновения аварийных ситуаций на дорогах. Необходимо также учитывать возросшие скорости современных автомобилей, т.к. водители при движении на кривых малого радиуса не скидывают скорость, а поддерживают ее за счет спрямления траектории движении с частичным выездом на полосу встречного движения.

Процесс восприятия кривых в плане является сложным процессом и требует исследований междисциплинарного характера в отношении широкого перечня взаимосвязанных элементов: автомобильной дороги, внешних факторов, водителя.

При движении автомобиль движется не по прямой линии на прямых участках и не по кривой постоянного радиуса на поворотах. Водитель, управляя автомобилем, движется с некоторым отклонением от намеченной траектории движения, при этом автомобиль

занимает ширину проезжей части больше его габаритной ширины вследствие поперечных колебаний кузова и «рыскания» автомобиля по курсу. В работе [1] такое движение автомобиля определено показателем рассеивание траектории движения (РТД). Показатель рассеивание траектории движения рассматривается как количественная оценка рассеивания траектории водителя по кривой (t_v), в отношении его средней траектории (t_a). Чем выше значение показателя рассеивание траектории движения, тем сложнее водителю воспринимать изменения геометрических параметров автомобильной дороги.

Показатель рассеивание траектории движения определяется по формуле:

$$РТД = \int_{S=0}^{S=L} \left| t_v(S) - t_a \right| ds \,, \qquad (1)$$

где $t_v(s)$ – отклонение траектории движения автомобиля относительно средней траектории движения на криволинейном участке; t_a – средняя траектория движения водителя на криволинейном участке; L – длина кривой, м.

Рассеивание траектории движения на криволинейном участке автомобильной дороги представлено на рис. 2. При делении показателя рассеивание траектории движения на длину кривой (L), можно сравнивать между собой кривые, которые отличаются радиусом и длиной кривой.

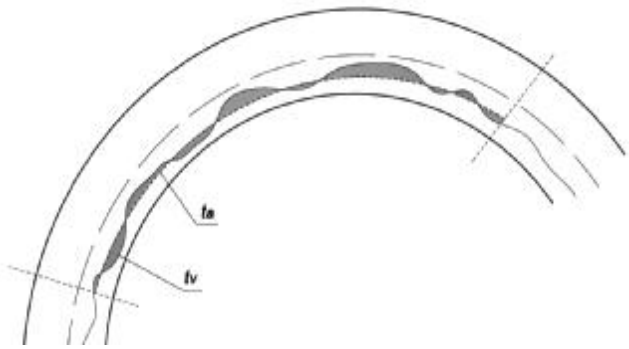


Рис. 2. Рассеивание траектории движения

При проектировании кривых в плане необходимо учитывать расположение транспортного средства по дороге, предполагая правильную и безопасную траекторию движения с учетом поперечной силы, и его влияние в зависимости от размеров радиусов кривых в плане. Исследования показывают, что нервно-психическая напряженность водителей при проезде по кривой малых радиусов возрастает. Так действующая на автомобиль при проезде по кривым малого радиуса поперечная сила оказывает на него ряд воздействий – стремиться сместить его с дороги или опрокинуть, затрудняет управление, снижает комфортность поездки. С учетом этих воздействий определяется допустимые значения коэффициентов поперечной силы [5].

При обеспечении безопасности и удобства движения с расчетными скоростями следует назначать величины радиусов кривых в плане на автомобильных дорогах исходя из наименьших значений коэффициента поперечной силы (μ). Так, при значениях коэффициента поперечной силы μ<0,05 водитель чувствует себя расслабленным, в коре головного мозга происходит интенсивное развитие тормозных процессов. При значениях μ>0,18 возбудительные процессы усиливаются, что приводит к быстрому утомлению водителей. Расслабление, как и излишнее возбуждение, не позволяет водителю объективно оценивать информацию о дорожных условиях, что, в конечном счете, может привести к дорожно-транспортному происшествию.

Основные теоретические предположения: водитель на дороге должен выбирать правильную и безопасную траекторию. Если водитель корректирует траекторию движения автомобиля больше, чем предполагает кривизна дороги, следовательно, такую дорогу можно считать небезопасной.

Влияние на водителя поперечной силы действующей на автомобиль при проезде криволинейных участков, возникающей при коррекции траектории движения водителем можно охарактеризовать показателем – индекс дискомфорта (ИД) [1].

Для каждой кривой можно показатель индекс дискомфорта при проезде по кривой в плане с учетом поперечного ускорения автомобиля (которое соответствует силе, действующей на автомобиль на повороте и направленной от центра траектории движения) по формуле:

$$ИД = \int_{S=0}^{S=L} \left| a_t(S) \right| ds \approx \sum_{i=0}^{N} \left| \left(a_{ti} - \frac{v_i^2}{R_i} \right) \right|, \qquad (2)$$

где a_{tj} – поперечное ускорение автомобиля, м/с^2; v_i – это средняя скорость автомобиля на кривой, м/с; R_i и L – радиус и длина кривой, соответственно, м.

Показатель индекс дискомфорта соответствует площади между линией поперечного ускорения автомобиля и линией среднего значения поперечного ускорения. Изменение показателя индекса дискомфорта на криволинейном участке автомобильной дороги представлено на рис. 3. При делении показателя индекса дискомфорта на длину кривой (L), можно сравнивать между собой кривые, которые отличаются радиусом и длиной кривой.

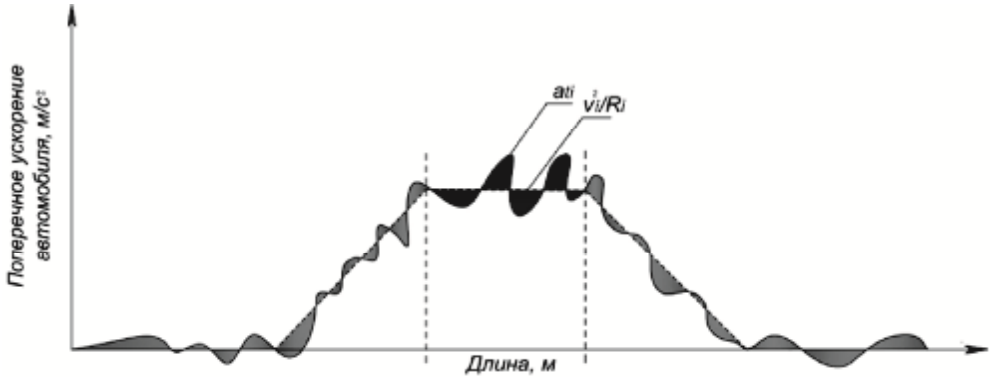


Рис. 3. Индекс дискомфорта

При проезде извилистых участков дороги на скорость движения автомобиля, помимо радиуса закругления существенно влияют геометрические элементы смежных кривых, а также расстояние между ними. Так, с увеличением длины прямой вставки между обратными круговыми кривыми, скорость основной массы автомобилей возрастает. Например, скорость легковых автомобилей 85 и 95 %-ной обеспеченности при длине обеспеченности при длине прямой вставки, равной 85-90 м, выше аналогичных скоростей, реализованных при длине прямой вставки L = 20 м на 25 %, а при L = 35-40 м на 10-12 %. Длину прямой вставки, после достижения которой не происходит возрастания скорости движения основной массы автомобилей, принимают за ее наименьшее допустимое значение. Для кривой радиусом 200 м такая длина равна 50-55 м.

При определенной длине прямой вставки между обратными кривыми можно пользоваться данными, представленными в табл. 1.

Таблица 1

Элемент плана трассы	Радиусы смежных обратных кривых, м						
	50	80	100	125	150	200	250
Наименьшие допустимые длины прямых вставок, м	40	50	60	65	70	80	90

Если длина прямой вставки меньше данных величин необходимо полностью отделить встречные потоки друг от друга. Это возможно путем раздельного трассирования встречных полос движения либо путем устройства разделительных островков. Если длина прямой вставки между обратными кривыми больше приведенных

величин, достаточно осевой разметки, которая одновременно должна запрещать обгон на кривых малых радиусов (R = 250 м), для чего ее следует делать сплошной. Если длина прямой вставки достаточна, а условия видимости благоприятны, целесообразно на обратных кривых с радиусами более 250 м разрешать обгон для легковых автомобилей. Для этого следует наносить осевую пунктирную разметку при разрешении обгона в обоих направлениях.

Известно, что необходимым условием удобного и безопасного движения по автомобильной дороге является его плавность. При этом зрительная плавность участка, при которой взгляд водителя не встречает резких переломов и провалов трассы, оценивается величиной отклонения точек криволинейного отрезка оси дороги от прямой. Эта величина назначается с учетом остроты зрения, которая характеризуется минимальным расстоянием между двумя объектами, различимыми человеком. Минимальное расстояние определяется как проекция основания конуса зрения и вычисляются по формуле:

$$f=L\cdot tg\alpha, \qquad (3)$$

где L − расстояние от точки зрения до плоскости, в которой размещены объекты; α − угол при вершине конуса (угол принимается – 15').

Ниже приведены минимальные значения f, различимые водителем на различных расстояниях L (табл. 2.):

Таблица 2

L, м	550	500	300	250	200
f, м	2,2	2,0	1,2	1,0	0,8

С учетом изложенного, представляется возможным учесть одну из важных характеристик зрения человека при обосновании радиусов кривых в плане и профиле и определить минимальное расстояние между началом горизонтальной кривой и переломом продольного профиля, обеспечивающее своевременное распознавание водителем поворота дороги, совмещенного с переломом профиля.

Жизненный цикл автомобильной дороги представлен последовательностью этапов существования объекта, от идеи и обоснования необходимости в дороге до ее ликвидации. Результатом каждого из этапов является информационная модель объекта определенной детализации, достаточной для принятия решения именно на этом этапе [3].

В процессе проектирования геометрических параметров дороги необходима, также проверка зрительного восприятия дорожной обстановки и оценка возможного поведения водителя, для выявления возможных участков концентрации ДТП на ранних стадиях проектирования и устранения их.

Для достижения более эффективного качества проектирования конструкции и элементов автомобильной дороги, необходимо использовать новые средства и методы моделирования восприятия водителем дорожных условий. Моделирование реальных дорожных условий позволит учитывать человеческий фактор при проектировании дорог. В этой связи рекомендуется визуализации проектируемой дороги и проверка поведения водителя в исследованиях на специально создаваемых симуляторах вождения (тренажерах).

Основная цель такого моделирования, это изучение поведения водителя и восприятие кривых в плане автомобильной дороги, для повышения безопасности дороги.

В частности данная цель имеет две подгруппы целей:

1. Исследование влияния смежных элементов автомобильной дороги в плане на поведение водителя. Задачи, решаемые в данной группе целей:

− проверка влияния предыдущего геометрического элемента дороги на сценарий поведения водителя;

− устранение влияния последовательно идущих кривых в плане и влияние одного элемента на другой.

2. Анализ влияния конструкции автомобильной дороги на параметры вождения, на поведение водителя, выбор скорости движения. Задачи, решаемые в данной группе целей:

− проверка влияния радиуса кривой в плане на поведение водителя и восприятия риска;

− изучение эффектности выбранных параметров кривых;

– оценка влияния видимости дороги на поведение водителя (различия в восприятии риска на кривых при ограниченной видимости).

Передовые технологии визуализации и моделирования дорожного пространства позволят раскрыть взаимосвязь между проектными параметрами дороги и поведенческими аспектами водителя, которые важны для создания более безопасных транспортных систем. Результаты научных исследований в данной области должны находить отражение в нормах на проектирование автомобильных дорог.

Сегодня необходимо совершенствование отечественных норм проектирования автомобильных дорог, которые требует проведения масштабных исследований скоростных режимов движения транспортных потоков с целью создания новых норм проектирования, обеспечивающих безопасность движения и которые позволят обеспечить создание дорожной инфраструктуры, адаптированной к ограничениям и возможностям человеческого потенциала.

Список библиографических ссылок

1. Zakowska L. Operational and safety effects of highway design // Manuscript for 4th International Symposium on Highway Geometric Design. URL: http://www.4ishgd.valencia.upv.es/index_archivos/27.pdf (дата обращения: 15.04.2016).
2. Братков А.Г. Повышение безопасности движения средствами проектирования дорог. URL: http://cyberleninka.ru/article/n/povyshenie-bezopasnosti-dvizheniya-sredstvami-proektirovaniya-dorog (дата обращения: 15.04.2016).
3. Скворцов А.В., Сарычев Д.С. Жизненный цикл проектов автомобильных дорог в контексте информационного моделирования // САПР и ГИС автомобильных дорог, 2015, № 1 (4). – С. 4-14.
4. Стороженко М.С. Некоторые аспекты повышения безопасности движения на автомобильных дорогах // Вестник ХНАДУ, 2009, № 47. URL: http://cyberleninka.ru/article/n/nekotorye-aspekty-povysheniya-bezopasnosti-dvizheniya-na-avtomobilnyh-dorogah (дата обращения: 15.04.2016).
5. Чванов В.В. Методы оценки и повышения безопасности дорожного движения с учетом условий работы водителя. – М.: ИНФРА-М, 2010. – 476 с.
6. Чванов В.В. Сравнительный анализ международных статистических данных о дорожно-транспортных происшествиях // Сб. науч. тр.: МАДИ (ГТУ). – М., 2000. – С. 111-120.

Nikolaeva R.V. – candidate of technical sciences, associate professor
E-mail: nikolaeva1@bk.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Suggestions for road design taking into account the driver perception of road conditions

Resume

Analysis of causes of accidents on the roads shows that the majority of them occur due to mistakes made by drivers. Causes of driver error can be divided into internal (psycho-physiological condition of the driver) and external (road conditions). The causes of committing driver errors can be achieved at the design stage of the road.

The curves in the plan are 15 % of road accidents, which indicates the complication of the conditions of movement on them compared to straight road segments. When designing roads it is necessary to consider the trajectory of (dispersion of trajectory) and the forces acting on the car (the discomfort index) on curved sections of road.

For estimating the dispersion trajectory and the discomfort index is required to use the technologies of visualization and simulation of road space. This will allow to study the effect of road design on driver behaviour. The results of these studies should be taken into account in the

regulations for design of highways. Properly designed road is crucial to prevent human errors and helps to reduce accidents.

Keywords: road, radius of horizontal curve, speed, shear force, driver.

Reference list

1. Zakowska L. Operational and safety effects of highway design // Manuscript for 4th International Symposium on Highway Geometric Design. URL: http://www.4ishgd.valencia.upv.es/index_archivos/27.pdf (reference date: 15.04.2016).
2. Bratkov A.G. Improving traffic safety by means of road design. URL: http://cyberleninka.ru/article/n/povyshenie-bezopasnosti-dvizheniya-sredstvami-proektirovaniya-dorog (reference date: 09.20.2015).
3. Skvortsov A.V., Sarychev D.S. the Life cycle of the project roads in the context of information modeling // CAD & GIS for roads, 2015, № 1 (4). – P. 4-14.
4. Storozhenko M. S. Some aspects of improvement of traffic safety on highways // Vestnik hnadu, 2009, № 47. URL: http://cyberleninka.ru/article/n/nekotorye-aspekty-povysheniya-bezopasnosti-dvizheniya-na-avtomobilnyh-dorogah (reference date: 15.04.2016).
5. Chvanov V.V. Methods for evaluating and improving road safety, taking into account the working conditions of the driver. – M.: INFRA-M, 2010. – 476 p.
6. Chvanov V.V. Comparative analysis of international statistics on accidents // Coll. scientific. Tr.: MADI (STU). – M., 2000. – P. 111-120.

УДК 628.44
Барышева О.Б. – кандидат технических наук, доцент
E-mail: obbars@mail.ru
Хабибуллин Ю.Х. – кандидат технических наук, доцент
E-mail: a0an@mail.ru
Мельник А.Э. – студент
E-mail: alimelnik@yandex.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1

Развитие метода переработки ТБО с использованием горячей технологии

Аннотация

С каждым годом в мире накапливается все больше твердых бытовых и промышленных отходов. Тратятся крупные суммы, идущие на защиту окружающей среды от отходов жизнедеятельности населения и предприятий. Решение проблемы обезвреживания и утилизации твердых бытовых и промышленных отходов – это сложная научно-техническая задача. Города и мегаполисы задыхаются от неубранных продуктов производства и жизнедеятельности. Это связано с тем, что в этих отходах содержится многообразие веществ и материалов, как часто встречающихся в природе, так и искусственно созданных человечеством, а также в ускоряющимся росте количества этих материалов.

В мировой практике переработки ТБО существует несколько технологических направлений, но ни одно из них пока не решает полностью данную проблему.

Ключевые слова: твердые бытовые отходы, компост, переработка, пиролиз, теплоотдача.

Известны, такие освоенные методы промышленной переработки твердых бытовых отходов (ТБО), как:

- сжигание на мусоросжигательных заводах;
- сепарирование с получением черных и цветных металлов, бумаги, компоста и строительных материалов;
- биогазификация в буртах;
- низко- и среднетемпературный пиролиз – не дает положительного решения проблемы из-за низкой интенсивности процесса (невысокой удельной производительности, малой степени утилизации энергоресурсов ТБО, значительного уровня вторичных отходов и загрязнения окружающей среды, высокой стоимости затрат при переработке ТБО).

Приемлемое решение сложной и актуальной проблемы утилизации ТБО, видимо, возможно только при одновременном достижении:

- огромной интенсивности переработки;
- большого КПД установки;
- минимализации отходов ТБО.

Реализация этих условий в технологическом процессе переработки отходов требует детального изучения кинетики (механизма и скоростей) термохимических процессов, внедрения последних достижений высокотемпературной техники и технологий [1, 2].

Рассмотрим известные методы утилизации ТБО.

1. Самым древним способом утилизации ТБО является его захоронение (рис. 1) [3]. Многие предприятия используют этот метод захоронения, поэтому в городе накапливаются такие отходы, которые по своей токсичности представляют значительную угрозу для здоровья населения города и близлежащих к нему пригородов.

Часто в городе и пригородной черте встречаются несанкционированные свалки, отравляющие все и всех вокруг – это результат того, что некоторые нечестные руководители предприятий хотят сэкономить на утилизации ТБО.

Технология захоронения ТБО состоит в следующем: необходимо спрессовать ТБО до погружения – это снижает объем и удаляет влагу, тем самым не давая возможности активному размножению микроорганизмов.

Конечно же, перед захоронением надо убедится нет ли в ТБО опасных ингредиентов, которые должны быть отсортированы и захоронены на специальном для токсичных веществ полигоне.

На рис. 1 показана схема захоронения ТБО с рекультивацией, т.е. с последующим экологическим восстановлением земель по прошествии определенного времени.

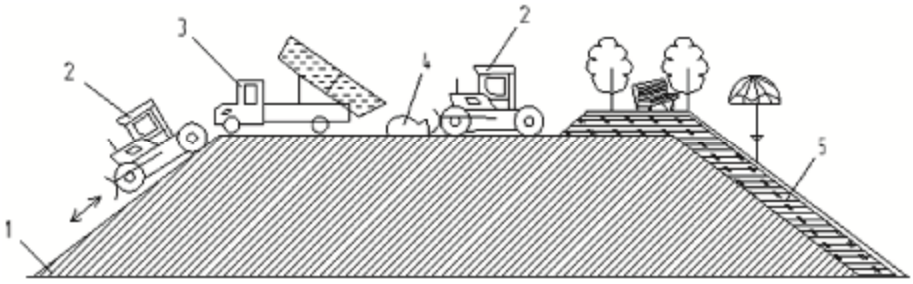


Рис. 1. Захоронение ТБО с рекультивацией:
1 – закрытая свалка ТБО; 2 – бульдозер; 3 – самосвал; 4 – плодородные земли;
5 – рекультивационный слой закрытой свалки

Главным недостатком такого метода является требование огромных площадей, а это условие весьма проблематично для крупных городов и мегаполисов [4].

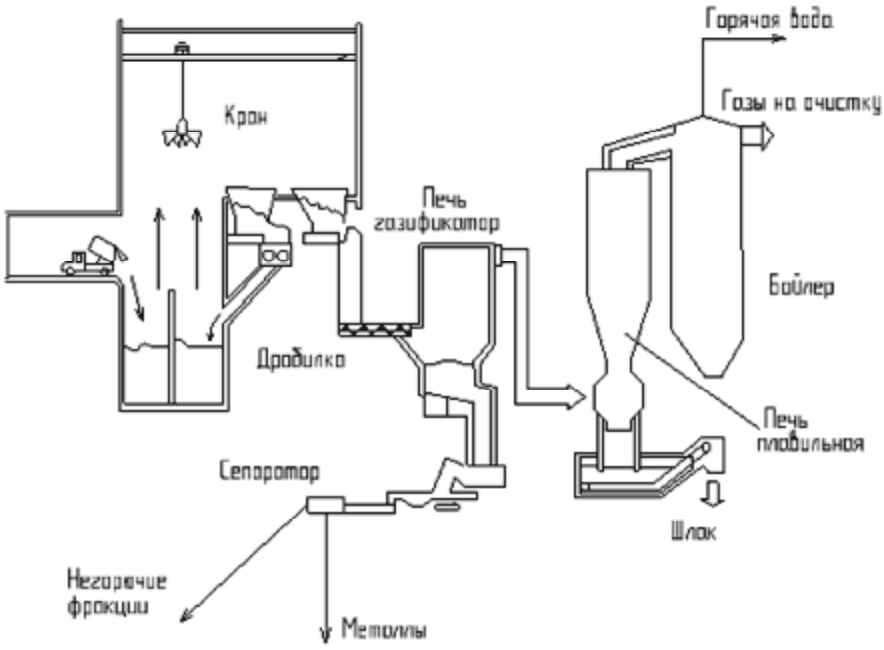


Рис. 2. Комплексная переработка ТБО

Другим распространенным методом утилизации ТБО является комплексная переработка [5], схема которой представлена на рис. 2. Она предусматривает извлечение из ТБО ценных ингредиентов таких как черные металлы, бумагу, стекло и др. Извлеченное железо подвергается термообработке и брикетируется. Бумага также

переводится в бумажную массу, которую впоследствии используют при изготовлении картона, рулонной оберточной бумаги, газет и т.п.

Известен еще один распространенный метод утилизации ТБО – это компостирование (рис. 3).

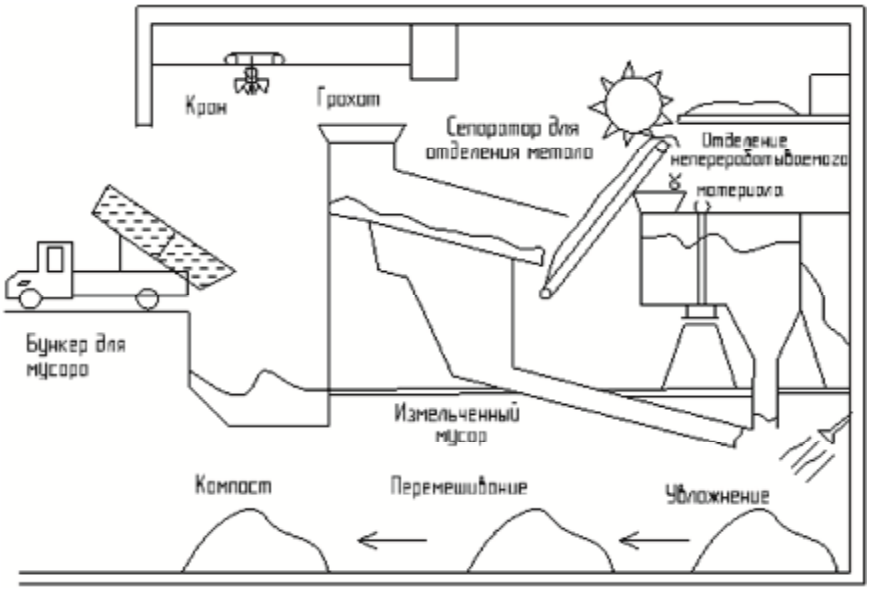


Рис. 3. Компостирование

Цель этого метода – переработка ТБО в компост за счет биохимического разложения органической части [6].

Достоинство метода: применение компоста в качестве удобрения в сельском хозяйстве.

Недостаток метода: высокое содержание цветных металлов в компосте.

Компостирование осуществляется в течение месяца в специальных закрытых тоннелях, бассейнах [7].

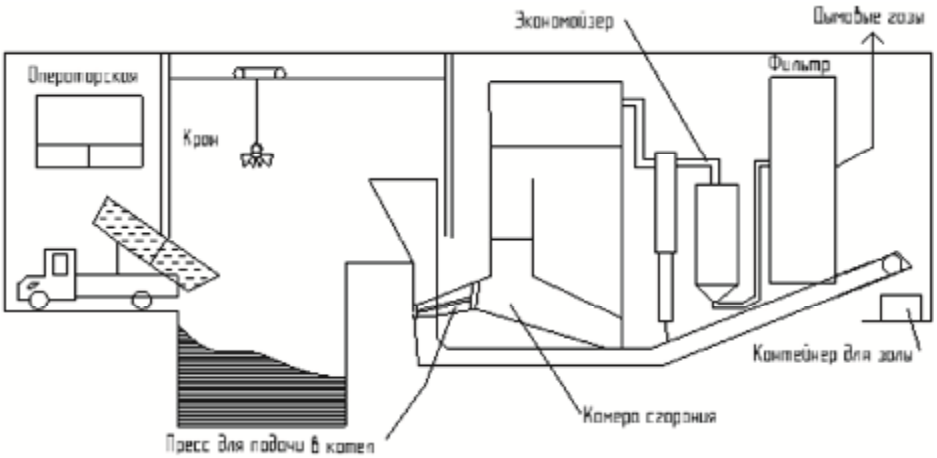


Рис. 4. Сжигание ТБО

И наконец, еще одним часто используемым методом утилизации ТБО является термическая утилизация (или метод сжигания) [8], который представлен на рис. 4.

Достоинством метода является: возможность использования теплоты сгорания ТБО для получения электроэнергии и отопления зданий.

Недостатком метода является: выброс канцерогенных продуктов сгорания в атмосферу.

Теперь рассмотрим предложенную нами технологию утилизации ТБО горячим методом. Для осуществления этого способа переработки ТБО существует барботажная печь. От других установок ее отличает простота конструкции, небольшие габариты, высокая производительность, надежность при эксплуатации.

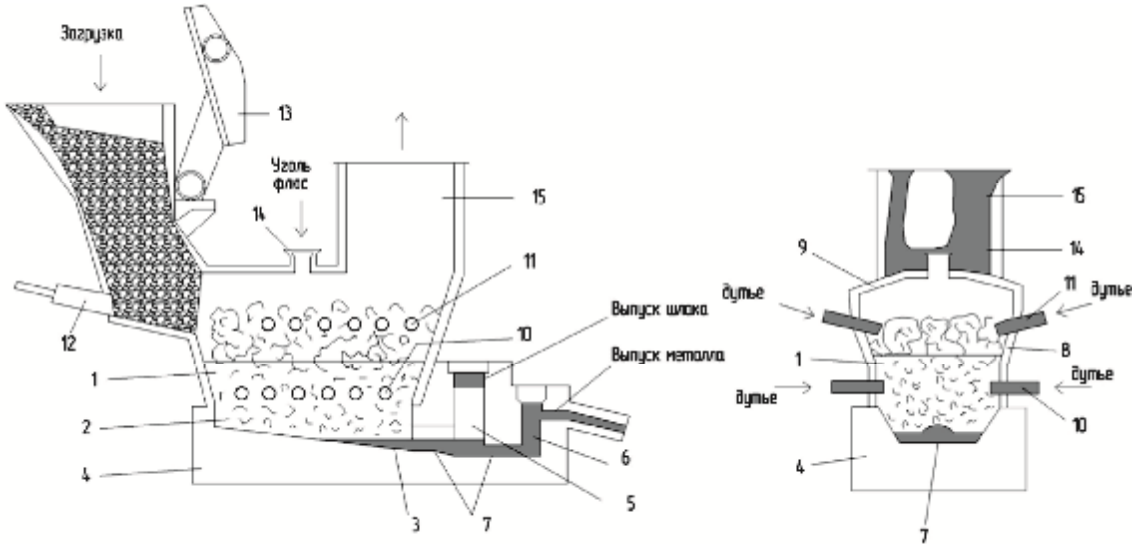


Рис. 5 Утилизация ТБО горячим способом:
1, 2 – слой шлака; 3 – слой металла; 4 – огнеупорный под;
5, 6 – сифон для выпуска шлака и металла соответственно; 7 – переток; 8 – охлаждаемые стенки;
9 – охлаждаемый свод; 10, 11 – фурмы для подачи воздуха и топлива соответственно;
12 – загрузочное устройство; 13 – крышка; 14 – загрузочная воронка;
15 – патрубок для отвода газа

ТБО периодически поступают в загрузочное устройство и толкатель проталкивает их в ванную для сбора шлака. Эта ванная обдувается воздухом, обогащенным кислородом на 20 %. Там отходы смешиваются с постоянно перемешиваемым вспененным расплавом. Поскольку режим процесса высокотемпературный (около 1500 °С), то вследствие высокой теплоотдачи отходы подвергаются пиролизу, т.е. разложению органических составляющих при высоких температурах и продукты переработки ТБО приобретают газовую фазу.

Твердая конденсированная минеральная часть ТБО растворяется в шлаке, металл в жидкой конденсированной фазе опускается на под печи, а сами металлические ингредиенты отходов расплавляются, образуя жидкую и газообразную (паровую) фазы.

Как известно, отходы, поступающие на пункты переработки имеют разную теплоту сгорания. Так при низкой калорийности ТБО для того, чтобы тепловой режим, созданный для переработки отходов, был стабильным в барботажную печь в малых количествах подают уголь или природный газ. Для получения шлака необходимого состава в печь грузят флюс.

Состав шлака можно спрогнозировать, получив самые разнообразные композиции для производства стройматериалов, а именно, ингредиенты для минерального волокна, цемента, щебня и др. Из барботажной печи шлак выходит через сифон, попадая на переработку.

Жидкая конденсированная металлическая фаза переработанных при высоких температурах ингредиентов ТБО идет в сифон, сливаясь в ковш и снова попадая на дальнейшую переработку в печи, либо гранулируется, или разливается в специальные чушки.

Продукты сгорания, находящиеся в газовой фазе (продукты пиролиза и газификации отходов, исходящие из ванны) дожигают, до полного сгорания, во избежание выхода канцерогенных веществ – диоксинов и других суперэкотоксикантов. Дожигание производится путём подачи воздуха, обогащенного на 20 % кислородом.

Высокотемпературные печные газы (около 1500 °С), находящиеся в барботажной печи отсасываются дымососом и перегоняются в паровой котел, где происходит их дожигание. Далее газы охлаждаются до определенной температуры и следуют в систему очистки. Перед выбросом их в атмосферу специальными фильтрами газы очищают от вредных примесей и пыли.

Поскольку процесс переработки ТБО высокотемпературный, то в продуктах сгорания наблюдается низкое содержание оксида азота (NO_x) и канцерогенных органических соединений. Также в условиях процесса переработки ТБО, когда ингредиентами продуктов переработки являются щелочные металлы, находящиеся в газовой фазе, газ способствует связыванию фтора, хлора и оксидов серы в безопасные соединения. Такие соединения в виде твёрдых частиц пыли легко улавливаются при очистке газа.

Применение насыщенного кислородом воздуха на 20 % снижает объем продуктов сгорания. Благодаря этому уменьшается выброс суперэкотоксикантов в окружающую среду.

Продуктами конденсированной фазы становится инертный шлак, идущий на вторичную переработку сырья для производства стройматериалов.

Пыль, выбрасываемая вместе с продуктами сгорания, селективно улавливается пылеуловителями, фильтрами, крупная пыль возвращается в барботажную печь для последующей переработки, мелкая пыль как концентрат тяжелых цветных металлов также пригодна для получения вторичного сырья и использования в цветной металлургии.

Выводы:

К преимуществам этого вида переработки ТБО можно отнести:

- решение экологической проблемы – отсутствие в продуктах сгорания полихлорированных дибензодиоксинов и дибензофуранов;
- получение компонентов для вторичной переработки сырья;
- высокую производительность;
- низкий вынос пыли.

К недостаткам этого вида переработки ТБО можно отнести:

- трудоемкость процесса (сортировка ТБО, дробление до нужных размеров, сепарация теплоносителя);
- использование системы дорогой очистки дымовых газов смесью моноокиси углерода и водорода (синтез-газ).

Список библиографических ссылок

1. Бартоломей А.А. Основы проектирования и строительства хранилищ отходов. – М.: АСВ, 2004. – 144 с.
2. Дарулис П.В. Отходы областного города. – Смоленск: Смядынь, 2000. – 520 с.
3. Другов Ю.С. Анализ загрязненной почвы и опасных отходов. – М.: Бином, 2007. – 424 с.
4. Бирман Ю.А., Вурдов Н.Г. Инженерная защита окружающей среды. – М.: АСВ, 2002. – 296 с.
5. Гринин А.С. Промышленные и бытовые отходы: хранение, утилизация, переработка. – М.: ФАИР-ПРЕСС, 2002. – 332 с.
6. Бернадинер М.Н., Шурыгин А.П. Огневая переработка и обезвреживание органических отходов. – М.: Химия, 1990. – 214 с.
7. Артемов Н.И., Середа Т.Г., Костарев С.Н., Низамутдинов О.Б. Технологии автоматизированного управления полигоном захоронения твердых бытовых отходов. – Пермь: НИИ УМиС, 2006. – 266 с.
8. Потапов П.А. Методы локализации и обработки фильтрата полигонов захоронения твердых бытовых отходов. – М.: АСВ, 2004. – 168 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
Melnik A.E. – student
E-mail: alimelnik@yandex.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Development of a method for processing solid waste using hot technology

Resume

Population growth and a general rise in living standards have led to increased consumption of goods and, because of disposable packaging materials, which greatly affected the amount of solid waste.

In all countries of the world in recent decades, the number of solid waste in the form of municipal waste has increased dramatically, reaching an average per capita of 150-300 kg/year. The annual increase for waste is at least 3 %, and in some countries – about 10 %.

Make a waste-free production cannot be just as impossible to make zero waste and consumption. Due to changes in industrial production, changes in living standards, increasing services market has changed significantly qualitative and quantitative composition of the waste.

Solving the problem of recycling of solid gains in recent years is of paramount importance. Therefore, the problem of solid waste disposal or recycling has now become very important. In addition, in connection with the future gradual depletion of natural sources of raw materials for all branches of the national economy is of particular importance full use of all types of industrial waste.

Keywords: municipal solid waste, compost, recycling, pyrolysis, heat emission.

Reference list

1. Bartholomew A.A. Fundamentals of design and construction of waste storage facilities. – M.: ACB, 2004. – 144 p.
2. Darulis P.V. Waste is the regional city. – Smolensk: Smyadyn, 2000. – 520 p.
3. Drugov Yu.S. Analysis of contaminated soil and hazardous waste. – M.: Binom, 2007. – 424 p.
4. Birman Yu.A., Woerden N.G. Environmental Engineering. – M.: ACB, 2002. – 296 p.
5. Grinin A.S. Industrial and domestic waste storage, disposal, recycling. – M.: FAIR-PRESS, 2002. – 332 p.
6. Bernadiner M.N., Shurigin A.P. Fire processing and disposal of organic waste. – M.: Chemistry, 1990. – 214 p.
7. Artemov N.I., Sereda T.G., Kostarev S.N., Nizamutdinov O.B. Technology of automated control landfill solid waste. – Perm: NII UMiS, 2006. – 266 p.
8. Potapov P.A. Methods for localization and treatment of leachate landfills of municipal solid waste. – M.: ACB, 2004. – 168 p.

УДК 533.69.048
Гумерова Л.В. – инженер-конструктор
E-mail: leila_gumerova@list.ru
АО Ракетно-космический центр «Прогресс»
Адрес организации: 443009, Россия, г. Самара, ул. Земеца, д. 18
Гумеров А.В. – кандидат технических наук, старший преподаватель
E-mail: anvar_gumerov@list.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

Сила, возникающая при движении вихревой нити около кругового цилиндра

Аннотация

Определяются зависимости суммарной силы, как интегрированием давления на поверхности цилиндра в неустановившемся потоке, так и импульсным способом. Исследуется необходимость введения в состав комплексного потенциала течения потенциала центрального вихря. Движение вихря рассчитывается методом дискретных источников, расположенных в точках внутренней окрестности контура цилиндра, а также с применением комплексного потенциала. Расчеты показывают, что реальное движение вихревой нити в идеальной жидкости происходит при введении в состав комплексного потенциала течения по теореме об окружности потенциала центрального вихря.

Ключевые слова: теорема об окружности, источник, непроницаемость поверхности, неустановившееся течение, поле скоростей, вихрь в неподвижной точке.

Введение

Согласно теореме об окружности движение вихревой нити около кругового цилиндра определяется комплексным потенциалом [1], содержащим потенциал центрального вихря интенсивности, совпадающей с интенсивностью внешнего вихря. Милн-Томсон в примерах 11, 12 к главе 13 [2] скорость внешнего вихря и давление на поверхности кругового цилиндра определяет с учетом центрального вихря. Например, Джеррард методом дискретных вихрей показывает, что внешний вихрь на поверхности тела образует циркуляцию, обратную собственной [3]. Это противоречит утверждению Милн-Томсона [2], согласно которому циркуляция по любому контуру, охватывающему цилиндр, но не охватывающему вихрь равна нулю. Сарпкайя до статьи Джеррарда потенциал центрального вихря учитывает [4], а после [4] во всех последующих работах [5] этот потенциал отбрасывает. Таким образом, одни исследователи в своих расчетах потенциал центрального вихря учитывают [2], [6], [7], а другие нет [8], [9]. Можно ли исключение центрального вихря обосновать теоремой Кельвина о том, что при баротропном движении идеальной жидкости под действием потенциальных сил циркуляция скорости по замкнутому контуру не изменяется. По другому, применив теорему Кельвина для внезапно стартовавшего из состояния покоя кругового цилиндра можно ли утверждать, что во все моменты времени циркуляция по контуру, охватывающему цилиндр и пелену, равна нулю и центрального вихря не следует вводить. Здесь применение теоремы Кельвина не уместно, так как пелена образуется в результате действия сил трения, т.е. жидкость не является идеальной. Поэтому возникает вопрос о необходимости учета или исключения этого потенциала для получения реального движения вихревой нити. Также представляет практический интерес вопрос о влиянии интенсивности центрального вихря на величину силы, действующей на цилиндр.

В настоящей работе движение вихревой нити рассчитывается методом дискретных источников-стоков, а также с применением комплексного потенциала течения. На основе сравнения результатов расчета делается вывод о необходимости введения в состав комплексного потенциала течения потенциала центрального вихря для получения реального движения вихревой нити в идеальной жидкости. Получены зависимости силы действующей на цилиндр при трех различных интенсивностях центрального вихря g.

Постановка задачи

Пусть в точке $z_1 = r$ несжимаемой невязкой жидкости вне кругового цилиндра радиуса R внезапно образуется вихревая нить, интенсивности Γ. Определим перемещение этого вихря около цилиндра. Комплексный потенциал такого течения вызванного вихрем выражается формулой:

$$F(z) = -\frac{i\Gamma}{2\pi}\ln(z - r) + \frac{i\Gamma}{2\pi}\ln\left(z - \frac{R^2}{r}\right) - \frac{i\gamma}{2\pi}\ln z,$$

где i – мнимая единица, γ – интенсивность центрального вихря. Требуется установить влияние интенсивности γ на движение вихря и на величину силы, действующей на цилиндр. Поэтому силу будем определять при трех значениях γ: $\gamma = 0$, т.е. центральный вихрь отсутствует; $\gamma = \Gamma$ – интенсивность, соответствующая теореме об окружности; $\gamma=\gamma^*$ – случай, при котором вихрь будет оставаться в неподвижной точке.

Расчет интенсивности центрального вихря

Наличие в составе комплексного потенциала течения потенциала инверсионного вихря обеспечивает непроницаемость поверхности цилиндра. При этом вихревая нить движется около цилиндра по круговой траектории. Введение центрального вихря интенсивности Γ замедляет скорость движения вихревой нити, но на ее траекторию не влияет. Является ли такое движение действительным. Может она движется по другой траектории или находится в неподвижной точке. Это можно было бы проверить экспериментально. Однако опытная проверка реального характера движения вихревой нити в идеальной жидкости довольно затруднительно. Поэтому движение вихря определим методом дискретных источников-стоков, расположенных в точках внутренней окрестности контура цилиндра (рис. 1). Этот способ обеспечивает практическую непроницаемость поверхности, и в то же время, в отличие от метода дискретных вихрей, не вносит дополнительной циркуляции по контуру цилиндра [10].

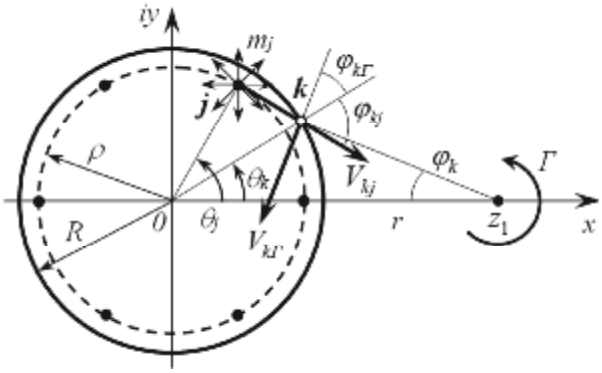


Рис. 1. Расчетная схема

Расположим на окружности радиуса r ($r < R$) n источников с равными интервалами между ними. Тогда комплексный потенциал течения будет описываться функцией:

$$\Phi(z) = -\frac{i\Gamma}{2\pi}\ln(z - r) + \sum_{j=1}^{j=n}\frac{m_j}{2\pi}\ln(z - z_j),$$

где m_j – мощность источника в точке $z_j=\rho_{exp}(i\theta_j)$. Значения m_j найдем из условия равенства нулю в n точках контура цилиндра нормальной скорости от источников и вихревой нити, т.е. из системы линейных алгебраических уравнений:

$$\sum_{j=1}^{n} m_j \times a_{kj} = b_{k\Gamma}, \quad (k = 1,2,\mathbf{K},n).$$

Коэффициенты скоростей от источников a_{kj} и от вихревой нити $b_{k\Gamma}$ определяются как:

$$a_{kj} = \frac{\cos\varphi_{kj}}{2\pi\left|R \times \exp(-i\theta_k) - r \times \exp(-i\theta_j)\right|} = \frac{R - r \times \cos(\theta_j - \theta_k)}{2\pi(R^2 + r^2 - 2Rr\cos(\theta_j - \theta_k))},$$

$$b_{k\Gamma} = \left| \frac{i\Gamma}{2\pi} \times \frac{1}{R \times \exp(-i\theta_k) - r} \right| \times \sin(\theta_k + \psi_k) = \frac{\Gamma}{2\pi} \times \frac{\sin(\theta_k + \psi_k)}{\sqrt{R^2 + r^2 - 2Rr\cos\theta_k}},$$

где $h_k = R\sin\theta_k$, $l_k = R\cos\theta_k$, $z_{jk} = z_k - z_j = R_{exp}(i\theta_k) - \rho_{exp}(i\theta_j)$, $tg\varphi_k = h_k/(r - l_k)$, $\cos\varphi_{kj} = (z_k \cdot z_{jk})/(|z_k| \cdot |z_{jk}|) = (R - \rho\cos(\theta_j - \theta_k))/\sqrt{R^2 + \rho^2 - 2R\rho\cos(\theta_j - \theta_k)}$.

Эту систему линейных уравнений решаем методом Гаусса и определяем значения n источников-стоков m_k. Расчеты показывают, что на верхней полуокружности радиуса r располагаются источники, а на нижней – стоки. Абсолютные значения мощностей $|m_k|$ сверху и снизу при одинаковых значениях координаты x равны между собой.

С найденными значениями мощностей определим скорость вихревой нити и скорость жидкости на противоположной стороне цилиндра:

$$V_r^m = \sum_{k=1}^{n} \frac{m_k}{2\pi} \times \frac{1}{r - r\exp(-i\theta_k)}, \quad V_{-R}^m = \sum_{k=1}^{n} \frac{m_k}{2\pi} \times \frac{1}{-R - r\exp(-i\theta_k)} - \frac{i\Gamma}{2\pi} \times \frac{1}{R + r}.$$

Приведем результаты расчетов при $R=1$, $r=1{,}2R$, $2\Gamma/2\pi=1$ и $n=350$:

– если $\rho=0{,}97R$, то $V_r^m = -i1{,}89384$ и $V_{-R}^m = -i0{,}90907$;

– если $\rho=0{,}95R$, то $V_r^m = -i1{,}89394$ и $V_{-R}^m = -i0{,}90909$.

Сравнение скоростей при $r = 0{,}95R$ и $r = 0{,}97R$ показывает на несущественное влияние значений r в малой окрестности круга на величину скорости.

Вычислим скорости в этих же точках через комплексный потенциал течения без потенциала центрального вихря:

$$V_r^\Gamma = -\frac{i\Gamma}{2\pi} \times \frac{1}{r - R^2/r} = -i2{,}72727; \quad V_{-R}^\Gamma = \frac{i\Gamma}{2\pi} \times \frac{1}{R + R^2/r} - \frac{i\Gamma}{2\pi} \times \frac{1}{R + r} = i\,0{,}0909.$$

Если ввести по теореме об окружности центральный вихрь, то:

$$V_r^\Gamma = \frac{i\Gamma}{2\pi} \times \left[\frac{-1}{r - R^2/r} + \frac{1}{r} \right] = -i\,1{,}8939; \quad V_{-R}^\Gamma = \frac{i\Gamma}{2\pi} \times \left[\frac{1}{R + R^2/r} - \frac{1}{R + r} - \frac{1}{R} \right] = -i\,0{,}9091.$$

Как видим, скорости жидкости, определенные методом дискретных источников при $r = 0{,}95R$ и по комплексному потенциалу с центральным вихрем практический совпадают.

На рис. 2 представлены поля скоростей вне цилиндра. Скорости в узловых точках координатной сетки Zi_1i_2 на рис. 2, *а* определялись без потенциала центрального вихря, т.е. по формуле:

$$V_{i_1i_2}^a = conj\left[-\frac{i\Gamma}{2\pi} \times \frac{1}{z_{i_1i_2} - r} + \frac{i\Gamma}{2\pi} \times \frac{1}{z_{i_1i_2} - R^2/r} \right],$$

а на рис. 2, *б* с учетом потенциала центрального вихря $V_{i_1i_2}^б = V_{i_1i_2}^a + conj(-i\Gamma/2\pi \times 1/z_{i_1i_2})$.

Поле скоростей, построенное по потенциалам источников и внешнего вихря:

$$V_{i_1i_2} = conj\left[\sum_{k=1}^{n} \frac{m_k}{2\pi} \times \frac{1}{z_{i_1i_2} - r\exp(i\theta_k)} - \frac{i\Gamma}{2\pi} \times \frac{1}{z_{i_1i_2} - r} \right]$$

совпадает с полем рис. 2, *б*.

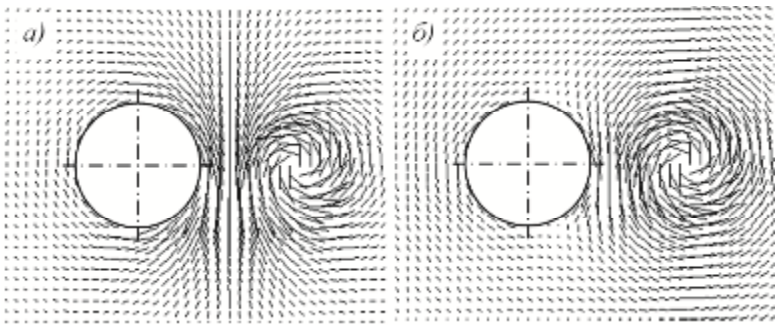


Рис. 2. Поле скоростей около цилиндра в присутствии вихря:
а – поле скоростей без потенциала центрального вихря,
б – с учетом потенциала центрального вихря

Анализ результатов расчетов показывает, что реальное движение вихревой нити в идеальной жидкости происходит при нахождении скорости вихря по комплексному потенциалу, содержащему по теореме об окружности потенциал центрального вихря. Такой комплексный потенциал, интенсивность центрального вихря которого равна интенсивности внешнего вихря, назовем основным. В результате введения дополнительной циркуляции в циркуляцию центрального вихря можно получить другой комплексный потенциал, интенсивность центрального вихря которого обозначим через γ.

Расчет силы, действующей на круговой цилиндр

Расчет скорости движения вихрей методом дискретных источников показывает, что вихревая нить в действительности перемещается по круговой траектории, а ее скорость определяется потенциалами инверсионного и центрального вихрей. При известном положении и скорости вихревой нити можно найти зависимость действующей на цилиндр силы интегрированием давления на поверхности. Эту зависимость можно определить и импульсным способом. Однако в этом случае необходимо знать скорость жидкости в центре круга и в точке инверсии. При отсутствии плоскопараллельного потока будем полагать, что скорости жидкости внутри и вне круга определяется одним и тем же комплексным потенциалом. Если зависимости силы, полученные интегрированием давления и импульсным способом, будут иметь одинаковый вид, то предположение будем считать верным. Поэтому зависимости суммарной силы будем выводить импульсным способом и интегрированием давления на поверхности в неустановившемся течении. Для нахождения влияния величины интенсивности центрального вихря на силу определим зависимости силы при трех значениях γ.

1. $\gamma = 0$ – случай, когда центральный вихрь отсутствует. Тогда комплексным потенциалом скорости является:

$$F(z) = -\frac{i\Gamma}{2\pi}\ln(z - r) + \frac{i\Gamma}{2\pi}\ln\left(z - \frac{R^2}{r}\right).$$

Отсюда скорость движения вихревой нити равна $V_1=-i\Gamma/2\pi\cdot r/(r^2-R^2)$. Скорость вихревой нити совпадает с местной скоростью жидкости. Поэтому вихревая нить силы не создает, т. к. сила образуется только при движении вихря относительно жидкости [11]. Определим скорость жидкости V_u и скорость вихря $V_u^в$ в точке инверсии $z_u = R^2/\bar{z}_1$. Скорость жидкости находим по формуле:

$$V_u = conj\left[d(-i\Gamma/2\pi\times\ln(z - r))\right]/dz\Big|_{z=z_u} = -i\Gamma/2\pi\times r/(r^2 - R^2),$$

а скорость вихря выражается производной от z_u по времени:

$$V_u^в = d(R^2/\bar{z})/dt = -R^2/r^2\times\bar{V}_1 = -i\Gamma/2\pi\times R^2/(r(r^2 - R^2)).$$

Можно заметить, что скорости жидкости в точках внешнего и инверсионного вихрей равны между собой, т.е. $V_u=V_1$. Суммарная сила, определяемая импульсным способом, создается только инверсионным вихрем и равна:

$$Q_u = i\rho\Gamma(V_u - V_u^в) = \rho\Gamma^2/(2\pi r).$$

Она направлена от центра цилиндра к вихревой нити.

Приведем получение этой зависимости силы интегрированием давления на поверхности цилиндра $p_\theta=p_\infty-\rho V_\theta^2/2-\rho\delta\varphi_\theta/\delta_t$. Скорость на контуре цилиндра в зависимости от полярного угла θ изменяется по формуле:

$$V_\theta = conj\left[-\frac{i\Gamma}{2\pi}\times\frac{1}{(R\exp(i\theta) - r)} + \frac{i\Gamma}{2\pi}\times\frac{1}{(R\exp(i\theta) - R^2/r)}\right] = conj\left[\frac{i\Gamma}{2\pi}\times\frac{\exp(-i\theta)(r^2 - R^2)}{R\times p(\theta)}\right],$$

где $p(\theta)=R^2+r^2-2rR\cos\theta$ – расстояние от точки контура цилиндра до вихревой нити. Тогда $V_\theta^2=\Gamma^2(r^2-R^2)^2/(2\pi Rp(\theta))^2$. Определим изменение $\frac{\partial\varphi_\theta}{\partial t}$ от θ:

$$\frac{\partial\varphi_\theta}{\partial t} = conj\left(\frac{i\Gamma}{2\pi}\times\frac{-V_1}{R\exp(i\theta) - (r + V_1\times t)} + \frac{i\Gamma}{2\pi}\times\frac{R^2\bar{V}_1/r^2}{R\exp(i\theta) - R^2/(r + \bar{V}_1\times t)}\right)_{t=0} = \frac{-\Gamma^2}{4\pi^2 p(\theta)}.$$

Суммарная сила давления на цилиндр определяется интегралом:

$$I = -R\int_0^{2\pi} p_\theta\times\exp(i\theta)d\theta = \rho R\int_0^{2\pi}\left(\frac{V_\theta^2}{2} + \frac{\partial\varphi_\theta}{\partial t}\right)(\cos\theta + i\sin\theta)d\theta.$$

Подставляя значения интегралов:

$$\int_0^{2\pi}\frac{\cos\varphi}{p^2(\varphi)}d\varphi=\frac{4\pi Rr}{(r^2-R^2)^3};\ \int_0^{2\pi}\frac{\cos\varphi}{p(\varphi)}d\varphi=\frac{2\pi R}{r(r^2-R^2)};\ \int_0^{2\pi}\frac{\sin\varphi}{p^2(\varphi)}d\varphi=0\ \text{и}\ \int_0^{2\pi}\frac{\sin\varphi}{p(\varphi)}d\varphi=0,$$

получим такую же зависимость суммарной силы:

$$I=\rho r\Gamma^2/2\pi(r^2-R^2)-\rho\Gamma^2R^2/(2\pi r(r^2-R^2))=\rho\Gamma^2/(2\pi r).$$

2. $\varphi = \Gamma$ – случай реального движения вихревой нити, когда скорость жидкости определяется основным комплексным потенциалом. Скорость движения вихревой нити совпадет с местной скоростью жидкости и будет равна:

$$V_1=-\frac{i\Gamma}{2\pi}\times\frac{r}{r^2-R^2}+\frac{i\Gamma}{2\pi}\times\frac{1}{r}=-\frac{i\Gamma}{2\pi}\times\frac{R^2}{r(r^2-R^2)}.$$

Скорости жидкости в центре круга $z_0=0$ и в точке инверсии $z_u=R^2/r$ принимают значения:

$$V_0=i\Gamma/2\pi\times1/(0-r)-i\Gamma/2\pi\times1/(0-R^2/r)=i\Gamma/2\pi\times(r^2-R^2)/rR^2$$

и

$$V_u=i\Gamma/2\pi\times1/(R^2/r-r)-i\Gamma/2\pi\times1/(R^2/r)=-i\Gamma/2\pi\times r(2R^2-r^2)/R^2(r^2-R^2).$$

Скорость перемещения центрального вихря $V_0^в$ равна нулю, а инверсионного вихря равна:

$$V_u^в=R^2/r^2\times V_1=-i\Gamma/2\pi\times R^4/(r^3(r^2-R^2)).$$

Зависимость суммарной силы, выводимая импульсным способом, равна сумме составляющих от центрального и инверсионного вихрей и принимает вид:

$$Q=-i\rho\Gamma(V_0-V_0^в)+i\rho\Gamma(V_u-V_u^в)=\rho\Gamma^2R^2/(2\pi r^3).$$

Перейдем к выводу зависимости силы I интегрированием давления p_θ. Скорость жидкости на контуре круга равна:

$$V_\varphi=i\Gamma/2\pi\times(1/(R\exp(-i\varphi)-r)-1/(R\exp(-i\varphi)-R^2/r)+1/(R\exp(-i\varphi)-0))=$$
$$=i\Gamma\exp(i\varphi)\times(R-r\cos\varphi)/(\pi p(\varphi)).$$

Тогда $V_\varphi^2/2=\Gamma^2(R-r\cos\varphi)^2/(2\pi^2p^2(\varphi))$. Выразим производную $\frac{\partial\psi_\varphi}{\partial t}$ через угол φ:

$$\frac{\partial\psi_\varphi}{\partial t}=\frac{i\Gamma}{2\pi}\times conj\left(\frac{-V_1}{R\times\exp(i\varphi)-(r+V_1t)}-\frac{-V_u^в}{R\times\exp(i\varphi)-(R^2/r+V_u^в t)}\right)_{t=0}=\frac{-\Gamma^2R^2}{4\pi^2r^2p(\varphi)}.$$

$$I=-\rho\int_0^{2\pi}\left(p_\infty-\frac{\rho V_\theta^2}{2}-\rho\frac{\partial\psi_\theta}{\partial t}\right)(\cos\varphi+i\sin\varphi)d\varphi.$$

Выделим в произведении $V_\varphi^2\cos\varphi/2$ целые неотрицательные степени по $\cos\theta$.

$$(R-r\cos\varphi)^2\cos\varphi/p^2(\varphi)=m_1\cos\varphi+m_2+m_3\cos\varphi/p^2(\varphi)+m_4/p^2(\varphi),$$

где $m_1=\frac{1}{4R^2}$, $m_2=\frac{r^2-R^2}{4R^3r}$, $m_3=\frac{3r^4-2R^2r^2-R^4}{4R^2}$, $m_4=\frac{(r^2+R^2)^2(r^2-R^2)}{4R^3r}$.

Учитывая выражения ранее приведенных интегралов, а также интеграл $\int_0^{2\pi}\frac{d\varphi}{p^2(\varphi)}=\frac{2\pi(r^2+R^2)}{(r^2-R^2)^3}$ получим, что $I_1=\rho R\int_0^{2\pi}\frac{V_\varphi^2}{2}\cos\varphi d\varphi=\frac{\rho\Gamma^2R^2}{2\pi r(r^2-R^2)}$. Составляющей силы от функции $\frac{\partial\psi_\varphi}{\partial t}$ будет $I_2=\rho R\int_0^{2\pi}\frac{\partial\psi_\varphi}{\partial t}\cos\varphi d\varphi=\frac{-\rho\Gamma^2R^4}{2\pi r^3(r^2-R^2)}$. Поскольку интеграл $R\int_0^{2\pi}p_\varphi\sin\varphi d\varphi=0$, суммарной силой по давлению будет:

$$I=I_1+I_2=\rho\Gamma^2R^2/(2\pi r^3).$$

Отношение сил случая 1 к случаю 2 определяется как:

$$\rho\Gamma^2/(2\pi r):\rho\Gamma^2R^2/(2\pi r^3)=r^2/R^2.$$

3. $\varphi = \varphi^*$ – случай вихревой нити, находящейся в неподвижной точке. Определим интенсивность центрального вихря, при которой перемещения вихревой нити не происходит, т.е.:

$$V_1=-\frac{i\Gamma}{2\pi}\times\frac{1}{(r-R^2/r)}+\frac{i\varphi^*}{2\pi r}=0.$$

Откуда следует, что $\gamma^*=r^2\Gamma/(r^2-R^2)$. В этом случае течение вокруг цилиндра является установившимся. Скорости жидкости в центре круга V_0 и в точке инверсии V_u выражаются формулами:

$$V_0 = conj\left(-\frac{ir\Gamma}{2\pi R^2} + \frac{i\Gamma}{2\pi r}\right) = \frac{i\Gamma}{2\pi}\times\frac{r^2 - R^2}{rR^2}$$

и

$$V_u = conj\left(-\frac{i\gamma^*}{2\pi}\times\frac{r}{R^2} - \frac{i\Gamma}{2\pi}\times\frac{r}{R^2 - r^2}\right) = \frac{ir\Gamma}{2\pi R^2}.$$

Определим силу импульсным способом, учитывая, что скорости центрального и инверсионного вихрей равны нулю:

$$Q = -ir\Gamma V_u + ir\gamma^*(V_0 - 0) = -ir\Gamma\times\frac{ir\Gamma}{2\pi R^2} + ir r^2\frac{\Gamma}{r^2 - R^2}\times\frac{i\Gamma(r^2 - R^2)}{2\pi r R^2} = 0.$$

Таким образом, если вихревая нить не перемещается, то на цилиндр сила не действует.

Перейдем к нахождению зависимости силы интегрированием давления $p_\theta=p_\infty-\rho V_\theta^2/2$, здесь:

$$V_\theta = conj\left(\frac{i\Gamma}{2\pi}\times\frac{1}{R\exp(i\theta) - r} + \frac{i\Gamma}{2\pi}\times\frac{1}{R\exp(i\theta) - R^2/r} - \frac{i\gamma^*}{2\pi}\times\frac{1}{R\exp(i\theta)}\right) = \frac{i\Gamma\exp(i\theta)p_1(\theta)}{2\pi(r^2 - R^2)p(\theta)},$$

где $p_1(\theta)=3r^2R-2r^3\cos\theta-R^3$.

Тогда:

$$\frac{V_\theta^2}{2} = \frac{\Gamma^2}{8\pi^2(r^2 - R^2)}\times\frac{p_1^2(\theta)}{p^2(\theta)}.$$

Интеграл I, выражающий силу, также находится выделением в подынтегральной функции целых неотрицательных степеней по $\cos\theta$:

$$p_1^2(\theta)\cos\theta / p^2(\theta) = m_1\cos\theta + m_2 + m_3\cos\theta / p^2(\theta) + m_4 / p^2(\theta),$$

где $m_1 = \frac{r^4}{R^2}$, $m_2 = \frac{r(r^2 - R^2)^2}{R^3}$, $m_3 = (r^2 - R^2)^2\times\frac{(3r^4 + R^4)}{R^2}$ и $m_4 = \frac{r(r^4 - R^4)^2}{R^3}$.

Представив интеграл $I = -R\int_0^{2\pi} p_\theta\times\exp(i\theta)d\theta$ как сумму интегралов, получим:

$$I = \frac{r R\Gamma^2}{8\pi^2(r^2 - R^2)}\times\left(m_1\times 0 + m_2\times 2\pi + m_3\times\frac{4\pi R r}{(r^2 - R^2)^3} - m_4\times\frac{2\pi(r^2 + R^2)}{(r^2 - R^2)^3}\right),$$

который также равен нулю.

В завершение нахождения зависимостей силы заметим, что определение зависимости суммарной силы импульсным способом значительно проще. Однако интегрированием давления можно найти не только зависимость суммарной силы, но и силы на отдельные участки поверхности.

Заключение

1. На основе расчетов, проведенных методом дискретных источников и с применением комплексного потенциала скорости, показано, что вихревая нить около круглого цилиндра движется по круговой траектории или находится в неподвижной точке в зависимости от величины интенсивности центрального вихря. Если к цилиндру никакие циркуляции не приложены, то интенсивность центрального вихря согласно теореме об окружности должна быть равна интенсивности внешнего вихря.

2. Одинаковые зависимости силы, полученные импульсным способом и интегрированием давления, показывают, что в случае отсутствия равномерного потока скорости жидкости вне и внутри кругового цилиндра определяются одним и тем же комплексным потенциалом скорости.

3. Если интенсивность центрального вихря γ равна нулю, то суммарная сила, действующая на цилиндр, выражается формулой $Q=\rho\Gamma^2/(2\pi r)$, а если γ равна интенсивности внешнего вихря Γ, то $Q=\rho\Gamma^2R^2/(2\pi r^3)$. Она в r^2/R^2 раз меньше силы, получаемой без центрального вихря. Эта сила направлена от центра цилиндра к вешнему

вихрю. Если же интенсивность центрального вихря такова, что вихревая нить находится в неподвижной точке, то на цилиндр сила не действует.

Список библиографических ссылок

1. Карафоли Е. Аэродинамика крыла самолета. – М.: АН СССР, 1956. – 480 с.
2. Милн-Томсон Л.М. Теоретическая гидродинамика. – М.: Мир, 1964. – 670 с.
3. Gerrard J.H., Numerical Computation of the Magnitude and Frequency of the Lift on a Circular Cylinder // Phil. Trans. Roy. Soc., 1967, Vol. 261, № 1118. – P. 137-162.
4. Sarpkaya T. Lift, Drag and Added-Mass Coefficients for a Circular Cylinder Immersed in a Time-Dependent Flow // ASME Journal of Applied Mechanics, 1963, Vol. 85. – P. 13-15.
5. Sarpkaya T. An Analytical Study of Separated Flow About Circular Cylinders // ASME Journal of Basic Engineering, 1968, Vol. 90, – P. 511-520.
6. Gebert G.A. Determination of Slender Body Aerodynamics Using Discrete Vortex Methods // Journal of Spacecraft and Rockets, 1994, Vol. 31, № 2, March-April. – P. 200-207.
7. David H. Bridges, Hans G. Hornung. Elliptic Tip Effects on the Vortex Wake of an Axisymmetric Body of Incidence // AIAA Journal, 1994, Vol. 32, № 7. – P. 1437-1445.
8. Sarpkaya, T., Schoaff, R. Inviscid Model of Two-Dimensional Vortex Shedding by a Circular Cylinder // AIAA Journal, 1979, Vol. 17, № 11. – P. 1193-1200.
9. Wardlow A. B. Jr. Multivortex Model of Asymmetric Shedding Slender Bodies at High Angle of Attack // AIAA Paper, № 75-123, 1975.
10. Гумеров А.В. Расчет движения вихревой нити вокруг кругового цилиндра методом дискретных вихрей // Известия КГАСУ, 2015, № 4 (33), – С. 433-439.
11. Сэффмэн Ф.Дж. Динамика вихрей. – М.: Научный мир, 2000. – 375 с.

Gumerova L.V. – design-engineer
E-mail: leila_gumerova@list.ru
JSC Space Rocket Centre «Progress»
The organization address: 443009, Russia, Samara, Zemetsa st., 18
Gumerov A.V. – candidate of technical sciences, senior lecturer
E-mail: anvar_gumerov@list.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

The strength that occurs when driving vortex filament around a circular cylinder

Resume

In this paper we investigate the motion of free vortex filaments around a stationary circular cylinder. Tightness of the cylinder surface is provided by the placement of sources in the neighborhood of the points of the inner cylinder circuit. The power sources are determined by the condition of zero normal velocity in the circuit test points. This calculation model, in contrast to the method of discrete vortices does not introduce distortion tangential speed of the cylinder surface.

The rate of flow out of the cylinder calculated as by the complex potential of the potentials of the external and the inversion of the vortices. Thus in one case of the integrated capacity potential entered the central vortex, and no other. We construct the velocity field for these three cases. Based on a comparison of fields it is deemed to be the introduction of the complex potential flow capacity of the central vortex for real motion of the vortex filament in an ideal fluid.

Determined according to the total power per cylinder of the vortex filament, as the integration of surface pressure and pulse method at three different intensities of the central vortex. Calculations indicate the presence of a significant impact on the value of the central vortex of force.

Keywords: the theorem of a circle, source, impermeability surface, unsteady flow, velocity field, a vortex in a fixed point.

Reference list

1. Karafoli E. The aerodynamics of an airplane wing. – M.: AN SSSR, 1956. – 480 p.
2. Milne-Thomson L.M. Theoretical Hydrodynamics. – M.: Mir, 1964. – 670 p.
3. Gerrard J.H., Numerical Computation of the Magnitude and Frequency of the Lift on a Circular Cylinder // Phil. Trans. Roy. Soc., 1967, Vol. 261, № 1118. – P. 137-162.
4. Sarpkaya T. Lift, Drag and Added-Mass Coefficients for a Circular Cylinder Immersed in a Time-Dependent Flow // ASME Journal of Applied Mechanics, 1963, Vol. 85. – P. 13-15.
5. Sarpkaya T. An Analytical Study of Separated Flow About Circular Cylinders // ASME Journal of Basic Engineering, 1968, Vol. 90, – P. 511-520.
6. Gebert G.A. Determination of Slender Body Aerodynamics Using Discrete Vortex Methods // Journal of Spacecraft and Rockets, 1994, Vol. 31, № 2, March-April. – P. 200-207.
7. David H. Bridges, Hans G. Hornung. Elliptic Tip Effects on the Vortex Wake of an Axisymmetric Body of Incidence // AIAA Journal, 1994, Vol. 32, № 7. – P. 1437- 1445.
8. Sarpkaya, T., Schoaff, R. Inviscid Model of Two-Dimensional Vortex Shedding by a Circular Cylinder // AIAA Journal, 1979, Vol. 17, № 11. – P. 1193-1200.
9. Wardlow A. B. Jr. Multivortex Model of Asymmetric Shedding Slender Bodies at High Angle of Attack // AIAA Paper, № 75-123, 1975.
10. Gumerov A.V. Calculation of the movement of vortex filament around the circular cylinder using the method of discrete vortices // Izvestiya KGASU, 2015, № 4 (33). – P. 433-439.
11. Saffman P.G. Vortex dynamics. – M.: Nauchniy mir, 2000. – 375 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 пт с одинарным межстрочным интервалом.

Иллюстрации представить в основных графических форматах (tif, jpg, bmp, gif) с именами Рис. 1, Рис. 2 и т.д. Все объекты должны быть черно-белыми (градации серого), четкого качества. Выравнивание – по центру. Рекомендуемое разрешение – 300 dpi. Названия иллюстраций и подписи к ним набираются шрифтом размером 10 пт с одинарным межстрочным интервалом. Не допускается выполнение рисунков в редакторе Microsoft Word. Минимальный размер иллюстраций – 80x80 мм, максимальный – 170x240 мм.

Для набора формул, которые не возможно набрать в Word, и вставки символов использовать встроенный в Microsoft Word редактор формул Microsoft Equation или Math Type. Формулы в статье, подтверждающие физическую суть исследования (процесса), представляются без развернутых математических преобразований. Формулы компонуются с учетом вышеуказанных полей (при необходимости использовать перенос формулы на следующую строку), помещаются по центру строки, в конце которой в круглых скобках ставится порядковый номер формулы (формулы и их порядковые номера - в таблицах с невидимыми границами). Ссылку на номер формулы в тексте также следует брать в круглые скобки. Следует применять физические величины, соответствующие стандарту СТ СЭВ 1052-78 (СН 528-80).

Иллюстрации, формулы, таблицы и ссылки на цитированные источники, встречающиеся в статье, должны быть пронумерованы в соответствии с порядком цитирования в тексте. При этом, ссылка на литературные источники берётся в квадратные скобки.

Уникальность текста статьи должна составлять не менее 75 %.

ОБРАЗЕЦ ОФОРМЛЕНИЯ СТАТЬИ

УДК 691.33
Иванов И.И. – кандидат технических наук, доцент
E-mail: ivanov@kgasu.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1
разделительный интервал
Современные строительные материалы
разделительный интервал
Аннотация
Текст аннотации (50-100 слов)
Ключевые слова: теплоизоляционные материалы, карбамидные пенопласты, модификация
разделительный интервал
Текст статьи
разделительный интервал
Список библиографических ссылок
разделительный интервал
Ivanov I.I. – candidate of technical sciences, associate professor
E-mail: ivanov@kgasu.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1
разделительный интервал

Modern building material
разделительный интервал

Resume

Текст резюме (150-200 слов)

Keywords: thermal insulating materials, of carbamide foams, updating
разделительный интервал

Reference list*

* Перечень ссылок, переведённый на английский язык (названия изданий не переводить – писать в латинской транскрипции).

Перечень библиографических ссылок обязателен!

Библиографические ссылки представить в соответствии с ГОСТ Р 7.0.5-2008.

Примеры:

1. Баженов Ю.М. Технология бетона. – М.: Изд-во АСВ, 2002. – 500 с.
2. Драновский А.Н. Динамические параметры прочности песков // Сб. научных трудов «Материалы 49-й Республиканской научной конференции». – Казань: КГАСА, 1998. – С. 186-191.
3. Завадский В.Ф., Путро Н.Б., Максимова Ю.С. Поризованная строительная керамика // Строительные материалы, 2004, № 2. – С. 21-22.
4. Корчагина В.И. Исследование в области модификации ПВХ и биполимерных систем на его основе // Автореферат канд. дисс. на соиск. степени канд. хим. наук. – Казань, 1974. – 22 с.
5. Химическая технология керамики: Учеб. пособие для вузов / Под ред. проф. И.Я. Гузмана. – М.: ООО РИФ «Стройматериалы», 2003. – 496 с.
6. Приемопередающее устройство: пат. 2187888 Рос. Федерация. № 2000131736/09; заявл. 18.12.00; опубл. 20.08.02. Бюл. № 23 (II ч.). – 3 с.
7. ГОСТ 9128-97. Смеси асфальтобетонные дорожные, аэродромные и асфальтобетон. – М., 2000. – 15 с.
8. Отчёт по НИР. Инв. № 02200703350. Соколов Б.С. и др. Разработка новых и совершенствование существующих методов расчёта железобетонных и каменных элементов, конструкций зданий и сооружений.
9. Инвестиции останутся сырьевыми // PROGNOSIS.RU: ежедн. интернет-изд. 2006. 25 янв. URL: http://www.prognosis.ru/print.html?id=6464 (дата обращения: 19.03.2007).

Примеры перевода перечня ссылок на английский язык:

1. Bazhenov Yu.M. Technology of concrete. – M: Publishers ASV, 2002. – 500 p.
2. Dranovsky A.N. Dynamic parametres of durability of sand // The collection of proceedings «Materials of 49th Republican scientific conference». – Kazan: KSABA, 1998. – P. 186-191.
3. Zavadsky V.F., Putro N.B., Maksimova Yu.S. Porous building ceramics // Stroitelnye materialy, 2004, № 2. – P. 21-22.
4. Korchagina V.I. Research in the field of updating of PVC and bipolymerous systems on its basis // The master's thesis author's abstract on competition of degree of a Cand. Chem. Sci. – Kazan, 1974. – 22 p.
5. Chemical technology of ceramics: Studies. The grant for high schools / Under the editorship of prof. I.J. Guzmana. – M: LTD RIF « Stroymaterialy», 2003. – 496 p.
6. The send-receive device: the patent 2187888 Russian Federation. № 2000131736/09; It is declared 18.12.00; it is published 20.08.02. The bulletin № 23 (II part). – 3 p.
7. GOST 9128-97. Mixes asphalt-concrete road, air field and asphalt-concrete. – M., 2000. – 15 p.
8. The report on research work. Inv. № 02200703350. Sokolov B.S. and others. Working out new and perfection of existing methods of calculation of ferro-concrete and stone elements, designs of buildings and constructions.
9. Investments remain raw // PROGNOSIS.RU: the daily Internet-edition 2006. 25 jan. URL: http://www.prognosis.ru/print.html?id=6464 (reference date: 19.03.2007).

В список литературы вносятся только опубликованные работы.

Название статьи должно отражать основную идею выполненного исследования, быть по возможности кратким. Аннотация (1 абзац от 500 до 1000 знаков с пробелами) должна ясно излагать содержание статьи и быть пригодной для самостоятельного опубликования.

В разделе **«Введение»** рекомендуется указать нерешенные ранее вопросы, сформулировать и обосновать цель работы и, если необходимо, рассмотреть ее связь с важными научными и практическими направлениями. Могут присутствовать ссылки на публикации последних лет в данной области, включая зарубежных авторов.

Основная часть статьи должна подробно освещать содержание исследований, проведенных автором (авторами). Полученные результаты должны быть освещены с точки зрения их научной новизны и сопоставлены с соответствующими известными данными. Основная часть статьи может делиться на подразделы (с разъяснительными заголовками) и содержать анализ последних публикаций, посвященных решению вопросов, относящихся к данным подразделам.

В разделе **«Заключение»** должны быть в сжатом виде сформулированы основные полученные результаты с указанием их новизны, преимуществ и возможностей применения.

Язык публикации: русский или английский.

Тезисы к публикации не принимаются!

Если статья была или будет направлена в другое издание, необходимо сообщить об этом редакции. Ранее опубликованные статьи к рассмотрению не принимаются.

От авторов в редакцию журнала предоставляются следующие материалы:

- **Два экземпляра статьи в четко распечатанном виде, скрепленные степлером, подписанные автором (ами);**
- **Электронный носитель (**CD-диск. Электронная версия статьи должна соответствовать варианту на бумажном носителе);
- **Две рецензии** (соответствующего уровня) от двух независимых организаций;
- **Экспертное заключение о возможности опубликования, оформленное в организации, откуда исходит рукопись**;
- **Анкета автора (ов) в предлагаемой форме** (заполнить на русском и английском языке).

Материалы к публикации вложить в полиэтиленовый файл.

Датой поступления статьи считается день представления последнего из вышеуказанных материалов.

Представленные авторами научные статьи направляются на независимое закрытое рецензирование специалистам по профилю исследования, членам редакционной коллегии. Основными критериями целесообразности публикации являются новизна полученных результатов, их практическая значимость, информативность. В случае, когда по рекомендации рецензента статья возвращается на доработку, датой поступления считается день получения редакцией ее доработанного варианта. К доработанной статье в обязательном порядке прикладываются ответы на все замечания рецензента. Статьи, получившие отрицательные заключения рецензентов и не соответствующие указанным требованиям, решением редакционной коллегии журнала не публикуются и не возвращаются (почтовой пересылкой). Редакционная коллегия оставляет за собой право на редактирование статей с сохранением авторского варианта научного содержания.

После уведомления редакцией принятия рукописи и согласования сроков её публикации с ответственным исполнителем журнала авторы представляют копию платежной квитанции или справку, подтверждающую обучение автора (ов) в аспирантуре на момент подачи статьи.

Расчет стоимости не зависит от объема текста статьи на странице.

Журнал «Известия КГАСУ» выходит 4 раза в год, тиражом 500 экз. Журнал является подписным изданием и включен в общероссийский каталог ОАО Агентства «РОСПЕЧАТЬ», индекс издания – 36939.

АВТОРЫ, ЯВЛЯЮЩИЕСЯ ЧЛЕНАМИ РЕДКОЛЛЕГИИ И (ИЛИ) ПОДПИСЧИКАМИ ЖУРНАЛА, ИМЕЮТ ПРЕИМУЩЕСТВЕННОЕ ПРАВО НА ОПУБЛИКОВАНИЕ СВОИХ СТАТЕЙ.

СТАТЬИ АСПИРАНТОВ ПУБЛИКУЮТСЯ БЕСПЛАТНО.

Научная статья в полном объеме будет также размещена на официальном сайте «Известия КГАСУ» – электронном научном издании (ЭНИ) http://izvestija.kgasu.ru/ (Свидетельство о регистрации средства массовой информации Эл № ФС 77-31046 от 25.01.2008).

Все материалы направлять по адресу: 420043, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1, ОПИР, комн. 79. Телефон (843) 510-46-39, 236-26-88 (тел./факс). E-mail: patent@kgasu.ru. Ответственный исполнитель журнала – Хабибулин Марат Максутович.

Банковские реквизиты:
КГАСУ
420043, г. Казань, ул. Зеленая, 1
ИНН 1655018025 КПП 165501001
Сч. 40501810292052000002
в ГРКЦ НБ РТ Банка России г. Казань
БИК 049205001
Л/с 20116X06860

Указать назначение платежа: Код дохода: 00000000000000000130 реализация изд. деят-ти.

АНКЕТА АВТОРА(ОВ)

(заполняется в электронном виде отдельным файлом, названным «Анкета», с расширением RTF)

Фамилия, имя, отчество (полностью), **учёная степень,** **звание,** **должность.** **Полное наименование организации, город** (указывается, если не следует из названия организации) (для каждого автора) **Адрес организации**	
Название статьи	
Аннотация (от 50 до 100 слов)	
Ключевые слова (от 5 до 10 слов или словосочетаний)	
Научная тематика статьи	Впишите одну из представленных: • теория и история архитектуры, реставрация и реконструкция историко-архитектурного наследия; • архитектура зданий и сооружений. Творческие концепции архитектурной деятельности; • градостроительство, планировка сельских населенных пунктов; • строительные конструкции, здания и сооружения; • основания и фундаменты, подземные сооружения; • теплоснабжение, вентиляция, кондиционирование воздуха, газоснабжение и освещение; • водоснабжение, канализация, строительные системы охраны водных ресурсов; • строительные материалы и изделия; • гидротехническое строительство; • технология и организация строительства; • проектирование и строительство дорог, метрополитенов, аэродромов, мостов и транспортных тоннелей; • гидравлика и инженерная гидрология; • строительная механика; • экологическая безопасность строительства и городского хозяйства; • информатика, вычислительная техника и управление (в строительстве).
Паспортные данные (номер, кем выдан, дата выдачи, адрес регистрации), **ИНН**	
Адрес для переписки	
E-mail	
Контактные телефоны	

AUTHOR'S QUESTIONNAIRE

(it is filled in electronic type by separate file named «Questionnaire» with expansion RTF)

Full Last name First name, Middle name **Scientific degree,** **Scientific rank,** **Current position.** **Full name of the organization**, **City** (it is noticed if it is not clear from the name of organization) (for each author) **The organization address**	
Title of the article	
Resume (The volume from 150 to 200 words)	
Keywords (from 5 to 10 words or phrases)	
Scientific topic of the article	Include one of the presented: • architecture theory and history, historical and architectural heritage restoration and reconstruction; • houses architecture. The creative concept of architectural activities; • urban development, rural settlements planning; • building structures, houses; • foundations, underground structures; • heating, ventilation, air conditioning, gas supply and lighting; • water supply, sewerage, water conservation construction; • building materials and products; • hydrotechnical construction; • construction technology and organization; • roads, subways, airports, bridges and tunnels design and construction; • hydraulics and engineering hydrology; • construction Mechanics; • ecological safety of construction and municipal economy; • computer science, computer facilities and management (in building).
Mailing address	
Telephone numbers for communication	

Известия КГАСУ
2016 г., № 2 (36)

Гл. редактор: Низамов Р.К.
Учредитель и издатель:
ФГБОУ ВПО «Казанский государственный архитектурно-строительный университет»

Макет и редактирование: Бибикина А.Р.

Адрес редакции: 420043, г. Казань, ул. Зеленая, 1
Тел. для справок: (843) 510-46-39

Журнал зарегистрирован: Регистр. ПИ № ФС77-25136
Электронное периодическое издание: http://izvestija.kgasu.ru Регистр. Эл № ФС 77-31046
Федеральная служба
по надзору за соблюдением законодательства в сфере массовых коммуникаций
и охране культурного наследия.
Индекс издания – 36939
Общероссийский каталог ОАО Агентства «РОСПЕЧАТЬ»

Подп. к печати 22.06.2016 Формат 60x84/8
Заказ 212 Бумага тип. № 1
Усл.-печ. л. 34,75 Уч.-изд. л. 35,25
Тираж 500 экз.
I завод-100

Отпечатано в Издательстве КГАСУ, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1