

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**  
**2011 г., № 3 (17)**

ББК 38  
И 33  
УДК 69

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

**РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:**

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

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

**МЕЖДУНАРОДНЫЙ РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ:**

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

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

**УЧРЕДИТЕЛЬ И ИЗДАТЕЛЬ:**

ФГОУ ВПО «Казанский государственный архитектурно-строительный университет»

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

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

**АДРЕС РЕДАКЦИИ:**

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

---

MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF THE RUSSIAN FEDERATION  
KAZAN STATE UNIVERSITY OF ARCHITECTURE AND ENGINEERING  
MINISTRY OF CONSTRUCTION, ARCHITECTURE AND HOUSING  
OF THE REPUBLIC OF TATARSTAN  
MINISTRY OF TRANSPORT AND ROADS  
OF THE REPUBLIC OF TATARSTAN

## News of the KSUAE 2011 г., № 3 (17)

ББК 38  
И 33  
УДК 69

**Editor-in-Chief:** Dr. tech. sci., prof. Nizamov R.K.

**Deputy Editors-in-Chief:** Dr. tech. sci., prof., corr.-m. AS RT Suleimanov A.M.

### EDITORIAL BOARD:

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

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

### INTERNATIONAL EDITORIAL BOARD:

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

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

### THE FOUNDER AND THE PUBLISHER:

FGEO HHE «Kazan State University of Architecture and Engineering»

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

It is registered by Federal agency on surveillance of legislation observance in sphere of mass communications and cultural heritage protection (the certificate on registration ПИ № ФС77-25136, dated July, 20th, 2006). It is included in the all-Russian catalogue of OAO «ROSPECHAT» Agency; an index of the edition is 36939.

### EDITORIAL ADDRESS:

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



# СОДЕРЖАНИЕ

<b>ТЕОРИЯ И ИСТОРИЯ АРХИТЕКТУРЫ, РЕСТАВРАЦИЯ И РЕКОНСТРУКЦИЯ ИСТОРИКО-АРХИТЕКТУРНОГО НАСЛЕДИЯ</b>	
Балабанова Ю.П. Возникновение и развитие Ленинского сада	7
Габдрахманова Л.А., Айдарова Г.Н., Ланцов В.М. Проект реконструкции улицы Московская города Казани и концепция создания муниципального инновационного центра	15
Григорьев А.А. Типология композиционных решений фасадов в архитектуре функционализма/неофункционализма	27
Данченко Л.В., Керн Т.А. Развитие теории перспективы как средства визуализации архитектурного объекта	33
Заварцева О.А., Ланцов В.М., Куликов Д.А. Проект реконструкции пивоваренного завода Петцольда в городе Казани на основе создания и использования благоприятного инвестиционного климата	39
Надырова Д.А. Здания начальных городских училищ Казани последней трети XIX – начала XX века	48
Нияз Халит, Халитова Наиля. К атрибуции татарской двери из исторического музея Ярославля	53
<b>АРХИТЕКТУРА ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ. ТВОРЧЕСКИЕ КОНЦЕПЦИИ АРХИТЕКТУРНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ</b>	
Короткова С.Г. Адаптационные ресурсы жилой среды для людей с ограниченной мобильностью	57
<b>СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ, ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ</b>	
Куприянов В.Н., Иванцов А.И. К вопросу о долговечности многослойных ограждающих конструкций	63
<b>ОСНОВАНИЯ И ФУНДАМЕНТЫ, ПОДЗЕМНЫЕ СООРУЖЕНИЯ</b>	
Мирсаяпов И.Т., Королева И.В. Расчет несущей способности и осадок оснований фундаментов при длительном действии статической нагрузки	71
Мирсаяпов И.Т., Сафин Д.Р. Экспериментальные исследования НДС грунтового массива при совместном деформировании с ограждающей конструкцией консольного типа в процессе поэтапной разработки котлована	79
<b>ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ, ВЕНТИЛЯЦИЯ, КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ ВОЗДУХА, ГАЗОСНАБЖЕНИЕ И ОСВЕЩЕНИЕ</b>	
Валиуллин М.А., Давыдов А.П. Коэффициент расхода всасывающей щели с внутренним экраном	85
Золотоносоев А.Я., Коныхина И.А. Повышение энергетической и технико-экономической эффективности процесса подогрева трансформаторного масла в цехе маслоподготовки нефтехимического предприятия	90
Золотоносоев А.Я., Хайруллин М.Р., Золотоносоев Я.Д. Алгоритм численной реализации сопряженной задачи теплообмена на основе метода конечных элементов	96
<b>ВОДОСНАБЖЕНИЕ, КАНАЛИЗАЦИЯ, СТРОИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ОХРАНЫ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ</b>	
Адельшин А.А., Адельшин А.Б. Гидродинамические факторы процессов очистки нефтепромысловых сточных вод	107
Адельшин А.Б., Леонтьева С.В. Основные технологические параметры, влияющие на выбор схемы водоподготовки плавательных бассейнов	114
<b>СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ</b>	
Минаков Ю.А., Краснов А.М., Кононова О.В., Черепов В.Д., Солдатова Е.А. Исследование свойств бетонов на основе осадочных пород	122
Морозов Н.М., Боровских И.В., Хозин В.Г., Авксентьев В.И., Мугинов Х.Г. Влияние компонентов песчаного бетона на воздухововлечение при его приготовлении	129
Морозов Н.М., Хохряков О.В., Морозова Н.Н., Хозин В.Г., Сагдатуллин Д.Г. Эффективность цеолитсодержащих мергелей в цементных бетонах	134
Низина Т.А., Зимин А.Н., Селяев В.П., Низин Д.Р. Анализ декоративных характеристик эпоксиуретановых покрытий, работающих в условиях воздействия ультрафиолетового облучения	139
Рязанов Р.Р., Мухаметрахимов Р.Х., Изотов В.С. Дисперсно-армированные строительные композиционные материалы на основе гипсового вяжущего	145
Строганов В.Ф., Куколева Д.А. Методика испытания строительных материалов на биостойкость	150
Халиуллин М.И., Гайфуллин А.Р. Водостойкие бесклнкерные композиционные гипсовые вяжущие с добавками промышленных отходов	157
Хохряков О.В., Бахтин М.А. О роли изменения состояния воды в твердеющем цементе низкой водопотребности	166
<b>ПРОЕКТИРОВАНИЕ И СТРОИТЕЛЬСТВО ДОРОГ, МЕТРОПОЛИТЕНОВ, АЭРОДРОМОВ, МОСТОВ И ТРАНСПОРТНЫХ ТОННЕЛЕЙ</b>	
Гришин И.В., Каюмов Р.А., Иванов Г.П. К расчету покрытий металлических мостов с ортотропной плитой на температурные воздействия	171
Осиновская В.А. Обоснование величины расчетной скорости движения автомобилей при проектировании нежестких дорожных одежд с учетом их вибрационного нагружения	179
<b>ГИДРАВЛИКА И ИНЖЕНЕРНАЯ ГИДРОЛОГИЯ</b>	
Давыдов А.П., Кодылев А.В. Моделирование квазистационарных процессов течения жидкости	184

<b>СТРОИТЕЛЬНАЯ МЕХАНИКА</b>	
Серазутдинов М.Н., Абрагим Х.А. Определение сил, необходимых для сближения стержней при моделировании усиления конструкций	188
<b>ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ НАРОДНЫМ ХОЗЯЙСТВОМ (в строительстве)</b>	
Абдуханова Н.Г. Инновационные тенденции на рынке лизинговых услуг Республики Татарстан	194
Анисимов С.М. Учет изменений спроса при оценке эффективности инвестиционных проектов	199
Афанасьева А.Н. Проблемы собственности в товариществе собственников жилья и пути их решения	205
Закиева Н.М., Сиразетдинов Р.М. Корпоративная система управления инновационными проектами в инвестиционно-строительном комплексе	211
Сиразетдинов Р.М. Моделирование инновационного развития инвестиционно-строительного комплекса (на примере Республики Татарстан)	219
Мухаррамова Э.Р. Организация антикризисного управления на предприятиях строительной отрасли	229
Романова А.И., Хабибулина А.Г. Методика аккумуляции денежных средств частных инвесторов в рамках реализации программ воспроизводства жилого фонда и оплаты жилищно-коммунальных услуг	235
Яруллина Л.А., Сафиуллин Н.З. Классификация качества рекламы	247
<b>СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ, УПРАВЛЕНИЕ И ОБРАБОТКА ИНФОРМАЦИИ (в строительстве)</b>	
Баркалов С.А., Сенюшкин А.В., Янин А.Г. Построение календарного плана при рекомендательных зависимостях между работами	252
<b>МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ И КОМПЛЕКСЫ ПРОГРАММ (в строительстве)</b>	
Ахмадиев Ф.Г. Математическое моделирование кинетики технологических процессов переработки дисперсных сред	257
Садиков Р.А. Теория процессов стационарного нелинейного переноса с учетом фильтрации воздуха, конденсации или испарения парообразной влаги	268
<b>ТЕОРИЯ И МЕТОДИКА ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ (в строительном вузе)</b>	
Яруллина Л.Р., Сафин Р.С., Вильданов И.Э., Абитов Р.Н. Проблемы компетентностного подхода при подготовке педагога профессионального обучения	277
Правила представления материалов для публикации в научном журнале «Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета»	283



# CONTENTS

<b>ARCHITECTURE THEORY AND HISTORY, HISTORICAL AND ARCHITECTURAL HERITAGE RESTORATION AND RECONSTRUCTION</b>	
<b>Balabanova Iu.P.</b> Appearance and development of the Lenin garden	7
<b>Danchenko L.V., Kern T.A.</b> Development of perspective as a mean of architectural object visualization	33
<b>Gabdrakhmanova L.A., Aidarova G.N., Lantsov V.M.</b> The reconstruction project of Moscovskaya street Kazan city and the concept of municipal innovation centre	15
<b>Grigorev A.A.</b> Typology of facade compositions in architecture of functionalism/neofunctionalism	27
<b>Nadyrova D.A.</b> Buildings of the elementary urban schools of Kazan in the last third of the XIX – beginning of the XX century	48
<b>Niyaz Khalit, Nailia Khalitova.</b> Something about tatar door from the historical museum of Jaroslavl'	53
<b>Zavartseva O.A., Lantsov V.M., Kulikov D.A.</b> Town-planning design of renovation of petsold's brewery in Kazan city, favorable investment climate conditioned and relied on	39
<b>HOUSES ARCHITECTURE. THE CREATIVE CONCEPT OF ARCHITECTURAL ACTIVITIES</b>	
<b>Korotkova S.G.</b> Adaptation resources of the living environment for people with limited mobility	57
<b>BUILDING STRUCTURES, HOUSES</b>	
<b>Kupriyanov V.N., Ivantsov A.I.</b> To the question of durability of multilayer enclosing structures	63
<b>FOUNDATIONS, UNDERGROUND STRUCTURES</b>	
<b>Mirsayapov I.T., Safin D.R.</b> Experimental surveys of deflected state of soil body consistent with rabbit in the process of graded excavation of ditch	79
<b>Mirsayapov I.T., Koroleva I.V.</b> Calculation of bearing capacity and settlements of the bases at long action of static loading	71
<b>HEATING, VENTILATION, AIR CONDITIONING, GAS SUPPLY AND LIGHTING</b>	
<b>Valiullin M.A., Davidov A.P.</b> Discharge coefficient of the suction slit with the inner screen	85
<b>Zolotonosov A.Ya., Khairullin M.R., Zolotonosov Ya.D.</b> Numerical implementation algorithm of conjugate heat interchange problem based on finite-element method	96
<b>Zolotonosov A.Ya., Konakhina I.A.</b> Increase energy and techno-economic effectiveness of heating transformer oil in the shop of oil industry petrochemical plants	90
<b>WATER SUPPLY, SEWERAGE, WATER CONSERVATION CONSTRUCTION</b>	
<b>Adelshin A.A., Adelshin A.B.</b> Hydrodynamic factors of oil-field wastewater cleaning processes	107
<b>Adelshin A.B., Leonteva S.V.</b> The main technological parameters influenced on selection of water-conditioning scheme of swimming-pools	114
<b>BUILDING MATERIALS AND PRODUCTS</b>	
<b>Khaliullin M.I., Gaifullin A.R.</b> Waterproof clinker-free composite gypsum knitting with additives of industrial wastes	157
<b>Khohryakov O.V., Bahtin M.A.</b> About the role of changes in state of water in hardening cement of low water requirement	166
<b>Minakov Y.A., Krasnov A.M., Kononova O.V., Cherepov V.D., Soldatova E.A.</b> Study on properties of concrete based on sedimentary rocks	122
<b>Morozov N.M., Borovskikh I.V., Khozin V.G., Avksentiev V.I., Muginov H.G.</b> The influence of fine grain concrete components on air entrainment during its batching	129
<b>Morozov N.M., Khokhryakov O.V., Morozova N.N., Khozin V.G., Sagdatullin D.G.</b> Efficiency zeolitcontaining marl in cement concrete	134
<b>Nizina T.A., Zimin A.N., Selyaev V.P., Nizin D.R.</b> Analysis of the decorative characteristics of epoxyurethane coatings, working under the influence of ultra-violet irradiation	139
<b>Ryazapov R.R., Mukhametrakhimov R.Kh., Izotov V.S.</b> Fibrous construction composite materials based on gypsum binders	145
<b>Stroganov V.F., Kukoleva D.A.</b> Method of test building materials on biodeterioration	150
<b>ROADS, SUBWAYS, AIRPORTS, BRIDGES AND TUNNELS DESIGN AND CONSTRUCTION</b>	
<b>Grishyn I.V., Kayumov R.A., Ivanov G.P.</b> About stressed state computation of steel bridge asphaltic pavement laid on orthotropic slab	171
<b>Osinovskay V.A.</b> Substantiation of size of settlement speed of cars at designing of flexible pavement taking into account their vibrating loading	179
<b>HYDRAULICS AND ENGINEERING HYDROLOGY</b>	
<b>Davydov A.P., Kodylev A.V.</b> Modelling quasi-stationary processes of fluid flow	184
<b>THE BUILDING MECHANICS</b>	
<b>Serazutdinov M.N., Abraham H.A.</b> Determination of the necessary forces for convergent beams at modeling of strengthening structures	188

<b>ECONOMY MANAGEMENT AND ECONOMICS (in building)</b>	
<b>Abdoukhanova N.G.</b> Innovative tendencies on the leasing services market of Tatarstan Republic	194
<b>Afanasieva A.N.</b> Problems of the property in company of proprietors of habitation and the way of their decision	205
<b>Anisimov S.M.</b> Estimation of the demand changes in process of evaluation of economical effectiveness of investment projects	199
<b>Muharramova E.R.</b> The organization of anti-recessionary management at the enterprises of building branch	229
<b>Romanova A.I., Khabibulina A.G.</b> Technique of accumulation of money resources of private investors within the limits of realization of programs of reproduction of available housing and payment of housing and municipal services	235
<b>Sirazetdinov R.M.</b> Modelling of innovative development of the investitionno-building complex (on the Republic Tatarstan example)	219
<b>Yarullina L.A., Safiullin N.Z.</b> Classification of quality advertising	247
<b>Zakieva N.M., Sirazetdinov R.M.</b> Corporate project management system as management mechanism of innovative projects in investment-construction complex	211
<b>SYSTEM ANALYSIS, MANAGEMENT AND INFORMATION PROCESSING (in building)</b>	
<b>Barkalov S.A., Senyushkin A.V., Yanin A.G.</b> Time schedule construction under voluntary dependences between works	252
<b>MATHEMATICAL MODELLING, NUMERICAL METHODS AND COMPLEXES OF PROGRAMS (in building)</b>	
<b>Akhmadiev F.G.</b> Mathematical modelling of kinetics technological of conversions of processing of disperse environments	257
<b>Sadykov R.A.</b> The theory of the stationary non-linear transfer process taking into account air filtration, condensation or evaporation of a vaporous moisture	268
<b>THEORY AND VOCATIONAL TRAINING TECHNIQUE (in engineering higher educational institution)</b>	
<b>Jarullina L.R., Safin R.S., Vildanov I.E., Abitov R.N.</b> Problems of competence-based approach in preparation of professional education teachers	277
Rules of representation of materials for the publication in scientific journal «Kazan State University of Architecture and Engineering news»	283



УДК: 712.253.03

**Балабанова Ю.П.** – аспирант

E-mail: [julbalabanova@mail.ru](mailto:julbalabanova@mail.ru)

**Казанский государственный архитектурно-строительный университет**

## **ВОЗНИКНОВЕНИЕ И РАЗВИТИЕ ЛЕНИНСКОГО САДА**

### **АННОТАЦИЯ**

В статье рассказывается об общей специфике казанских садов и скверов в период XVIII – начала XX века и в частности о богатой истории Ленинского сада с самого возникновения. В период своего развития данная территория последовательно изменялась: болото, Кузнечная площадь, плац-парад для тренировки солдат, Всероссийская научно-промышленная выставка, сквер, сад – который сохранился до настоящего времени. Выявлено стилистическое направление планировки этого сада, его функциональное назначение, малые архитектурные формы, дендрология. При написании статьи использовался архивный и библиографический материал. Данная информация может стать востребованной при архитектурной реставрации данного сада.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** история, сквер, городской сад, площадь, фонтан, планировка.

**Balabanova Yu.P.** – post-graduate student

**Kazan State University of Architecture and Engineering**

## **APPEARANCE AND DEVELOPMENT OF THE LENIN GARDEN**

### **ABSTRACT**

The article is telling us about the general specificity of Kazan gardens and squares for the period from XVIII till the beginning of the XX-th century and specifically about rich history of the Lenin garden from its appearance. In the period of development of the territory the bog, the Forge area, parade ground for training of soldiers, the All-Russia scientifically-industrial exhibition, square, a garden – which can be seen now – had been consistently changed. The stylistic direction of a lay-out of this garden, its functional purpose, small architectural forms, dendrology is revealed. While writing this article the archival and bibliographical material was used. This information can be demanded at architectural restoration of the garden.

**KEYWORDS:** the history, square, a city garden, the area, a fountain, a lay-out.

В XVIII веке начинают разбивать крупные ансамблевые парки в Петербурге, Москве и их окрестностях. Со временем мода на создание садов и парков распространилась по всем городам и провинциям России.

С середины XIX века уровень благоустройства городов все чаще стали связывать с наличием зеленых насаждений. Сады и скверы начинают разбивать буквально на всех городских площадях и перед крупными общественными зданиями, а основные улицы получают древесную обсадку, придававшую им вид бульвара [1].

Не обошла стороной эта мода и Казань. Именно в этот период наблюдается бурный рост образования новых городских садов и скверов. Так, например, с начала XVIII до начала XIX вв. в Казани насчитывалось 6 садов, а вот в период с середины XIX до начала XX вв. уже более 20 (рис. 1).

Городские сады Казани первоначально мало отличались от садов частных и усадебных. На протяжении второй половины XIX века последовательно вырабатывали свою особую специфику. Она фактически не касалась садовой эстетики – сады и скверы получали простую функциональную планировку, прокладывались умеренно кругливишие дорожки, более-менее равномерно покрывавшие всю площадь парка, обводившие берега прудов и оврагов и создававшие простор для живописной рассадки деревьев и кустарников внутри садов и скверов. По периметру же обсаживались деревьями, которые, разрастаясь, создавали ощущение комфортного визуального барьера между «интерьером» сада и окружающим городом.

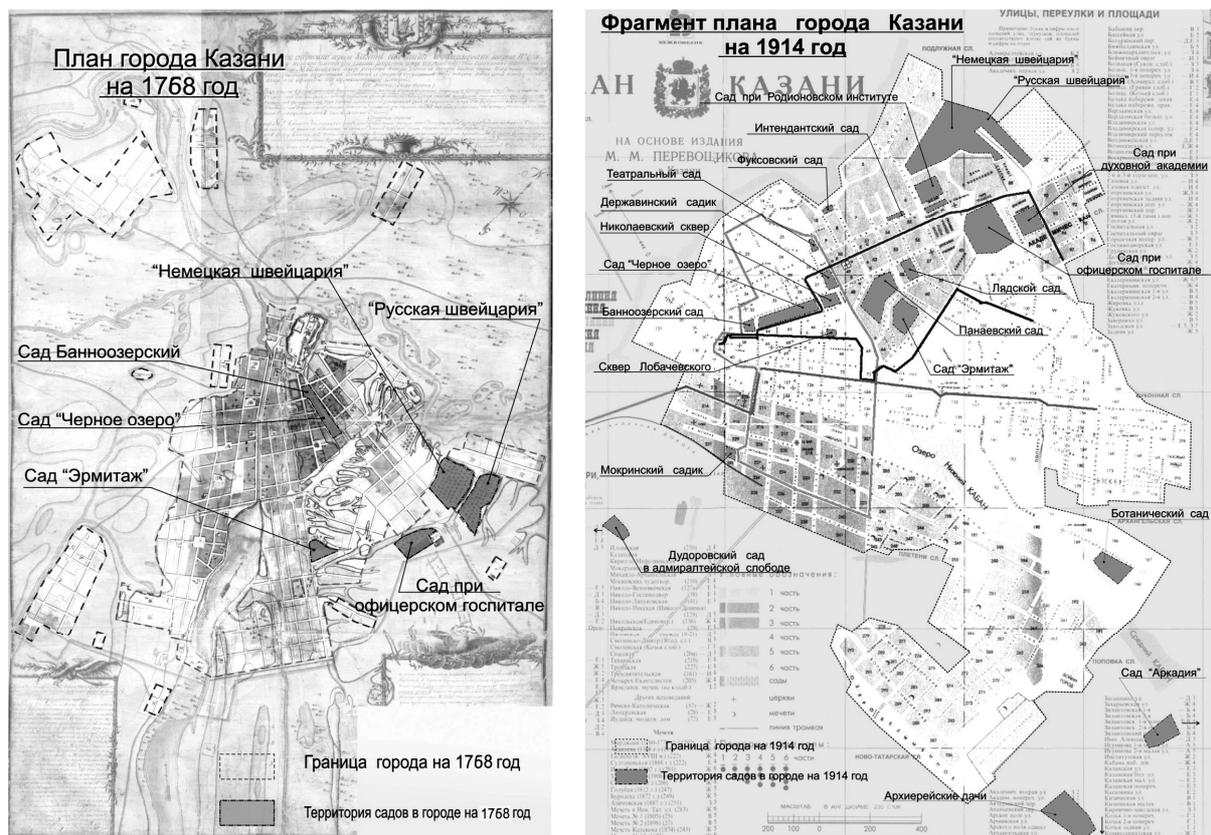


Рис. 1. Сравнение плана города Казани 1768 года и фрагмента плана 1914 года на основе издания Перевощикова М.М.

Специфические отличия городских садов этого периода – в активно развивавшейся развлекательной функции. Появляются такие новые элементы, как вокзал и театр. Со временем набор сооружений в общественных садах значительно расширился. Помимо привычных беседок в них теперь непременно устраивались фонтаны, летние деревянные и зеленые театры, эстрады, легкие театральные веранды, оркестровые площадки, танцевальные круги, карусели, качели, тир, кегельбан. Позже к ним присоединились фотографические салоны, рестораны, буфеты, летние кафе, чайные и другие подобные заведения, а в начале XX века – и спортивные площадки, зимой – катки [1].

Развитие в публичных городских садах функции развлечения показывает, что они привлекали горожан не только для пеших прогулок, но и для организованного проведения времени и общения. Популярность этого вида отдыха способствовала превращению садов в значительный источник дохода для их владельцев, будь то частное лицо или город, что заставляло постоянно расширять и совершенствовать зоны аттракционов, общественного питания, спортивных площадок [2].

Сады делились: по территориальному признаку – городские и загородные, а также по социальной принадлежности – общественные и ведомственные.

В одной из статей я рассказывала об особой взаимосвязи городских общественных садов. Существовала линия садов, опоясывающая собою под прямым углом северо-западную часть города – по линии улиц Левая и Правая Черноозерские (совр. ул. Дзержинского), Театральных (совр. ул. Театральная) и Бассейной (совр. ул. Бассейная) [3].

В этом поясе садов первым к западу от Кремля – небольшой Банноозерский сад (1186,3 м<sup>2</sup>), восточнее его обширный Черноозерский сад (50243,1 м<sup>2</sup>). К Черноозерскому саду примыкал Николаевский сквер (18800 м<sup>2</sup>), к нему с северной стороны примыкал Державинский сад (11075,5 м<sup>2</sup>), далее был театр, а за ним Театральный садик (10943,5 м<sup>2</sup>) [4].

Остановимся подробнее на Николаевском сквере, представляющем собой вершину прямого угла, образуемого линией центральных казанских общественных садов.

Когда-то на этом месте было болото, вокруг которого располагались кузнечные мастерские. Это и дало первоначальное название – Кузнечная площадь. Кузнечная площадь представляла собой замкнутое пространство, окруженное стенами и кирпичными зданиями, где собраны все кузницы города. Посреди – черный трясиновый пруд, необходимый для их работы [5]. После пожара 1842 года при губернаторе С.П. Шипове утвердили новый план застройки центральной части Казани. Грязную, топкую и зловонную Кузнечную площадь засыпали и подняли ее поверхность (сейчас это нижняя терраса Ленинского сада), убрали кузницы. В честь царствующего на тот период императора Николая I площадь назвали Николаевской [5]. В конце 80-х годов устроили на этом месте плац-парад для тренировки солдат. Но также это было замусоренное торжище. Обильно и тесно поставленные торговые палатки и лари предлагали горожанам практически все: от пиленых и колотых дров до самых экзотических продуктов [1].

В 1888 году братья Никитины хотели построить деревянный цирк в восточной стороне Николаевской площади, на что городская управа ответила отказом и предложила место в Банноозерском саду [6].

Летом 1890 года в Казани проходила Всероссийская научно-промышленная выставка. Основная часть павильонов располагалась на Николаевской площади. Здания выставки отстроил модный архитектор того времени Генрих Бернардович Руш [7].

Чуть позже 4 мая 1891 года был доклад в Городской управе о приведении в порядок Николаевской площади после Научно-промышленной выставки 1890 года [8]. Основной целью доклада был вопрос: «оставить шоссированный плац в прежнем виде или по ходатайству некоторых граждан устроить вместо плаца – сквер. В случае признания Думою полезности устройства сквера, необходимо будет: 1) ассигновать единовременно 800 рублей из городских средств; 2) внести в смету 400 рублей на содержание сквера; 3) испросить Высочайшее разрешение на именование этого сквера Николаевским в честь ВЫСОЧАЙШЕГО ПОКРОВИТЕЛЯ бывшей на этой площади выставки; 4) утвердить план расположения сквера, предположенный г. Шнеебергом; 5) просить Казанское Земство уступить в городскую собственность несгораемый павильон, находящийся временно на площади, каковой павильон может служить караулкою при будущем сквере» [8]. 7 мая того же года на заседании Казанская Городская Дума постановила: на плаце Николаевской площади устроить сквер с характером парка. После утверждения и согласования между Казанским Губернатором и Министерством внутренних дел 11 июня 1891 года было окончательно утверждено разбить Николаевский сквер. В документе Национального архива РТ изложены пожелания Министерства внутренних дел: «Принимая во внимание, что городская площадь должна служить с одной стороны, как – резервуарами для чистого воздуха, а с другой – быть удобными для размещения на них разных общественных зданий и особенно торговых. Строительное отделение находит, что в первом отношении устройство на Николаевской площади сквера вполне полезно, но и во втором отношении она не потеряет своего торгового значения и будет совершенно доступна для торговли, так как и за занятым сквером остаются довольно свободного пространства, на которых может производиться торговля. Что же касается до общественных и торговых зданий, то при встретившейся в них надобности они могут быть расположены или в самом сквере или по сторонам его, без всяких стеснений и неудобств» [8].

Позже 3-го сентября 1891 года были утверждены конкретные границы сквера [9] (рис. 2). Из этой выкопировки генплана мы видим, что на пожелания четко ответили и выделили место для общественных зданий. На месте, отведенном под площадь (Б) для различных общественных зданий и торговли, в наше время находятся Казанская государственная консерватория им. Н.Г. Жиганова, памятник А.М. Бутлерову, киоски, это говорит о том, что изначальное планировочное решение сохранилось и на современный период.

По окончании всех утверждений и согласований на этом месте разбили сквер, все стало организовано: появились аллеи со скамеечками для отдыхающих, были высажены первые деревья. С того момента это место стало общественной зоной отдыха. На всенародные праздники выставляли балаганы, качели, карусели, здесь выступали гастролеры.

# Выкопировка

с утвержденного Министром Внутренних Дел 10<sup>го</sup> Октября 1884 года плана с Казани, с показанием подь лит. А участка предназначенного для устройства сквера, и лит. Б участка оставленного подь площадью.

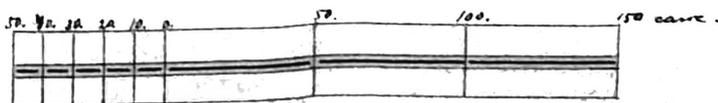
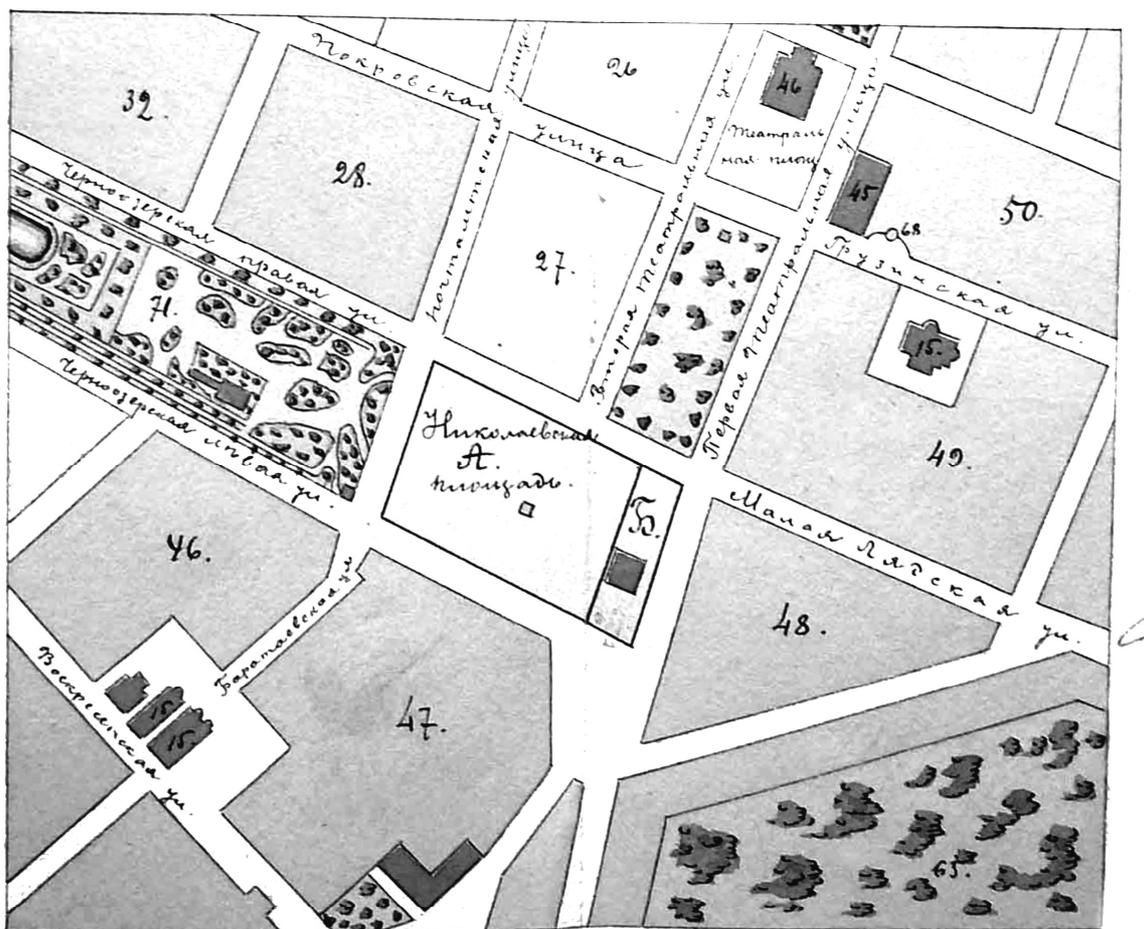


Рис. 2. Утвержденные границы проектируемого сквера [9]

Летом 1894 года Николаевский сквер обогатился фонтаном. Документ НА РТ свидетельствует: «По предложению Городского Головы, строитель Казанского водопровода Тайный Советник Петр Ионович Губонин, в бытность свою в Казани в 1892 году изъявил согласие принести в дар городу хороший фонтан для устраивавшегося в то время сквера на Николаевской площади; к пожертвованию П.И. Губонина впоследствии присоединилось и Казанское Общество водоснабжения, согласившееся также по просьбе Городского Головы,

устроить при фонтане изящный резервуар с проходной вокруг площадкой. Летом настоящего года Казанское Общество водоснабжения, устроив на собственные свои средства в сквере на Николаевской площади прекрасный фонтан с цементным резервуаром, окруженным изящною мозаичной площадкой, сооружение это, стоящее по приблизительной оценке 3000 руб., окончательно передало в дар городу Казани. Фонтан принят в распоряжение Городского Управления лично Городским Головой и открыт 21 Августа, при чем г. Директор – распорядитель названного выше общества заявил, что для учета израсходованной воды, за которую Общество водоснабжения будет взимать с города плату на общем основании, поставлен водомер» [10]. Также к документу прилагались чертежи (рис. 3).

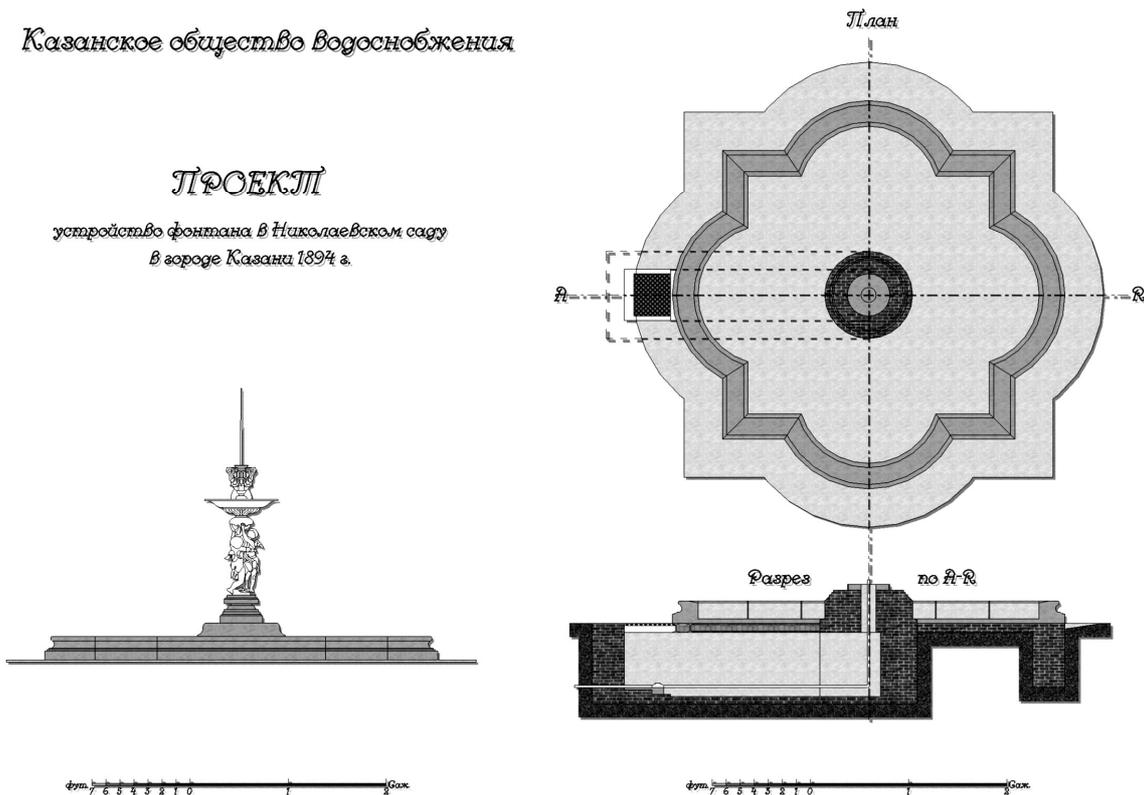


Рис. 3. Авторское восстановление чертежа [5]

Интересно заметить очевидное сходство скульптур в виде двух амуров фонтана в Николаевском саду города Казани и в сочинском дендрарии. При сравнении этих фонтанов можно заметить следующее:

- один период возведения;
- чаши фонтанов различны;
- постаменты под скульптурами различны;
- прямое сходство скульптур в виде амуров;
- чаши над скульптурами имеют одинаковые круглые очертания и габариты, но различаются декоративными деталями;
- одинаковые завершающие элементы фонтана в виде вазы и струящейся воды из неё.

Из проведенного анализа можно предположить, что связующей нитью между этими двумя фонтанами был тайный советник Петр Иванович Губонин. Он не был уроженцем и жителем Казани и посещал наш город всего несколько раз. Помимо всей обширной деятельности он был владельцем имения Гурзуф в Крыму. Вероятнее всего, и Казани, и сочинскому дендрарию П.И. Губонин принес в дар для фонтана скульптуру в виде ангелочков. Возможно, по России еще найдется несколько подобных фонтанов (рис. 4).



Рис. 4. Сравнение фонтана в городе Казани (слева) и сочинском дендрарии (справа)

В 1924 году, в память вождя мирового пролетариата, Николаевский сквер был переименован в сад «имени товарища Ленина». Не обошлось и без перепланировки, сад был расширен в верхней части в сторону университета и соединен с университетским клиническим садом – появилась верхняя терраса сада. Архитектурно оформленная лестница вела из нижней части сада в верхнюю, где был открыт один из первых в Казани стационарный «советский» памятник В.И. Ленину. Первоначально это был бронзовый бюст, замененный позднее бронзовой фигурой работы скульптора Н. Шильникова. Монумент был довольно необычным. Воплощенный в нем вождь пролетариата еще не имел канонических черт, поз, одежды, к тому же он был вдвое меньше человеческого роста. Газета «Известия ТатЦИКа» за 1924 год отразила полемику, которая шла по поводу места установки памятника. В частности, предлагалось поставить его на площади Свободы, на берегу Кабана, у вокзала, у пристани. Однако все эти места были признаны неудачными, и выбор пал на Николаевский сквер. Выбор был не случаен: памятник довлел над окружающим пространством, символизировал устремленность к новым, коммунистическим высотам, а, кроме того, располагался совсем недалеко от того места, где молодой Володя Ульянов начинал свою революционную деятельность, что еще более усиливало знаковый смысл всей композиции [5].

К 1931 году на верхней террасе сада построили летний кинотеатр. Возле кинотеатра были открытая эстрада, волейбольная площадка и стрелковый тир, можно представить, какая теснота была на верхней площадке сада. А в нижней части: фонтан испорчен, сад не электрифицирован, нет мусорных ящиков, лестница из сада прогнила, почти вся разобрана, скамеек почти нет, посередине площадки, где стоит толпа, слушает радио – огромная лужа, сюда выливают воду продавцы киосков; милиции нет, так что хулиганам вольготно. Позже, в 1935 году, сад передали в ведение Дома Красной армии. Появилось освещение, отремонтировали фонтан, вход в верхнюю часть сделали бесплатным.

В конце 1940 – начале 50-х годов была популярна танцплощадка в Ленинском саду, в верхней части сада (вход стоил два рубля). Кроме того, там работали летний кинотеатр «Комсомолец», два буфета на открытых верандах. Танцплощадка с эстрадой была одним из «злачных мест» города, здесь не только танцевали, здесь собиралась и казанская шпана.

В 50-е годы XX века убрали заборы и кассы, вход во все городские сады стал свободным. Исчез кинотеатр, исчезли волейбол и тир, замолкло радио.

В 1978 году у входа в садик с ул. Пушкина был установлен памятник нашему земляку, великому химику А.М. Бутлерову.

Частичная реконструкция сада была проведена в 2003-2005 гг., до этого реконструкцию не проводили несколько десятилетий. Подлатали асфальт, выровняли тротуары и дорожки, положили брусчатку. Стало больше цветников. Заказчиком выступало Управление капитального строительства и реконструкции города Казани. Работы выполнял МУП «Горводзеленхоз» города Казани.

1 ноября 2004 года в западной части сада был открыт памятник памяти жертв политических репрессий. Памятник представляет собой гранитный постамент с четырьмя гранеными прямоугольными столбами в центре, соединенные между собой металлическими табличками с надписями «Прости» на четырех языках: арабском, русском, татарском и английском.

Обобщив вышеизложенную информацию, можно сказать следующее.

1891 год – официальная дата создания Николаевского сквера. Ранее эта городская территория использовалась под различные нужды: болото, Кузнечная площадь, плац-парад для тренировки солдат, Всероссийская научно-промышленная выставка. В 1892 году новый сквер уже в полной мере начал эксплуатироваться населением и гостями города Казани.

Создаваемый сквер с характером парка полностью соответствовал специфике вновь проектируемых и разбиваемых садов и парков дореволюционного периода, как в планировочном отношении, так и в функциональном. Это был городской общественный сквер с регулярно-пейзажной планировкой. Центром всей композиции сквера был фонтан со скульптурой в виде амура, держащего чашу, который сохранился и до наших дней, хотя многие детали уже утрачены. Вокруг фонтана был разбит цветник, а вокруг него – широкая обходная дорожка в виде круга. К созданной окружности примыкали дорожки с четырех углов сквера и перпендикулярная дорожка от улицы Лобачевской. Это можно было бы отнести к регулярной планировке, но среди прямых дорожек, ведущих к кругу, были живописные дорожки. В сквере находились фонтан, беседки, ларьки по продаже минеральных вод, различные торговые ларьки, караулка, аллеи со скамеечками для отдыхающих, на праздники выставлялись балаганы, качели, карусели.

Сквер, как и все зеленые рекреации того периода, получил простую древесную обсадку по периметру и вдоль дорожек, а вот по внутренним газонам и среди округлых дорожек были живописные посадки деревьев и кустарников. Перечень зеленых насаждений был не столь разнообразен и изыскан – использовались растения, выращенные в ближайших к городу питомниках. Деревья и кустарники – сосна, ель, ясень, клен, береза, липа, боярышник, шиповник, акация плакучая, спирея, волжанка. Цветы – гвоздики разных сортов, астры, циннии, петунии, флоксы, виолы, розы. Необходимо отметить, что, какие растения и на каком месте сажать выбирал сам попечитель-садовник. В свою очередь, попечителя сада выбирала городская управа и садовая комиссия путем тендера. Для попечителя прописывались все виды работ, которые он должен был осуществлять по устройству и обслуживанию сада. Часто к тяжелым работам в саду привлекали военнопленных и беженцев.

С восточной стороны по улице Пушкина к скверу примыкала площадь со зданиями общественного значения, которые относились непосредственно к скверу. В наше время эта площадь не относится к саду, но сохранила функции торговли и общественного значения.

В 1924 году Николаевский сквер переименован в сад имени товарища Ленина. Сад был расширен в верхней части в сторону университета и соединен с университетским клиническим садом. Таким образом, его площадь увеличилась.

В 1978 году у входа в садик с ул. Пушкина был установлен памятник нашему земляку, великому химику А.М. Бутлерову. С одной стороны памятник организовал вход в сад, а с другой – отразил традиционное расположение памятников и скульптур в садах и парках.

В 2004 году в западной части сада был открыт памятник памяти жертв политических репрессий.

В результате последней реконструкции была значительно увеличена площадь тротуарных покрытий путем расширения дорожек. Основной целью этого было удобство в механизированной уборке территории сада от мусора и снега. Уложена брусчатка по протоптанным дорожкам – учитывая современные транзитные маршруты движения пешеходов. Высадили новые разнообразно цветущие кустарники и цветы. Следует отметить с положительной стороны, что при

реконструкции сад не сильно пострадал. Сохранился центр композиции сада: фонтан, планировка основных направлений дорожек, заложенных с момента возникновения Николаевского сада. Теперь уже сорокалетние липы, девятистолетние тополя создают уют в садике и четко разделяют внутреннее пространство сада от внешнего – города. Необходимо сохранять и поддерживать столь давний, важный и любимый горожанами Ленинский садик.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Жаржевский Л.М., Павлов М.Н., Фролов Г.В. Из Казанской истории. – Казань: Титул, 2003. – 256 с.
2. Нащокина М.В. Русские сады. Вторая половина XIX – начало XX века. Издательство АРТ-РОДНИК. – М., 2007. – 215 с.
3. СПУТНИК ПО КАЗАНИ. Иллюстрированный указатель достопримечательностей и справочная книжка города. / Под редакцией профессора Н.П. Загоскина. – Казань, 1895. – Казань: ООО «ДОМО «Глобус», 2005. – 840 с.
4. Балабанова Ю.П. Исторические сады в архитектуре Казани // Дизайн Ревю. Информационный научно-практический журнал, 2009, № 1-4, январь-декабрь. – С. 67-72.
5. Турнерелли Эдвард. Казань и ее жители. Вишленкова Е., Малышева С., Сальникова А. Казанское житье (XIX-XX века). – Казань: ООО «ДОМО «Глобус», 2005. – 1184 с.
6. НА РТ, ф. 2, оп. 15, д. 739, 1888. – 3 с.
7. Улица Баумана // history – kazan.ru: интернет-изд, 2008, 28 июля. URL: <http://history-kazan.ru/2008/07/ulica-baumana/> (дата обращения: 1.05.2011).
8. НА РТ, ф. 2, оп. 7, д. 2759, 1891. – 18 с.
9. НА РТ, ф. 2, оп. 15, д. 1295, 1891. – 2 с.
10. НА РТ, ф. 98, оп. 3, д. 1695, 1894. – 17 с.

### REFERENCES

1. Zharzhevskij L.M., Pavlov M.N, Frolov G.V. From Kazan history. – Kazan: the Title, 2003. – 256 p.
2. Nashchokina M.V. Russian gardens. Second half of the XIX – the XX-th century beginning. Publishing house the ART-RODNIK. – M, 2007. – 215 pages.
3. The COMPANION ACROSS KAZAN. The illustrated guide by sights and the helpbook of a city. / Editor: professor N.P. Zagoskin. – Kazan, 1895. – Kazan: Open Company «ДОМО «Globe», 2005. – 840 p.
4. Balabanova Y.P. Historical gardens in architecture of Kazan // Design of the Revue. Information scientific-practical magazine, 2009, № 1-4, January-December. – P. 67-72.
5. Edward Turnerelli. Kazan and its inhabitants. Vishlenkova E., Malyshev S., Salnikova A.A. Kazan life (XIX-XX centuries). – Kazan: ООО «ДОМО «Globe», 2005. – 1184 p.
6. National Archieve of Tatarstan Republic, f. 2, in. 15, b. 739, 1888. – 3 p.
7. Bauman street's history – kazan.ru: the Internet-izd. 2008. July, 28th. URL: <http://history-kazan.ru/2008/07/ulica-baumana/> (reference date: 1.05.2011).
8. National Archieve of Tatarstan Republic, f. 2, in. 7, b. 2759, 1891. – 18 p.
9. National Archieve of Tatarstan Republic, f. 2, in. 15, b. 1295, 1891. – 2 p.
10. National Archieve of Tatarstan Republic, f. 98, in. 3, b.1695, 1894. – 17 p.

УДК 711.4-168 (470.41)

**Габдрахманова Л.А.** – студентка

E-mail: [li.gabdrakhmanova@gmail.com](mailto:li.gabdrakhmanova@gmail.com)

**Айдарова Г.Н.** – профессор, доктор архитектуры

**Ланцов В.М.** – профессор, доктор химических наук

**Казанский государственный архитектурно-строительный университет**

## **ПРОЕКТ РЕКОНСТРУКЦИИ УЛИЦЫ МОСКОВСКАЯ ГОРОДА КАЗАНИ И КОНЦЕПЦИЯ СОЗДАНИЯ МУНИЦИПАЛЬНОГО ИННОВАЦИОННОГО ЦЕНТРА**

### **АННОТАЦИЯ**

При осуществлении реконструкции городских территорий возникает проблема отношений между собственниками зданий и участков земли с органами местного самоуправления, планирующими реконструкцию. В работе предлагается использование комплекса методов мотивации и стимулирования участия частных собственников в проекте реконструкции, названного общим термином – «политика создания благоприятного инвестиционного климата». В рамках данной работы главное внимание уделено формированию политики благоприятного инновационного климата, созданию Казанского муниципального инновационного центра (КМИЦ) и обоснованию такого предложения в градостроительном проекте с учетом изучения американского опыта.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** проект реконструкции, научно-технический прогресс, благоприятный инвестиционный климат, благоприятный инновационный климат, инкубатор, венчурный капитал, муниципальный центр инноваций.

**Gabdrakhmanova L.A.** – student

**Aidarova G.N.** – professor, doctor of architecture

**Lantsov V.M.** – professor, doctor of chemical sciences

**Kazan State University of Architecture and Engineering**

## **THE RECONSTRUCTION PROJECT OF MOSCOVSKAYA STREET KAZAN CITY AND THE CONCEPT OF MUNICIPAL INNOVATION CENTRE**

### **ABSTRACT**

The problem between the building's owners and the local government has been emerged during the reconstruction of urban territories. The paper suggests the usage of complex methods of motivating and encouraging the private owners participation in the reconstruction project, known as – «favourable investment climate creation policy». This work focuses on establishing favourable innovation climate policy, and on creation of the Kazan Municipal Innovation Center (KMIC), as well as on admission of this project, based on American experience, by the urban development company.

**KEYWORDS:** the reconstruction project, scientific and technological progress, favourable investment climate, favourable innovation climate, incubator, venture capital, municipal innovation centre.

### **Введение**

**Базовые условия.** Зона реконструкции находится в исторической центральной части города – бывшая «Ямская слобода» (рис. 1). Графически она выделена на рис. 1. Центральным функциональным ядром этой зоны является улица Московская (бывшая улица Кирова). С востока зона ограничена Булаком, который до строительства Куйбышевской ГЭС на Волге соединял озеро Нижний Кабан с рекой Казанкой, впадавшей в Волгу. После строительства ГЭС Булак превратился в замкнутый пруд в центре города. С запада зона реконструкции ограничена территорией, центральным функциональным ядром которой является Казанский железнодорожный вокзал, около которого возникла «Ямская слобода». После строительства Куйбышевской ГЭС на Волге река подошла вплотную к городу и к его вокзалу, а уровень воды в Волге оказался выше уровня воды в Булаке. С запада эта часть города окружена высокой насыпной дамбой. В юго-восточной части города сформировался новый речной порт.



Рис. 1. Ситуационный план.



**ОПОРНЫЙ ПЛАН**  
Условные обозначения:  
 ■ - памятники культурного наследия  
 ■ - ценные здания, поддерживающие историческую среду  
 □ - сохраняемый капитальный фонд  
 ■ - здания предлагаемые к сносу

Рис. 2. Опорный план зоны реконструкции

Существенными проблемами застройки этой части города в современных условиях стали:

- низкая плотность жилищной застройки;
- высокий уровень грунтовых вод, угрожающий разрушением фундаментов существующих зданий;
- низкая пропускная способность транспортных артерий, связывающих остальные районы города с вокзалом и речным портом;
- бессистемность новой застройки территории и угроза сохранению памятников архитектурно-культурного наследия [3-5], находящихся в этой зоне.

На рисунке выделены памятники архитектурно-строительного наследия и ценные здания, которые предлагается сохранить при реконструкции.

На рис. 3 изображен перспективный план застройки территории после ее реконструкции.

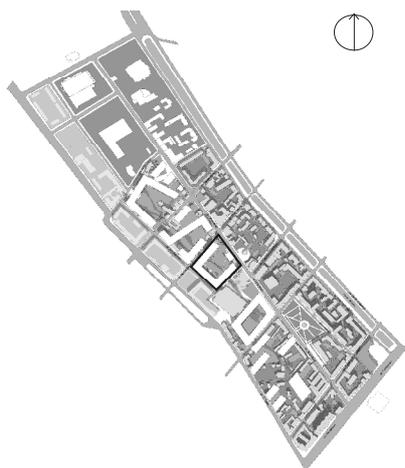


Рис. 3. Общий план реконструкции выделенной зоны

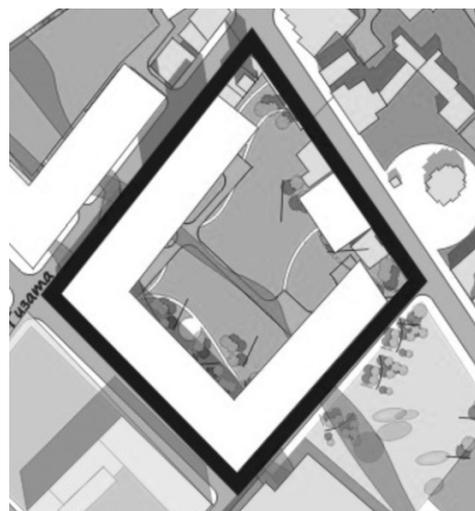


Рис. 4. Фрагмент зоны реконструкции с размещением в ней объектов КМИЦ

На рисунке отражен характер изменения селитебной части данного микрорайона с увеличением численности проживающих (при средней жилищной обеспеченности 25 м<sup>2</sup> на человека) с 2 тыс. до 15 тыс. человек. Расширение транспортной магистрали вдоль Булака за счет его сужения и обрамления его берегов в гранит (или бетон) с одновременным его углублением и установкой насосной станции для слива воды в Казанку с целью снижения и

контроля уровня грунтовых вод. Расширение пропускных возможностей транспортных магистралей, ведущих к железнодорожному вокзалу и т.д.

Цель проекта реконструкции – повышение эффективности использования территорий, прилегающих к улице Московская, в качестве селитебной зоны с развитой социально-культурной инфраструктурой, при сохранении и эффективном использовании памятников архитектурного наследия и других ценных зданий.

Поскольку большая часть территории реконструкции и строений находится в частной собственности, авторы предлагают разработать и принять специальную Муниципальную программу по созданию *«благоприятного инвестиционного климата для осуществления реконструкции»*.

Одна из сущностей такого метода побуждения и стимулирования участия частных собственников к участию в реконструкции выделенной зоны заключается в следующем. На выделенной территории устанавливаются дифференцированные, в том числе максимальные, значения процентных ставок и налоговых баз для исчисления налога на землю и строения. С другой стороны, всем желающим принять участие в реконструкции своих зданий и территорий предлагается получить на выгодных для них условиях **«инвестиционный налоговый кредит»** на среднесрочный период и другие виды поддержек. Кредит предоставляется на основе муниципального закона и соответствующего договора. Кредит может быть безвозвратным или частично возвратным (после завершения реконструкции), либо полностью и досрочно возвратным в случае нарушения договорных условий с уплатой процентов за пользование кредитом.

Полагается, что на основе опыта и социально-экономического эксперимента могут быть выработаны условия создания эффективного благоприятного инвестиционного климата, который позволит выработать взаимно выгодные условия частно-муниципального партнерства в деле осуществления предлагаемой реконструкции.

Предлагаемый подход «бумерангом» отражается на проекте реконструкции территории, приводя к необходимости такого зонирования территории, которая оказывается жестко привязанной к праву собственности на землю всех участников проекта реконструкции. Более подробно эта градостроительная идея отражена в работах [6, 7].

В рамках предлагаемого проекта особое место занимает предложение о создании на территории, подлежащей реконструкции, **«Казанского муниципального центра инноваций»**. Поскольку назначение, сущность и условия деятельности таких центров практически не отражены в научной литературе, вопрос о создании такого Центра вынесен в качестве отдельной части проекта реконструкции.

#### **Основная часть данной работы**

Цель данной работы – разработка в рамках градостроительного проекта модельных представлений о создании в г. Казани **Муниципального инновационного центра** и связи проекта его создания с проектом реконструкции конкретного микрорайона г. Казани.

Используемые в работе общие понятия:

- **НИОКР** – научно-исследовательские и опытно-конструкторские разработки, одна из основ НТП;

- **научно-технический прогресс (НТП)** – комплексная характеристика внедрения достижений науки, техники, результатов образования, новых правовых и организационно-управленческих норм в производство и реализацию средств производства и товаров потребления;

- **инвестиции** – среднесрочные и долгосрочные вложения капитала в недвижимость, в иные основные средства производства, в создание юридических лиц, в ценные бумаги, в подготовку кадров, в объекты интеллектуальной собственности;

- **инновации** – инвестиции в развитие и использование научно-технического прогресса в систему производства и реализации рыночных товаров;

- **государственная или (и) муниципальная инновационная политика** – комплекс юридических (директивных) и иных мер и действий органов власти, направленных на создание на подвластной территории **благоприятного инновационного климата**, способствующего развитию научно-технического прогресса и осуществлению инноваций.

Другие трактовки этих же понятий, причины их возникновения, распространения и последствия их применения не рассматриваются.

До разработки основ моделирования указанного Центра был изучен опыт ряда государств [8, 9] по созданию в стране «благоприятного инновационного климата» с целью его использования для авторского моделирования. Частично материал такого исследования дан ниже.

### 1. Изучение американского законодательного опыта создания в стране благоприятного инновационного климата

При рассмотрении достижений США по разработке и осуществлению *инновационной политики* необходимо знать специфику налоговой, финансовой и иных политик, на платформе которых в США строится *инновационная политика*. Если такая политическая «платформа» окажется в каком-либо государстве иной, то механическое использование американского опыта окажется неэффективным или опасным для применения. К числу таких наиболее значимых специфик, по авторскому мнению, следует отнести:

- отсутствие «налога на добавленную стоимость» (НДС), который ограничивает развитие отечественных инвестиций сильнее, чем налог с оборота на всех стадиях производства с такой же величиной ставки налога [10];
- условие поддержания стабильности товарно-денежного баланса во внутренней финансовой политике [11];
- развитость института собственности на «*объекты интеллектуальной собственности*», некоторые проблемы формирования которого рассмотрены в работе [12].

Используя работы [8, 9], рассмотрим характер изменения законодательства США по созданию *благоприятного инновационного климата*:

1) 1954 год – принятие раздела 174 «Кодекса подоходного налогообложения», согласно которому затраты на НИОКР разрешено относить к текущим расходам на производство и вычитать эти затраты из налогооблагаемой прибыли. К примеру, в 1986 году эта мера позволила сэкономить промышленности 3,7 млрд. долларов.

2) 1962 год – введен новый закон *об инвестиционном налоговом кредите* (действовал до 1987 года). Этим законом вводилась скидка, которая вычиталась из общей суммы налогов на прибыль и составляла 6-10 % от стоимости приобретенных в данном году машин и механизмов. Договор о таком кредите представлял собой договор об отсрочке налоговых платежей на условиях целевого использования невыплаченных средств на цели их реинвестирования в развитие производства. Отсрочка оформлялась в виде «кредитной линии», процентная ставка по которой определялась законом и договором.

3) В 1962 году приняты «Правила и нормы амортизации», согласно которым нормативные сроки службы фондов сокращены на 30-40 %.

4) В 1967 году создан первый (из двух) федеральных фондов «безвозвратного субсидирования» – «Администрация по делам мелкого бизнеса» (АМБ). АМБ активно использует «Корпус отставников» (до 10 тыс. чел.) из числа бывших предпринимателей, «ушедших в отставку». Созданные с помощью этого Корпуса центры поддержки и консультации стали первыми прообразами «**инкубаторов**» малых предприятий. Позже создан «Национальный научный фонд» (ННФ). Эти Фонды созданы для предоставления ссуд малым предприятиям на финансирование уже существующих нововведений. Это – первая, неудачная попытка создания в США нового вида капитала, получившего в дальнейшем название «**венчурный капитал**».

Тем самым в США были созданы два новых института развития инноваций: «**институт инкубаторов**» и «**институт венчурного капитализма**» (авторское мнение).

5) 1971 год – интервальная система сроков службы основного капитала сокращена на 20 %. При президенте Р. Рейгане установлены следующие сокращенные сроки амортизации: для легковых автомобилей, легких грузовиков и специального оборудования – 3 года; для иных машин и оборудования – 5 лет; для зданий и сооружений – 10-15 лет. При этом («законом о справедливом налогообложении и финансовой ответственности») сроки материальных активов НИОКР сокращены до 3 лет.

6) 1973 год – реализация первой успешной программы ННФ по созданию центров поддержки мелкого «инновационного бизнеса» – зарождение в США системы «**венчурного финансирования инноваций**». В 1977 году эта деятельность ННФ одобрена Конгрессом США и расширены его полномочия.

7) 1978 год – поправкой Стейгера к «Закону о налогообложении» ставка налога на прибыль от прироста капитала, полученного от операций с ценными бумагами, была понижена с 49,125 % до 28 %.

8) 1978 год – законом о страховании доходов для пенсионного обеспечения пенсионным фондам разрешено использование части своих средств для венчурного финансирования. Следует отметить, что в отношении пенсионных фондов налоги на приращение капитала не действуют. Пенсионным фондам разрешено вкладывать 1 % своих активов в рискованные фирмы, занимающиеся инновациями.

9) 1981 год – разделом 221 «Закона о налогах в целях оздоровления экономики» введена новая налоговая скидка на расходы по исследованиям и разработкам. С 1.06.81 по 1.01.87 эта скидка составляла 25 % увеличения собственных расходов на НИОКР в текущем году по сравнению со средним уровнем расходов корпораций за предыдущие 3 года. Это означало, что эти 25 % прироста затрат вычитались не из дохода корпораций, подлежащего налогообложению, а из суммы налогов. В 1987 году эта скидка уменьшена до 20 %. В 1986 году эта льгота позволила сэкономить корпорациям 1,2 млрд. долл.

10) 1981 год – «Законом о налогах для экономического возрождения» указанная ставка налога для индивидуальных вкладчиков понижена до 20 %.

11) 1981 год – принят закон, устанавливающий налоговые льготы для работников, приобретающих акции своих фирм по льготному акционерному опциону. Этим законом введена государственная поддержка «управленческой деятельности» малых инновационных фирм по привлечению ими высококлассных специалистов из крупных фирм и системы государственного управления. Эта мера была направлена на поддержку кадровой политики предприятий, занимающихся рискованным инвестированием и «переработкой в доход» средств венчурных капиталистов.

Для государственных инвестиционных структур (для акционеров Инвестиционной компании малого бизнеса – ИКМБ) введены дополнительные льготы. Акционерам ИКМБ предоставлено право вычитать затраты на приобретение акций ИКМБ из декларируемой величины прибыли, облагаемой налогом.

12) 1982 год – согласно «закону о развитии нововведений в мелком бизнесе» 12 крупнейших федеральных ведомств должны участвовать в специальных программах поощрения НИОКР в компаниях малого бизнеса. Причем, в каждом последующем году им необходимо вкладывать в мелкое инновационное предпринимательство не меньше средств, чем в предыдущем году. Установлен норматив расхода средств таких ведомств на контрактное привлечение малых предприятий к участию в НИОКР.

Государственным структурам разрешено самостоятельно осуществлять поддержку малого инновационного предпринимательства. Так, Лос-Аламосская национальная лаборатория создала в 1984 году «Рабочую группу по выращиванию мелких компаний в штате Нью-Мексика».

13) 1986 год – принят закон о налоговой реформе, которым с 1987 года введено прогрессивное налогообложение с дохода, обеспечивающее поддержку мелких товаропроизводителей: с дохода 25 тыс. долл. – ставка налога 15 %, с дохода 25-30 тыс. долл. – 18 %; с дохода 50-75 тыс. долл. – 30 %; с дохода 75-100 тыс. долл. – 40 %.

14) 1987 год – по закону об экономической конкурентоспособности и технологическом развитии указанный выше норматив на контрактное финансирование НИОКР мелких предприятий установлен в 3 %.

15) 1987 год – по закону об экономической конкурентоспособности внешней торговли в составе Министерства промышленности и технологии США созданы 2 подразделения, которые обязаны заниматься решением проблем поддержки мелкого инновационного бизнеса (предпринимательства).

Рост правительственных ассигнований системам гражданских и оборонных ведомств на поддержку НИОКР мелких инновационных предприятий характеризуется следующей динамикой: 1983 г. – 36 млн. долл.; 1984 г. – 135 млн. долл.; 1985 г. – 250 млн. долл.; 1986 г. – 400 млн. долл.; 1987 г. – 450 млн. долл.; 1988 г. – 500 млн. долл. Наибольший вклад в эти ассигнования вносили Министерство обороны (55 %), Министерство здравоохранения и социального обеспечения (16 %), Министерство энергетики (11 %), НАСА (9 %), Национальный научный фонд (5 %).

В табл. 1 отражено влияние государственного регулирования на изменение характеристик венчурных фондов в США в период с 1969 по 1987 годы.

Таблица 1

Год	Поступ. в млн. долл.	Общий объем в млн. долл.	Затраты, млн. долл.
1969-1976	от 171 до 39	от 2500 до 3500	от 450 до 400
1978	570	3500	550
1981	1300	5800	1400
1984	4200	16300	3000
1987	4500	28000	3200

Предоставление средств по программе поощрения НИОКР осуществляется в **три этапа**:

- до 50 тыс. долл. на 6 месяцев для оценки технической и экономической эффективности проекта;

- до 500 тыс. долл. может быть выделено на развитие проектов, имеющих наибольшую потенциальную выгоду для финансирующих агентств на срок до 2-х лет;

- Федеральное ведомство заключает с мелким предприятием контракт, а также привлекает средства крупного бизнеса и венчурных фондов.

Отработанная технология оценки и конкурсного отбора характеризуется следующими средними показателями:

- На первом этапе удовлетворяется одна заявка из одиннадцати. В заявке (не более чем на 25 страницах) претендент должен описать свой проект, акцентируя внимание на научно-технической новизне предлагаемых исследований;

- На втором этапе из числа пробившихся на первом этапе остается 30-50 %.

Характер отбора должен в среднем обеспечивать рентабельность поддержки НИОКР.

## 2. Одна из главных сущностей инновационных политик США (авторская позиция)

Инновационная политика в США ориентирована на капиталовложение в «новые идеи» и на поддержку их «носителей».

Для сравнения раскроем сущность политики, которая начала осуществляться на ведомственном уровне в России с 1.03.1992 года Министерством высшего образования, науки и технической политики. Российская политика была ориентирована не на вложения средств и «идею» и в будущий проект ее реализации, а на коммерциализацию «идей», уже разработанных и апробированных в лабораторном режиме. То есть российская «инновационная политика» стала, по существу, политикой «коммерциализации уже апробированных идей». По мере старения и вырождения «носителей таких идей», а также в условиях девальвации образования и сокращения числа «носителей таких идей» эта политика стала неэффективной. Бывшие отраслевые НИИ исчезли, а экспериментально-техническая база вузовской науки в большинстве вузов стала устаревать.

Ориентация на «генераторов и носителей новых идей», в том числе иностранных – **первое главное достижение** инновационной политики США.

**Второе главное достижение** (по авторскому мнению) заключается в том, что для реализации инновационной политики руководство США придумало и создало два новых «рыночных института»:

- «**институт инкубаторов**», в которых авторы отобранных идей «обрастали необходимой им командой» и из которых выходили малые инновационные предприятия – юридические лица для мелкосерийного и малотоннажного рискованного производства новой продукции или новых способов ее реализации;

- «**институт венчурного финансирования**» инновационных проектов (**институт венчурных капиталистов**), который отличается от традиционного инвестиционного капитала тем, что участники венчурного финансирования идут с авторами новаций «до конца», не имея

права изъять свой капитал до завершения инновационного проекта (делят с авторами новаций риск и страх при реализации их проекта).

**Третье главное достижение** заключается в том, что руководство США сумело создать режим государственной поддержки не только на стадии формирования малых инновационных предприятий, разделив с ними бремя риска и страха реализации проекта, но и режим защиты таких предприятий от крупного и среднего бизнеса, а также режим их последующей выживаемости в рыночных условиях. Без специальной государственной поддержки возникновение и развитие такого рискованного предпринимательства оказывается невозможным.

На первом этапе развития инновационной политики все бремя риска и страха по созданию малых инновационных предприятий и выработке средних условий рентабельности такой политики взяли на себя специально созданные государственные структуры (фонды). Только после семилетнего экспериментирования и апробации окупаемости венчурного капитала были введены в действие политики по распространению таких фондов в рыночной системе:

- создание и функционирование «инкубаторов штатов»;
- создание и функционирование «общественных инкубаторов», преимущественно вузовских;
- создание и функционирование «частных инкубаторов».

Один из ранних эффективно действующих инкубаторов был создан в 1980 году в штате Джорджия – «Центр развития передовой технологии» на базе технологического института. До создания такого Центра 62 % выпускников института покидали территорию штата или по иным причинам не приносили доход штату после завершения образования. При поддержке губернатора штата выпускникам института были созданы условия для организации своего «дела». Выпускникам на льготных условиях предоставлялись территории, оборудование. Оказывалась консультативная, техническая, финансовая и иная помощь. Ежегодные вложения штата в такой инкубатор составляли порядка 1 млн. долл. «Допуск» в инкубатор разрешался на период от 6 месяцев до 3 лет. Удовлетворялось в среднем до 20 % заявок. Речь шла о помощи «скрытым» (потенциальным предпринимателям), готовым создавать малые команды для объединения инженерно-технических, социально-гуманитарных, организационно-управленческих потенциалов и знаний.

Рост «инкубаторских программ» в США характеризовался следующей динамикой: 1983 г. – 26; 1985 г. – 130; 1987 г. – 230; 1991 г. – около 1000.

В таблице 2 дано условное разделение «инкубаторов» по целям в зависимости от их собственности на них.

Таблица 2

Цели инкубаторов	Вузовских	Обществен.	Корпоративных	Частных
Участие в будущих доходах	X	–	XXX	XXX
Получение арендной платы	X	X	X	XX
Диверсификация производства	–	–	X	–
Создание новых рабочих мест	–	XXX	–	–
Экономичес. рост и диверсификация экономики региона	–	XX	–	–
«Обкатка» новых идей	XXX	–	XX	–
Создание учебного полигона	XXX	–	–	–

Качественные характеристики, использованные в таблице: XXX – доминирующие факторы, XX – значительные факторы, X – второстепенные факторы.

Финансирование штатов и местных органов власти является доминирующим для «общественных инкубаторов» и существенным для вузовских («университетских») инкубаторов. Субсидии федерального правительства оказываются существенными для «общественных инкубаторов» и второстепенными для вузовских и частных. Общественные инкубаторы создаются правительствами штатов и (или) органами местной власти. Один из первых «общественных инкубаторов» был создан, например, графством Бенингтон в штате Вермонт. На федеральные средства и средства штата этим графством было закуплено заброшенное здание старой фабрики и переоборудовано для оборудования мелких предприятий инвалидов, живущих на территории графства.

Промышленная фирма «Контролдейта» с 1979 года создала 18 инкубаторов, объединенных «Сетью по созданию новых рабочих мест», состоящей из трех подсистем:

- хозяйственно-технические центры (в 10 городах США), предоставляющие на (условиях аренды) производственные, конторские помещения и лабораторное оборудование, компьютеры, информационные сети, а также консультационные услуги и помощь в получении займов у администрации по делам мелкого бизнеса;

- «офисы сотрудничества», действующие на условиях самокупаемости, в которых фирма осуществляет техническую, экономическую экспертизу проектов, помогает составить хозяйственный план, оценивает финансовые перспективы проекта;

- «фонд стартовых возможностей» (дочерняя венчурная компания) для предоставления «стартового капитала».

За 7 лет эта фирма оказала поддержку 8 тыс. изобретателям, 735 мелким предприятиям.

Частные инкубаторы оказывают, как правило, помощь мелким предприятиям, если у них есть возможность выйти на уровень объема продаж за 5 лет порядка 5 млн. долл. в год.

Особую роль в создании благоприятного инновационного климата в США играют политики штатов, которые вводят свои региональные политики и активно взаимодействуют с федеральными фондами и программами «Поощрения НИОКР в компаниях мелкого бизнеса». Например, в Пенсильвании «Программа поддержки инкубаторов для мелкого бизнеса» финансируется с участием 120 университетов и 1700 промышленных корпораций.

По аналитическим данным АМБ, использование «инкубаторов» играет решающую роль в развитии мелкого инновационного предпринимательства:

- Выживаемость мелких предприятий вне «инкубаторов» – 3/4 погибает в течение первых 1,5 лет;

- После выпуска из «инкубаторов» (после периода инкубации) 70-80 % мелких инновационных предприятий продолжают жить минимум 3 года.

Возраст претендентов на участие в инновационных проектах колеблется от 23 лет (после окончания вузов) до 63 лет. Средний возраст таких лиц в США составляет 39 лет.

По результатам американских исследований выявлены следующие «отклики» участников инновационных проектов на деятельность «инкубаторов»:

- «степень спроса услуги инкубатора» – по проценту опрошенных (из 100 % для выборки);

- «степень важности услуги инкубатора» – средняя для выборки значимость услуги по 10-балльной шкале.

Выборка таких данных из работы [2] приведена в табл. 3.

*Полагается*, что приведенные в табл. 3 данные следует учитывать при проектировании функциональной структуры «российских инкубаторов».

*Следует отметить*, что термин «*оформление патентов*» следует воспринимать в «широком смысле». Речь идет о формировании, защите исключительных прав на разные объекты интеллектуальной собственности, включая авторские права и «ноу-хау». Некоторые аспекты такой услуги могут быть скрыты за услугами «страхование», «контрактирование» и некоторыми другими видами услуг.

*Следует отметить*, что за рубежом (вне США) и в России наиболее широкое распространение получили не «инкубаторы», а так называемые «научно-технические парки». Это сегодня характерно и для Республики Татарстан. Опыт деятельности таких «парков» описан, например, в работах [13, 14]. Эти «парки» не предназначены для замены «инкубаторов» и не способны их заменить. Поэтому авторы считают, что выживаемость мелких

инновационных предприятий в таких «парках» (вне инкубаторов) будет такой же, как и по данным АМБ – не более 1/3 уже через 1,5 года после создания таких предприятий. По этой причине ориентация органов власти на создание «научно-технических парков» вместо ориентации на «инкубаторы» считается неудачной и бесперспективной.

Таблица 3

Вид услуги	Степень спроса	Степень важности
<b>Консультирование:</b>		
• налогообложения	39	6,4
• страхования	14	10
• получения гос. займов и грантов	34	9,0
• контрактирования	14	7,5
• выпуска акций	21	8,3
• планирования	52	6,6
• маркетинга	29	8,8
• проведения НИОКР	27	6,0
<b>Предоставление помощи:</b>		
• ведение отчетности	39	6,8
• оформление патентов	21	5,8
• компьютерной обработ. данных	41	7,8
<b>Сдача в аренду:</b>		
• зданий и помещений	64	9,7
• залов для совещаний	77	8,4
• кафетериев	27	7,3
• транспортных средств	27	6,7
• оборудования	36	6,5
<b>Предоставление:</b>		
• телефонов	6,3	8,6
• библиотек	29	6,3
• венчурного капитала	23	3,8
• копировальной техники	75	8,8
• услуг почты	64	3,2
• канцелярских услуг	66	8,1
• персональных компьютеров	52	7,2

## 2. Авторская концепция создания «Казанского муниципального инновационного центра» (КМИЦ)

Назначение КМИЦ – разработка и осуществление единой муниципальной политики создания и использования благоприятного инновационного климата в интересах жителей г. Казани и граждан Республики Татарстан.

Предлагаемый вариант функциональной структуры КМИЦ отражен на рис. 5.

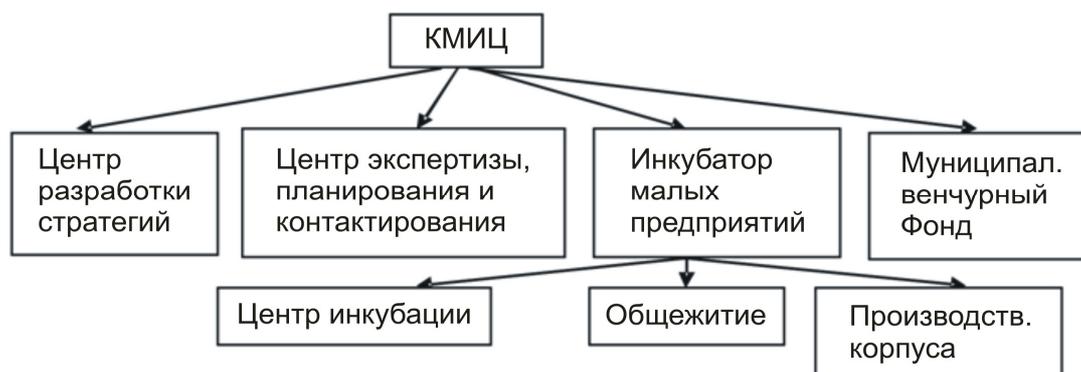


Рис. 5. Структурно-функциональная организация КМИЦ

«Центр разработки стратегии» (Стратегический штаб, «мозг» КМИЦ) предлагается создать для:

- разработки проектов муниципальных нормативных актов под заранее заданные цели для органа местного самоуправления;
- анализа результатов применения нормативных актов, принятых органами местного самоуправления;
- разработки коррекции действующих нормативных актов;
- разработки методов и условий защиты интеллектуальной собственности.

Следует отметить, что в современной учебной и справочной литературе России, в том числе по менеджменту, невозможно найти объективные представления о сущности понятий «управление», «стратегия», «план управления» [15]. Поэтому роль и место такого центра в разработке стратегий инновационной политики трудно переоценить.

Назначение «Центра экспертизы, планирования и контрактирования»:

- разработка условий экспертного анализа предлагаемых инновационных проектов;
- проведение экспертизы предложений;
- разработка содержания и условий контрактов для получения «инвестиционного» и «инновационного налогового кредита», а также условий «венчурного финансирования»;
- планирование правовых и социально-экономических результатов осуществления каждого инновационного проектов;
- интегральное обобщение плановых результатов (индикаторов) реализации всех договорных политик.

Назначение «Центра инкубации»:

- инкубация на первом этапе проверки состоятельности идей (от 3-х месяцев до полугода);
- инкубация на втором этапе с созданием малых инновационных предприятий (от полугода до года);
- инкубация на третьем этапе стартового этапа деятельности созданных малых инновационных предприятий (от года до двух лет);
- взаимодействие с предприятиями, прошедшими инкубационный период, в течение последующих 5 лет.

При планировании видов инкубационной поддержки и соответствующей функциональной структуры Центра инкубации предлагается использовать данные, отраженные в табл. 3.

Учитывая специфику налогово-бюджетной федеральной политики и полномочия «местного самоуправления» г. Казани, а также государственную республиканскую поддержку, в качестве основного налогового регулятора предлагается при создании и последующем функционировании малых инновационных предприятий использовать «регуляторы»:

- **«метод налогового инвестиционного кредита»**, при котором основными объектами являются налоговые базы при исчислении и взимании налога на землю и налога на строительную недвижимость на основе контрактирования с использованием идей, высказанных в работах [8-10];
- **«метод залогового кредитования»**, соответствующий американскому опыту 1985-1996 годов, использованный в США для «революционных» изменений в управление сельскохозяйственным производством и в плановом режиме, апробированный в 1997-2002 годах;
- **«методы законной минимизации НДС»** с использованием методов агентирования и других при общей организационно-управленческой роли Центра;
- **«методы законной защиты, оценки и использования объектов интеллектуальной собственности»** для формирования активов малых инновационных предприятий и включения таких активов в объекты амортизации и себестоимости товаров.

Если первые два метода могут быть в основе заимствованы из американского опыта, некоторые приемы третьего метода могут быть заимствованы из немецкого опыта, то последний метод должен носить оригинальный характер, соответствующий сложности российского законодательства.

Полагается, что КМИЦ должен быть юридически (и на праве собственности) отделен от вузовских инкубаторов (инновационных центров), но быть связан с ними, используя их активы,

а также может участвовать во взаимодействии с корпоративными и частными инкубаторами в Татарстане и за его пределами.

Предлагается при *Центре инкубации* создать отдельные подразделения на базе отдельных зданий:

- 1) общежитие квартирного типа для загородных участников инновационных проектов. Речь идет об общежитии, в котором плата за наем помещений не взимается в течение периода «инкубации». Доступ в такое общежитие (как и в «инкубатор») не должен ограничиваться возрастным, социальным цензом и местом постоянного проживания;
- 2) здание с производственными мощностями (станками, оборудованием);
- 3) здание для мелкого ремесленничества.

С учетом высказанных предложений в градостроительном проекте предусмотрены:

- 1) строительство здания, с размещением в нем КМИЦ с отдельными функциональными блоками;
- 2) строительство общежития;
- 3) реконструкция здания для размещения заводских мастерских и лабораторного и оборудования;
- 4) реконструкция здания для размещения в них мастерских для мелкого ремесленничества.

### Заключение

В рамках градостроительного проекта реконструкции улицы Московская в центральной части города Казани предложено создание комплекса зданий Казанского муниципального инновационного центра (КМИЦ). На основе изучения американского опыта выявлены юридические, правовые и финансово-экономические аспекты формирования территориальных политик по созданию благоприятного инновационного климата. Результаты такого изучения использованы для разработки концепции создания и функционирования КМИЦ, предложенной авторами для реализации инновационного пути развития Казани и Республики Татарстан.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Айдарова Г.Н. Морфологический анализ городских пространств старой Казани и вопросы проектирования в исторически сложившейся среде: Методическое указание. – Казань, 1988.
2. Айдарова-Волкова Г.Н. Татарские слободы Казани: архитектурно-градостроительное развитие и методологические аспекты реконструкции: Учебное пособие. – Казань, 1999.
3. Айдаров С.С. Архитектурное наследие Казани. – Казань: Татарское книжное издат., 1978.
4. Остроумов В.П. Казань. – Казань: Издат. КГУ, 1978.
5. Салихов Р.Р., Хайрутдинов Р.Р. Республика Татарстан. Памятники истории и культуры татарского народа (кон. XVIII – нач. XX веков). – Казань: ФЕСТ, 1995.
6. Давлетшина А.Х. Дипломная работа: Реконструкция квартала Старо-Татарской слободы, ограниченной улицами Ахтямова, Марджани, С. Садыковой, Эсперанто.
7. Заварцева О.А. Дипломная работа: Реконструкция пивоваренного завода «Петсолт».
8. Ланцов В.М., Киреева Т.М., Емельянова И.Ш. Очерки о зарубежном опыте государственного управления экономикой. – Казань: ЗАО «Новое знание», 1997. – 116 с.
9. Ланцов В.М. Очерки о зарубежном опыте государственного управления экономикой. – Казань: ЗАО «Новое знание», 1998. – 152 с.
10. Ланцов В.М. НДС – налог или главный механизм развала экономики России? (критический анализ российского опыта). – Казань: ЗАО «Новое знание», 1997. – 140 с.
11. Ланцов В.М., Киреева Т.М., Устинов А.Э., Фаррахов А.Г., Фаизова Р.Р. Ростовщичество и лихва в кредитных договорах и в финансовой политике. – Казань: ЗАО «Новое знание», 2009. – 248 с;
12. Ланцов В.М., Устинов А.Э., Устинова Л.Н., Ланцов М.В. Инновации: ноу-хау. Моделирование правовой защиты, коммерциализации, рентабельности. – Казань: ЗАО «Новое знание», 2010. – 52 с.

13. Организация и развитие в системе высшей школы научных технологических парков. 4.1. Зарубежный опыт. / Пер. с англ. / Под ред. В.Е. Шукшинова. – М.: Гособразование СССР, Типография Ярославского политехнического института, 1990. – 92 с.
14. Организация и развитие научных технологических парков в системе высшей школы. Ч. 2. Зарубежный опыт. / Пер. с англ. Гош Г.А., Гош С.М./ Под ред. В.Е. Шукшинова. – М.: Гособразование СССР, Типография Ярославского политехнического института, 1991. – 105 с.
15. Ланцов В.М., Шаймарданова А.Н., Киреева Т.М., Устинов А.Э. Жилищно-коммунальное хозяйство: основы теории и критический анализ российского опыта. – Казань: ЗАО «Новое знание», 2008. – 504 с.
16. Халитов Н.Х. Памятники архитектуры Казани XVIII – начала XIX веков. – М.: Стройиздат, 1991.
17. Журнал «Дизайн и новая архитектура», 2007, № 24.
18. www. old.kazan.ru.

#### REFERENCE

1. Aidarova G.N. Morphological analysis of urban space of ancient Kazan and design issues of historical surroundings: Methodological instruction. – Kazan, 1988.
2. Aidarova-Volkova G.N. Kazan Tatar Settlements: Architecture and urban development and methodological aspects of reconstruction: Teaching aid. – Kazan, 1999.
3. Aidarov S.S. Architectural heritage of Kazan. – Kazan, 1978.
4. Ostroumov V.P. Kazan. – Kazan, 1978.
5. Salikhov R.R., Khairutdinov R.R. Tatarstan Republic. Monuments of history and culture of the Tatar nation, 1995.
6. Davletshina A.Kh. Diploma: Urban reconstruction of old Tatar Settlements area.
7. Zavartsova O.V. Diploma: Reconstruction of Petsolt's brewery.
8. Lantsov V.M., Kireeva T.M., Emeljanova I.Sh. Essays on foreign experience of State Economy Management, 1997.
9. Lantsov V.M. Essays on foreign experience of State Economy Management, 1998.
10. Lantsov V.M. NDS – Is it a tax or main reason for the economic collapse in Russia? (a critical analysis of the Russian experience), 1997.
11. Lantsov V.M., Kireeva T.M., Ustinov A.E., Farrakhov A.G., Faizova R.R. Usury and excess in the credit contracts and financial policy, 2009.
12. Lantsov V.M., Ustinov A.E., Ustinova L.N., Lantsov M.V. Innovation: know-how. Modeling of legal protection, commercialization, profitability, 2010.
13. The organization and development in the system of scientific and technological high school parks, 1990.
14. The organization and development of scientific and technological parks in the system of high school, 1991.
15. Lantsov V.M., Shaimardanova A.N., Kireeva T.M., Ustinov A.E. Household and communal services: fundamental theory and critical analysis of the Russian experience. – Kazan. 2008.
16. Khalitov N.Kh. Kazan architectural monuments, 1991.
17. Magazine «Design and new architecture», 2007, № 24.
18. www. old.kazan.ru.

УДК 72.012.6:7.038.16

**Григорьев А.А.** – аспирантE-mail: [sasha@grigorev.com](mailto:sasha@grigorev.com)**Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет****ТИПОЛОГИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ РЕШЕНИЙ ФАСАДОВ  
В АРХИТЕКТУРЕ ФУНКЦИОНАЛИЗМА/НЕОФУНКЦИОНАЛИЗМА****АННОТАЦИЯ**

В данной статье автором представлены основные типы композиционных решений фасадов архитектуры функционализма/неофункционализма. Приведена аналитика их базисной структуры, основанная на выявлении закономерностей построения метрических рядов. На основании выявленной структуры прослежена эволюция композиционных принципов, позволившая существенно развить типологию фасадных решений в архитектуре неофункционализма.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** функционализм, неофункционализм, композиция фасадов, типология.

**Grigorev A.A.** – post-graduate student**Saint-Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering****TYPOLOGY OF FACADE COMPOSITIONS IN ARCHITECTURE  
OF FUNCTIONALISM/NEOFUNCTIONALISM****ABSTRACT**

In this article the author presents the main types of composite solutions of facades in functionalism / neofunctionalism architecture. Shows the basic structure of the analyst, based on identifying patterns of constructing metric series. Based on the identified structures traced the evolution of compositional principles, which allowed essentially to develop a typology of front solutions in architecture neofunctionalism.

**KEYWORDS:** functionalism, neofunctionalism, the composition of facades, typology.

Неофункционализм, продолжающий и развивающий формотворческую «линию» функционализма, является одним из базовых направлений в современном зодчестве. В отличие от других ведущих направлений начала XX века (эkleктизм, неоклассика, модерн, ар-деко), функционализм не превратился в ретро-стиль, к которому время от времени обращаются как к экзотической стилистике (или для гармонии с историческим окружением), а плодотворно, хотя и на формальной основе, развивается как бесспорно современный и вполне массовый творческий метод неофункционализма. Более того, он стал определенной точкой отсчета для таких поисковых направлений, как хай-тек, минимализм, дизайн-архитектура, метаболизм и даже деконструктивизм. Причина такой длительной творческой плодотворности – в самой природе функционализма, основанной не на декоративно-пластических эффектах, а – как все народное зодчество – на факторах структурного порядка. Поэтому неофункционализм вполне закономерно сегодня становится объектом пристального интереса архитектуроведения.

Одна из проблем здесь связана с развитием эстетики функционализма в современных условиях. Речь может идти именно о развитии формальных приемов, поскольку полемический этап утверждения концепции функционализма остался позади как достояние истории.

Настоящая статья посвящена частному, но важнейшему вопросу эстетики неофункционализма – типологии фасадных решений.

Развитие композиционной типологии фасадов в архитектуре неофункционализма предопределено необходимостью преодоления в современных условиях чрезмерной пластической сдержанности объемных форм зданий функционализма (преимущественно пластин). Необходимость такого преодоления вызвана не только стилистическим плюрализмом, столь характерным для современности, но и все большим значением в

архитектурном творчестве требований контекстуальности, столь чуждой функционализму, творческий метод которого ограничивал развитие фасадных решений.

В основу предложенной в настоящей статье классификации положена система метрических рядов (полей<sup>1</sup>), образованных множествами повторяющихся элементов. Для выявления композиционных закономерностей использовались «ритмические партитуры» фасадов [1], позволившие представить композиции в схематичном виде, удобном для систематизации. В качестве единицы метрических рядов (в ряде случаев полей) могут выступать различные элементы фасада – как структуроформирующие (окна, балконы, лоджии), так и вторичные (светозащитные решетки, ребра, членения фасада и пр.).

Проведенное изучение фасадов функционалистских зданий позволило выявить два основных типа фасадных решений – ленточные и экранные структуры.

**Ленточные структуры** в исходном варианте представляют собой выраженные горизонтальные или вертикальные группы элементов. Ленты визуальнo отсылают к представлениям о тектонической структуре здания. Так, горизонтальные ленты вызывают ассоциации с уровнями, вертикальные, совпадая с вектором сил тяготения, со столбами. Использование лент фокусирует внимание на линейных свойства объекта, вызывая тем самым эмоциональное ощущение стабильности и уравновешенности.

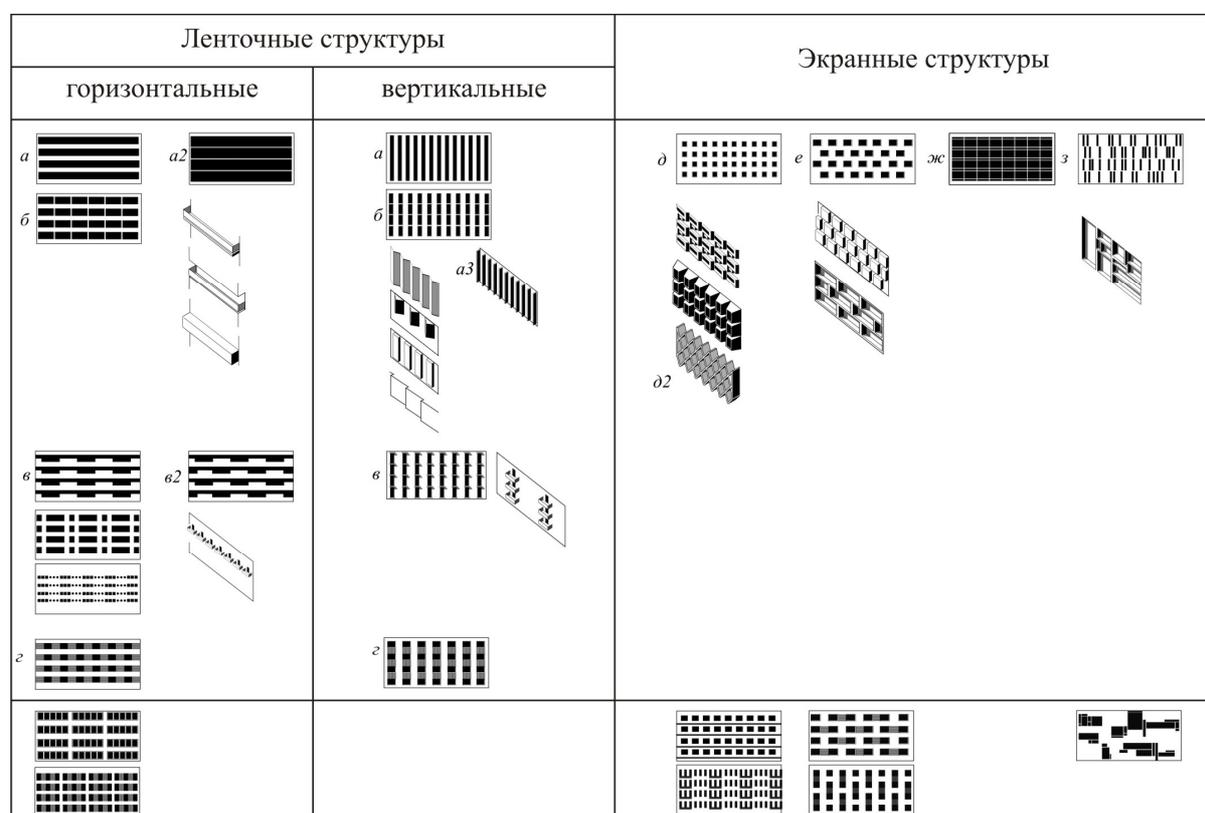


Рис. 1. Типология решений фасадов

Среди ленточных структур наиболее распространенным является горизонтальное ленточное остекление, постулированное в 5 принципах «новой архитектуры» Ле Корбюзье. Менее распространенными являются вертикальные ленты. В отличие от горизонтальных, подчеркивающих протяженность, вертикальные напротив рассекают фасад на части, тем самым зрительно прерывая активную динамику горизонталей.

Для оконных ленточных структур простейшим типом являются сплошные ленты окон, где расстекловки и цвет рамы нивелированы, что создает эффект цельного непрерывного

<sup>1</sup> Автором предлагается использовать термин «метрическое поле» для обозначения совокупности метрических рядов. Например, метрическое поле фасада здания образовано группой метрических рядов отдельных этажей.

остекления (рис. 1 а). На уровне метрической схемы такие ленты представляют собой многократный повтор модуля без интервалов. Апофеозом увеличения высоты горизонтальных лент окон являются «стеклянные этажи». В этом случае высота остекления достигает размера всего этажа, на фасаде стеклянные ленты разделяются только междуэтажными перекрытиями, за счет чего создается элегантный графичный эффект, часто обостряемый контрастным сочетанием цветов стекол и междуэтажных перекрытий. Вследствие этого фасад здания воспринимается как стеклянная плоскость, «расчерченная» тонкими линиями (рис. 1, 2 а).

Потребность в повышении выразительности и эстетических качеств (в том числе учет требований индивидуальности) фасадных решений послужила толчком к поиску способов обогащения образа лент. Простейшим из них явилось увеличение композиционной значимости простенков (при сохранении считываемости образа ленты) и структуры отдельно взятого окна и использование оконных рам в качестве собственном ритмического мотива. Такие обогащения ленточных композиций были поддержаны, с одной стороны, развитием типологии расстекловок окон, с другой, напротив – отказом от переплетов и увеличением площади цельной поверхности стекол. В случае с вертикальными лентами окон эффект включения в структуру ленты интервалов (разделяющих элементы) являлся следствием естественной необходимости обеспечить сопряжения между вертикальной лентой и междуэтажными перекрытиями (рис. 1 б).

Другим вариантом усложнения ленточных структур, уже на уровне композиции метрического ряда, является чередование нескольких элементов в пределах метрической группы. Простейшим и наиболее распространенным примером такого чередования является попеременное использование элементов различных размеров и (или) форм (рис. 1 в). Выразительность такой композиции могла быть усилена за счет поочередной сдвижки элементов в различных лентах, что создавало своеобразную визуальную «перевязку» метрических рядов (рис. 1, 2 в). Внесение в общую композицию дополнительного объединяющего ритма вызывало восприятие фасада в качестве единого коврового рисунка. Подход в духе сплошного рисунка роднит такое метрическое поле с фасадами экранного типа, смещая акцент на восприятие общего объема здания. В противовес однородной структуре линейных фасадов, вызывающих ощущение монотонной стабильности, чередование метрических рядов, напротив, создает насыщенный динамичный эффект.

С определенной долей условности к методу чередования элементов метрического ряда можно отнести прием акцентной обработки простенков. Являясь чисто внешней попыткой создать эффект ленточного остекления (или намек на него), архитектор создавал метрический ряд из чередующихся оконных проемов и обработанных простенков (рис. 1 г). С течением времени данный прием утратил связь с аллюзией ленточной структуры и укоренился в качестве метода группировки элементов. Такое объединение служило как обогащению визуального образа за счет привнесения дополнительных цветов и фактур, так и корректировке масштабного строя здания по средствам укрупнения композиционного модуля.

Преодоление генетической связи с задачами имитации линейных структур в практике неофункционализма позволило придать данному приему «новое звучание» и задействовать все многообразие современных фактур, цветов и материалов.

Объемным воплощением безытервальной линейной структуры горизонтального типа являются балконы-этажи, этажи-лоджии, а также консоли, идущие во всю ширину здания (или вдоль значительной его части). Для вертикальных структур – членения фасадов на участки, устройство эркеров, вертикальные группы балконов и лоджий. Реализацией принципа нюансного обогащения таких элементов (каким для окон является усложнение рисунка расстекловок и акцентирование оконных рам) стало зонирование пространства балконов-этажей легкими перегородками или колоннами. Объемным примером устройства линейных метрических рядов с интервалами является устройство групп балконов и лоджий, расположенных с разрывами. В этом случае за счет чередования типов ограждений в композицию вводится дополнительная ритмическая тема.

В общей типологии решений фасадов следует отметить особое место, которое занимает устройство вертикальных ребер (рис. 1, 3 а). В отличие от остальных приемов, абстрактных по своей визуальной природе, вертикальные ребра отсылают к образу входного портика, традиционно свойственного архитектуре представительских зданий. С одной стороны, в этой отсылке проступает характерная для развитого неофункционализма ностальгия по монументальности, с

другой – закамуфлированная (постмодернистская) потребность использовать метафоры, доступные массовому сознанию. Ясность этой ссылки на исторические прообразы, ее «популярность» в архитектуре административных зданий характерно выявила неспособность одного архитектурного стиля (в данном случае функционализма/неофункционализма) удовлетворить всю палитру жизненных потребностей общества.

Как отмечалось ранее, альтернативной группой фасадных решений являются композиции **экранного типа**. В отличие от линейных систем, в основе которых лежит идея выявления горизонтальных и вертикальных свойств, экранные композиции напротив трактуют фасад в виде однородной структуры.

На этапе функционализма типология экранных решений была представлена фасадами с регулярным расположением элементов (рис. 1 д, е) и навесными стеклянными ограждениями (рис. 1 ж). В первой группе за счет сходных горизонтальных и вертикальных интервалов между элементами зрительно не выявляется какое-либо превалирующее направление. В то же время, для данного типа характерно построчное расположение элементов в вертикальном и горизонтальном направлении, т.е. элементы образуют ровные строки и столбцы. Обостренная системность такой композиции придает ей монотонный и крайне статичный характер (рис. 1 д).

Динамичной трактовкой той же системы является фасад с построчным смещением элементов, за счет чего элементы различных строк (столбцов) располагаются как бы в шахматном порядке (рис. 1 е), снимая ощущение статичности в пользу динамичного, но столь же монотонного эффекта. Отметим, что эффект «шахматного» фасада может усугубляться за счет увеличения размеров модуля и сближенного расположения угловых зон модулей.

Стремление обогатить выразительность стеклянных стен, ставших настоящим символом функционализма, стимулировало разработку многочисленных рисунков расстекловок и вариантов пропорций. Неофункционализм, используя достижения строительных технологий, широко стал применять цельные стеклянные поверхности и сочетание различных видов стекол в одной композиции.

Возникшее в практике зрелого неофункционализма стремление преодолеть монотонную «гипнотическую» системность решений фасадов вылилось в возникновение приема свободной композиции элементов фасада. Такая композиция, сохраняя родство с другими ковровыми типами решения фасадов, основана на расположении элементов без видимого организующего принципа – свободно (рис. 1 з). Хаотичность этого приема позволила освободиться от гнетущего ощущения механистичности композиций функционализма. Его живописная иррациональность дала возможность выйти за рамки столь свойственной функционализму системности. Выразительный потенциал приема способствовал его стремительному закреплению в качестве характерного признака актуального архитектурного образа.

Композиционное обогащение названных типов, так же, как и в линейной группе, осуществляется за счет введения дополнительных элементов композиции.

В группе объемных решений «новым словом» явилось появление приставных объемных сеток (рис. 1, 2 д). Представляя собой внешний сетчатый контур, обрамляющий лаконичный объем здания, внешняя оболочка существенно увеличивает выразительность архитектурного образа. В то же время этот прием отражает освобождение неофункционализма от прямолинейной трактовки функциональной обусловленности.

Как для ленточных, так и для экранных типов фасадов неофункционализм использует и такое композиционное средство, как изменение масштабного строя исходных «функционалистских» типов фасадных структур. Для регулярных фасадов экранного типа, представляющих собой наиболее дробную структуру, изменение масштабного строя осуществляется компоновкой элементов в группы, объединение в которые осуществляется за счет установки визуальных связей, прежде всего обработкой интервалов (простенков), введением связующих тяг и линий.

Для свободной композиции фасада изменение масштабности ряда осуществляется за счет увеличения числа свободных параметров композиции, к которым могут относиться не только интервалы между элементами, но и их габаритные размеры.

Установлено, что перечисленные типы композиций (кроме сводной композиции экранного типа) в своей исходной форме были выработаны в практике функционализма-конструктивизма.

В приведенной выше структуре отображены типы фасадных композиций в «чистом виде». В то же время, богатство фактических форм неофункционализма обусловлено не только развитием типологии композиций метрических систем, но и многочисленными вариациями пропорций элементов и их масштабом относительно габаритов и формы всего здания.

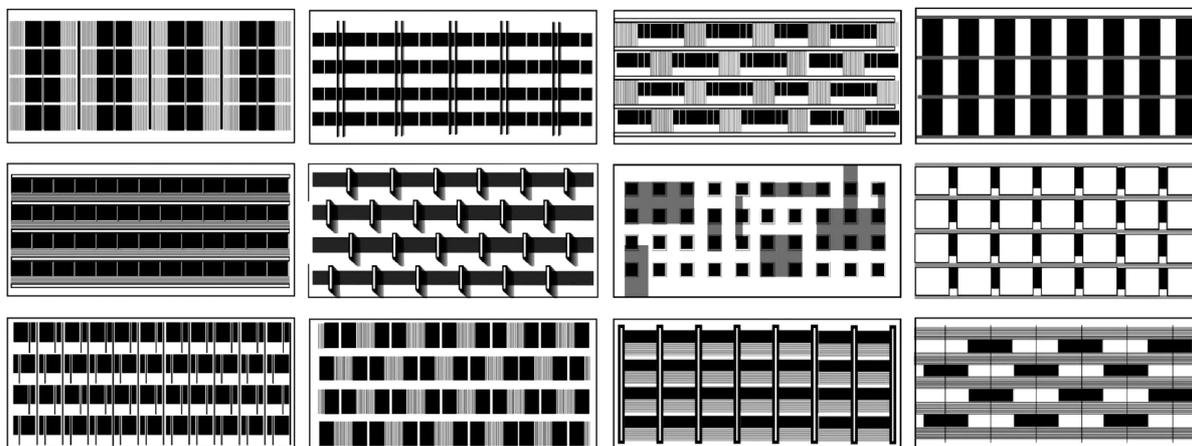


Рис. 2. Примеры фасадов комбинированного типа

Помимо различных трактовок базовых типов, развитие типологии шло и по пути синтеза метрических композиций **комбинированного типа** (рис. 2). Они образовывались за счет послойного наложения нескольких метрических систем, вследствие чего возникала сложная многоплановая композиция фасада. В этом случае неофункционализм решает и более сложную задачу корректировки композиции не только отдельного ряда, но и всего метрического поля. Задача решается введением в композицию крупных «связующих» систем и наложением метрических рядов различных пропорций.

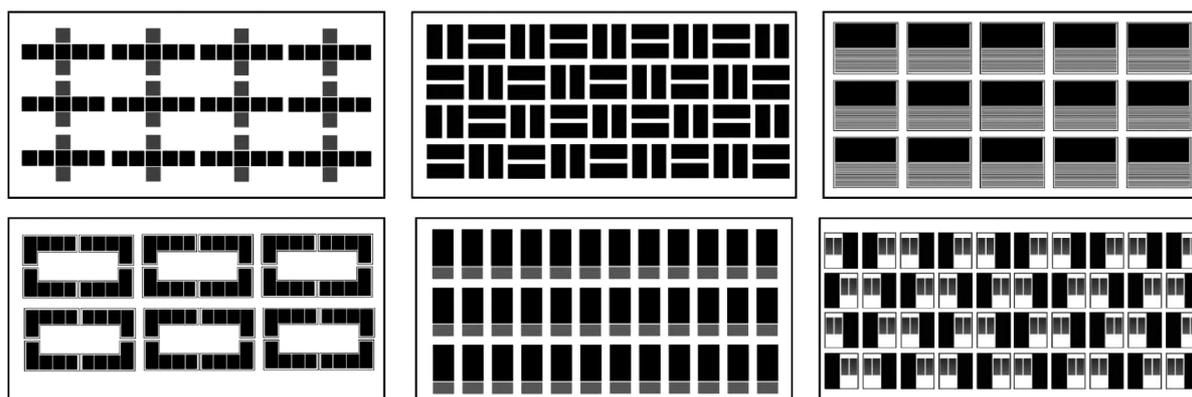


Рис. 3. Примеры фасадов с использованием составных модулей

Также развитие фактической вариативности решений фасадов было подкреплено появлением сложных составных модулей (элементов метрического ряда). Такие компоновочные модули могли включать в себя как несколько окон, так и несколько элементов, выполненных в различных материалах (рис. 3). Также практика неофункционализма привнесла свободное использование цвета, новых фактур, отделочных материалов и технологических решений фасадов.

Параллельно развитию типологии метрических систем происходило развитие композиций фасадов смешанного типа, в основе которых лежали принципы компоновки нескольких метрических систем на различных участках фасада, контрастное соотношение глухих и пластически насыщенных участков, сопоставление дробной пластики отдельных элементов и крупной пластики групп, а также акцентирование цокольной и (или) верхней частей здания.

Из приведенной типологии видно, что неофункционализм утратил жесткую связь внутреннего содержания и внешней оболочки, проявляя ориентацию на внешнюю репрезентативность. Такой подход «развязал руки» поискам внешней экспрессивности, что, по сути, является возвращением к отрицаемому «орнаментальному» подходу к решению фасада.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Иконников А.В. Основы архитектурной композиции. – М.: Изд-во «Искусство», 1971. – 55 с.
2. Кринский В.Ф., Ламцов И.В., Туркус М.А. Элементы архитектурно-пространственной композиции. – М.: Стройиздат, 1967. – 168 с.
3. Стасюк Н.Г., Киселева Т.Ю., Орлова И.Г. Основы архитектурной композиции. Учебное пособие. – М.: Изд-во Архитектура-С, 2004. – 96 с.
4. Френсис Д.К. Чинь. Архитектура: форма, пространство, композиция. – М.: Астрель, 2010. – 432 с.
5. Зигель К. Структура и форма в современной архитектуре. – М.: Стройиздат, 1965. – 270 с.
6. Вавилин В.Ф., Вавилин В.В., Моисеенко В.А., Федин В.А. – Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2005. – 112 с.

### REFERENCES

1. Ikonnikov A.V. Fundamentals of Architectural Composition. – M.: Publishers «Iskusstvo», 1971. – 55 p.
2. Krinsky V.F., Lamtsov I.V., Turkus M.A. Elements of architectural and spatial composition. – M.: Stroiizdat, 1967. – 168 p.
3. Stasiuk N.G., Kiseleva T.Y., Orlova I.G. Fundamentals of architectural composition. Textbook. – M.: Architecture-C, 2004. – 96 p.
4. Francis D.K. Chin. Architecture: form, space, composition. – M.: Astrel, 2010. – 432 p.
5. Siegel K. The structure and form in modern architecture. – M.: Stroyizdat, 1965. – 270 p.
6. Vavilin V.F., Vavilin V.V., Moiseenko V.A., Fedin V.A. – Saransk: Publishers Mordvinian University, 2005. – 112 p.

УДК 72:378

**Данченко Л.В.** – старший преподаватель

E-mail: d9700@yandex.ru

**Керн Т.А.** – доцент**Казанский государственный архитектурно-строительный университет**

## РАЗВИТИЕ ТЕОРИИ ПЕРСПЕКТИВЫ КАК СРЕДСТВА ВИЗУАЛИЗАЦИИ АРХИТЕКТУРНОГО ОБЪЕКТА

### АННОТАЦИЯ

В статье рассматриваются вопросы построения перспективных изображений. Показывается связь метода построения со зрением человека. Также определяются значение наглядных изображений в творчестве архитектора и место перспективы в общей теории изображений. Анализируются наиболее значимые этапы развития перспективы как науки и обобщены исторические сведения, посвященные формированию теории перспективы, с учетом ее места в истории архитектуры. В первую очередь, это первые теоретические изыскания в Древней Греции, поиск практического применения теории в эпоху Ренессанса. Кроме того, изложены некоторые современные подходы к применению перспективы в изображении объекта и роли данного аспекта в формировании профессионализма архитектора.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** изображение, перспектива, восприятие, архитектура, центральное проецирование, плоскость, пространство.

**Danchenko L.V.** – senior lecturer**Kern T.A.** – associate professor**Kazan State University of Architecture and Engineering**

## DEVELOPMENT OF PERSPECTIVE AS A MEAN OF ARCHITECTURAL OBJECT VISUALIZATION

### ABSTRACT

This paper considers issues concerning perspective imaging. The relation between imaging method and the human vision is shown. The meaning of visual images in an architect's creation work and the place of perspective in general image theory are defined as well. The most significant stages of perspective development as a science are analyzed; historical data related to perspective theory development with respect to its place in the history of architecture are generalized. Primarily it is the first theoretic research of Ancient Greece, search for practical application of the theory at the age of Renaissance. Besides some modern approaches to perspective application in object imaging, and to the role of this aspect in development of an architect's competency are reviewed.

**KEYWORDS:** image, perspective, perception, architecture, central projection, plane, space.

Выполнение изображений, или графическая визуализация, представляет собой необходимую составную часть творческого процесса проектирования объекта архитектуры и служит важнейшим средством конкретизации замысла проектируемого архитектурного сооружения, проверки его композиционных достоинств или недостатков. Изображение есть графическое отображение наблюдений человека и познания им окружающего мира, основанного на синтезе зрительного восприятия, образного и логического мышлений. Объект архитектуры как зрительно-воспринимаемая форма имеет определенный геометрический вид, фиксирующий соотношение ее размеров в трехмерном пространстве с другими его элементами и размерами человека. Помимо этого с помощью графической визуализации замысла осуществляется анализ возможного эффекта, производимого на зрителя будущим сооружением, его композицией. При этом оценивается положение объекта в пространстве относительно зрителя, объемные характеристики материала (фактура), линейная структура, масса, распределение светлых и темных участков на его поверхности (свет и тень), что усиливает или, наоборот, облегчает зрительное восприятие архитектуры. В процессе проектирования для визуализации своего замысла архитектор пользуется комплексом графических средств, в том числе чертежами, выполненными в ортогональных проекциях, позволяющими судить о форме объекта, размерах, масштабе, соотношении его частей и т.п. Но подобный чертеж является, прежде всего, плоской условной моделью пространственного объекта, которая не позволяет достоверно оценить композиционные характеристики,

воспринимаемые в натуре, что может приводить к несоответствию архитектурного замысла с реализованным проектом сооружением. Достоверность и визуальную наглядность возможно построить, используя метод центрального проецирования, на принципах которого основано зрение человека. Такое изображение называется перспективой, выполнение которой составляет неотъемлемую часть творческого процесса работы архитектора. Задачей перспективы является построение изображения, наиболее приближенного к восприятию объекта зрителем в действительности. Перспектива (пер. с франц. perspective – видеть насквозь, внимательно рассматривать) позволяет наглядно отобразить на какой-либо поверхности объемно-пространственную композицию, ее глубину, пропорции объемов, их отношения и взаимосвязь такими, как их воспринимает глаз человека. При этом зрительный аппарат человека выполняет функцию посредника между его мозгом и внешним миром. Благодаря движению глаза и повороту головы, человек в состоянии охватить пространство углом зрения до 180 градусов. Перспектива как способ визуализации дает метод получения на плоскости изображения, соответствующего виду наблюдаемых предметов, вызывая у зрителя достоверное представление об их форме и расположении в пространстве. В основе перспективы лежит метод центрального проецирования, но центральная проекция строится на плоскости при неподвижном аппарате проецирования (угол зрения может составлять 1 градус). Поскольку в действительности объект воспринимается при движении глаз и головы, то перспективой будет называться центральная проекция, при построении которой будут введены определенные ограничения, исходящие из особенности физиологии зрения человека, его восприятия. Основным ограничением при этом является величина угла зрения между крайними лучами, оптимальные значения которого по рекомендации физиологов находятся в пределах 25-35 градусов. Точка зрения должна выбираться не только по углу зрения, но и так, чтобы соблюдалось расположение главного луча, близкое к середине этого угла или не выходящее из его средней трети. В случае использования большего угла могут появляться искажения изображения в крайних элементах, что потребует дальнейшей корректировки, которая также необходима при естественном несовершенстве метода центрального проецирования. Кроме того, даже при довольно точном выполнении чертежа, полученное изображение объекта не полностью соответствует визуальному восприятию его в натуре. Данное несоответствие связано с физиологическими особенностями зрительного познания: бинокулярность зрения (видение двумя глазами), аккомодация глаза (приспособление видению предмета на различных расстояниях), конвергенция глаз (сведение зрительных осей при наблюдении близкорасположенных предметов).

Понятие перспективы имеет несколько значений, одно из них определяет ее как науку об изображении объектов, в том числе архитектуры, в пространстве на какой-либо поверхности в соответствии с кажущимися сокращениями их размеров, изменениями очертания формы, светотеневых отношений, которые наблюдаются в натуре. Также перспективой называется способ построения предметов, передающий их пространственное расположение и учитывающий искажение их формы при визуальном восприятии.

В архитектурном проектировании наиболее востребована перспектива, построенная на вертикальной плоскости или картине, которая называется линейной перспективой. Плоскость картины, как правило, выбирается вертикальной, но при низком расположении точки зрения может быть использована наклонная картинная плоскость. Традиционно сложилось, что изучение теории и овладение методами построения линейной перспективы является неотъемлемой составляющей архитектурного образования и формирования профессиональной компетентности архитектора. При этом теория линейной перспективы рассматривается как часть начертательной геометрии, несмотря на то, что впервые о перспективе упоминалось еще в трудах древнегреческих геометров [1]. Сегодня специалисты в области архитектурного образования определяют перспективу как основу теории изображений, изучаемую параллельно с начертательной геометрией. «Теория перспективы основана на применении центрального проецирования, а теория ортогональных, аксонометрических и проекций с числовыми отметками – на использовании параллельного проецирования. А, как известно, параллельное проецирование является частным случаем центрального, что еще раз подтверждает факт первичности перспективы». Кроме того, «возраст начертательной геометрии как науки – примерно двести лет, а первый труд по перспективе был написан Евклидом за 300 лет до нашей эры» (Степанов А.П. «К вопросу о создании новой системы в общей теории изображений»). Первые упоминания о перспективном изображении, дошедшие до нас, были в сочинении Евклида «Оптика», где, собственно, содержится учение о наблюдательной перспективе и «Катоприка», излагающая теорию искажения отражений в плоских, выпуклых и вогнутых зеркалах. На основе наблюдательной перспективы выполняются изображения с определением

на глаз размеров частей предмета, элементов пространства, углов наклона отдельных элементов. Тем не менее, не зная основных законов перспективы, нельзя достаточно грамотно и точно построить изображение любого, даже простейшего предмета. Поэтому теория перспективы не противоречит и не противостоит, а подкрепляет практику наблюдения и помогает архитектору точнее увидеть перспективные явления в процессе фиксации архитектурного образа и закономерности его визуализации на основе полученных знаний [2].

Изучение перспективы как науки основывается на одном из основополагающих гносеологических принципов – исторического подхода в познании – и осмыслении роли перспективы при визуализации архитектурных объектов. Развитие теории перспективы неразрывно связано с творчеством архитекторов, работавших в различные периоды формирования и существования социума. И в настоящее время теория перспективных построений сохраняет актуальность с точки зрения фундаментализации образования и практического применения полученных знаний на базе современных технологий визуализации архитектурных объектов. Также актуальность продиктована необходимостью выявления культурных пластов и научных связей в понимании изобразительности архитектурных замыслов и их влияния на процесс обучения в современной школе.

История свидетельствует, что египетские пирамиды и храмы, сооружения Древней Греции и Рима были построены по изображениям – прототипам современных чертежей. Начала геометрии и, в частности, перспективы можно встретить в трудах древнегреческих и римских ученых. Существует мнение, что впервые перспективные построения были выполнены древнегреческим геометром Агафаргом около 470 года до нашей эры при создании декораций к трагедиям Эсхила, о чем им был написан трактат «Commentarius» [3, 4]. Именно в этой связи Анаксагор и Демокрит решили поставить создание декораций на научную основу. Не случайно в то время построение перспективы называлось сценографией. Позднее, по мере достижения высокой степени развития математики, древним грекам стали известны некоторые геометрические приемы передачи глубины пространства, в частности за счет уменьшения размеров предметов, по мере удаления в глубь изображаемого пространства. Важно то, что древнегреческие геометры сделали попытку геометризации изображения пространства и его частей, применяя для этого понятие точки схода. Но все-таки это были, прежде всего, теоретические изыскания, без особого стремления к их практическому применению.

Способы построения перспективных изображений были изложены в трактате «Десять книг об архитектуре» древнеримского архитектора Витрувия (конец 1 века до нашей эры), где на базе анализа достижений греческих мастеров рассматриваются вопросы построения архитектурных чертежей. Он приводит первоначальные сведения, необходимые для построения наглядных изображений, упоминает понятия центральной проекции, главной точки и точки зрения, без каких-либо теоретических обоснований на основе обобщения опыта древнегреческих ученых в сфере изображений [3]. Таким образом, именно по описаниям Витрувия сегодня можно говорить о том, что греческие мастера в V веке до н.э. предполагали, как изображать на плоскости трехмерность предметов и пространство, где они находятся, т.е. разработали основы теории перспективы.

Дальнейшее изучение перспективных явлений продолжилось в эпоху Возрождения на фоне возросшего интереса к античной архитектуре, рисования ее с натуры [4]. Архитекторы и художники того времени занимались поиском средств отображения видимого и мыслимого путем продуктивного сочетания схем и перспективных построений объемов по правилам геометрии. Леон Батиста Альберти (1404-1472), являясь видным теоретиком изобразительного искусства Раннего Возрождения, обобщая опыт античных и современных ему мастеров (в первую очередь Брунеллески), в своих трактатах «О живописи» и «О зодчестве» изложил на математической основе теоретическое обоснование перспективы. Для Альберти понятие перспективы близко понятию картины, которая, согласно ему, «есть ничто другое, как пересечение зрительной пирамиды с установленным центром и лучами, представленным в виде линий и цветов» [2]. Свои эксперименты Альберти демонстрировал на макетах, которые напоминали камеры-обскуры. Но, тем не менее, будучи создателем теории линейной перспективы, Альберти отвергал использование перспективного чертежа, предлагая архитекторам пользоваться в работе рисунками в ортогональных проекциях, не искажающими основные размеры и масштаб [3]. Он придавал важнейшее значение пониманию чертежа и разработке методов графической визуализации замысла, что, несомненно, являлось революционным шагом в истории архитектуры. Кроме того, им были использованы для перспективных построений дистанционные точки, в которых должны были сходиться диагонали квадратов, но не дал этому теоретического объяснения, считая построения простыми

и понятными. Альберти предложил использовать для построения перспективы способ сетки, нанесенной на стекло. Ее нанесение проводится с использованием диагоналей квадрата, точками схода которых является дистанция или точки дальности. Сетка и в настоящее время применяется при высокой линии горизонта в процессе проектирования градостроительных и промышленных объектов, расположенных на больших участках. Художник и математик Пьеро делла Франческа (1415-1492) был автором множества научных трактатов, среди которых «Перспектива в живописи», содержащий интеллектуальный метод построения. В нем центральная точка схода является результатом, а не исходным пунктом [2, 4].

Для художников во главе с Донателло и Мазаччо точка схода, нанесение теней и другие элементы перспективы были самой насущной задачей того времени. Мазаччо (1401-1428) способствовал прорыву в изобразительном искусстве, уделив внимание методу, позволяющему создать иллюзию объемного пространства трехмерной формы на плоской поверхности картины [3]. Перспектива Мазаччо основывалась на оптической иллюзии, когда параллельные линии сходятся на линии горизонта в одной точке, создавая таким образом эффект глубины пространства картины. «Троица» Мазаччо – одна из первых в мировой живописи работ, в композиции которой были применены законы линейной перспективы для отображения трехмерного пространства. Суть метода построения заключалась в том, что фигуры уменьшаются по мере их удаления от зрителя, все линии сходятся в единой точке на горизонте. Мазаччо использовал находки Брунеллески и возможности перспективы, что применил в «Распятии» в церкви Санта-Мария Новелла во Флоренции [4]. При ее построении он использовал всевозможные механические средства, например, натянутые веревки, играющие роль линий схода.

Наряду с итальянским Возрождением на севере Европы идет интуитивная разработка проблемы перспективы в изображении интерьера. Например, Ян Ван Эйк на одной из своих картин «Портрет четы Арнольфини» строит центральную перспективу интерьера и отражает ее в выпуклом сферическом зеркале [3, 4].

Реформатором архитектурной системы Ренессанса по праву считается Филиппо Брунеллески (1377-1446) – итальянский архитектор и теоретик изобразительного искусства. Используя античные традиции, он применил правила перспективы в изображении архитектурных сооружений. С этой целью он разработал на строго математической основе учение о живописной перспективе. Брунеллески стоит у истоков создания пространства, последовательно основанного на рациональной перспективе, где геометрия подчиняет себе изображение [4]. Его метод построения перспективы, основанный на использовании точек схода параллельных прямых доминирующего направления, получил название «способа архитекторов» и отличается определенной простотой, доступностью. И сегодня данный способ построения перспективы архитектурных сооружений изучается в курсе начертательной геометрии, занимая важное место в формировании графической компетентности будущего архитектора. Что касается живописи, то в Эпоху Возрождения построение перспективы было все-таки умозрительным и позволяло свободную трактовку на практике, так как художники были посредственными геометрами, кроме, разумеется, Дюрера.

Альбрехт Дюрер (1471-1528) – немецкий художник, геометр, в своем «Руководстве для измерений циркулем и правилом» описал графический способ построения перспективы объектов с использованием ортогональных проекций. С помощью гравюр он показал различные механические способы построения перспективы, в которых положение точки зрения неподвижно относительно изображаемого объекта и картины, связанных горизонтальной плоскостью [3]. Кроме того, Дюрер на достаточно высоком уровне изложил теоретические основы евклидовой геометрии, оптики, архитектуры и предложил графический способ построения перспективных изображений, названный «способом Дюрера» или способом следа луча. Он основан на построении объекта по ортогональным проекциям или чертежу [2]. На плане к вершинам объекта проводятся лучи зрения (радиальные линии) и определяются точки их пересечения с картиной, называемые следами. Дюрер считал перспективу неотъемлемой частью геометрии, уделяя ей много внимания в обучении мастерству в созданной им школе.

Идея геометризации городских планов, возникшая в эпоху Ренессанса, и открытие линейной перспективы повлияли на пространственную концепцию архитектуры того времени [4]. Осмысление линейной перспективы привело к синтезу площади, лестницы, здания в единую пространственную композицию. Композиция архитектурных ансамблей изображается как: глубинно-пространственная перспектива, раскрывающаяся вдоль улицы или площади; свободное пространство; замкнутое пространство, ограниченное зеленью и застройкой; панорамная перспектива, открытая с высоких точек зрения, где имеет значение силуэт

застройки [4]. Таким образом, важнейшими средствами достижения композиционной выразительности явились расположение линии горизонта и выбор точки зрения, относительно которой происходит восприятие объекта и его изображение.

В XVI веке благодаря трудам Гвидо Убальди (1545-1607) и Жерару Дезаргу (1593-1662) перспектива постепенно становится геометрической наукой, близкой к проективной геометрии. Убальди на математической основе изложил 23 теоретических правила построения перспективных изображений, в том числе и архитектурных объектов [3]. Им были разработаны способы реконструкции перспективы, определения натуральных величин предметов по их перспективному изображению и теоретическое обоснование теней. Дезарг впервые предложил применение координат Декарта для построения перспективы, так называемый координатный способ определения масштабов, что впоследствии привело к аксонометрии. Одной из координатных осей он выбрал линию пересечения картины и предметной плоскости (OX), второй осью – перпендикуляр к предметной плоскости, принадлежащий картине (OZ), третьей осью – перпендикуляр к картине, лежащий в предметной плоскости (OY). Данный способ успешно применяется при выполнении перспектив интерьера, развивающегося в глубину, и подобных пространственных систем с заранее заданными размерами. Впервые в XVII веке Андреа дель Поццо, итальянский ученый и архитектор, изложил способ опущенного плана и боковой стенки, который до сих пор используется в построении перспективы архитектурных сооружений [3]. Также широко использовался метод объединения перспективы с планами, разрезами и фасадом, предложенный Пиранези [4]. При построении перспективного изображения, связывая объемы в единое целое, пространство стало предметом осмысления архитектором.

В период барокко и классицизма перспектива перестала быть проблемой, и каких-либо значимых открытий в ее сфере не совершалось. Перспектива приобрела эффект оптической иллюзии продолжения элементов архитектуры в пространство, где находится зритель [4]. Накопленный практический опыт ее применения позволил в дальнейшем развивать общую теорию изображений.

С наступлением периода развития техники и технологий, инженерного дела и т.п. возникла необходимость в разработке новых методов построения изображений сложных пространственных форм на плоскости. Такими методами стали законы начертательной геометрии – науки о методах изображения, составной частью которой была перспектива. В труде Гаспара Монжа «Начертательная геометрия» был раздел «Перспектива». Во второй половине XIX века проблемами перспективы занимался немецкий ученый Г. Гетш, который разбил теорию перспективы на части:

1. Линейная перспектива – изображение предмета на плоскости только контурными линиями;
2. Перспектива падающих теней – изображение теневых абрисов;
3. Зеркальные изображения – отражения;
4. Воздушная перспектива – передача формы с учетом искажения под воздействием света.

В XX веке теория перспективы обобщалась и приобретала определенную направленность, прежде всего, ориентирование на архитектурно-строительную специальность. Архитектурные чертежи проектируемого сооружения сопровождаются наглядными перспективными изображениями, процесс построения которых связан с заданными ортогональными проекциями [2]. Линейная перспектива рассматривалась как способ построения трехмерного изображения типичных архитектурных сооружений и их элементов на плоскости. Наиболее значимыми трудами в этом направлении являются книга Н.А. Рынина «Перспектива», учебные пособия Н.Н. Чернецова «Перспектива» и И.П. Машкова «Линейная перспектива на плоскости» [3]. Применение перспективы при рисовании архитектурных объектов освещено в научно-исследовательском труде А.Г. Климухина «Тени и перспектива». Основным методом построения перспективы архитектурных сооружений по плану и фасаду остается «способ архитекторов». Положение картины, точка зрения, главный луч выбираются с учетом поставленных условий наглядности и обозреваемостью. Для придания рельефности зданию, выявления его тентоники используют построение теней. С позиции теории и практики перспектива остается сложным инструментом для освоения и применения, но, тем не менее, является важнейшим звеном в геометро-графической составляющей формирования профессионализма будущего архитектора. Традиционно сложившаяся система архитектурного образования предусматривает изучение перспективы в качестве раздела начертательной геометрии, в котором рассматриваются основные способы построения перспективных изображений объектов на примере существующих памятников архитектуры. Особое внимание уделяется выбору аппарата перспективы, точки и угла зрения, расположению источника света для выявления внешнего объема с помощью собственных и падающих теней.

В настоящее время методы изображения пространства и его отдельных элементов все более рассматриваются с точки зрения математического и геометрического моделирования, учитывая закономерности естественного восприятия человека. Ведется поиск новых путей изображения на плоскости реально воспринимаемого пространства с минимальными искажениями на основе геометрических пространственных построений, в том числе с помощью компьютерных технологий [5]. Компьютер в этом случае есть инструмент, который позволяет свести весь теоретический материал к небольшому числу операций, с приоритетным значением выбора точки зрения. Сегодня понятие перспективы часто заменяется понятием 3D-визуализации. Процесс визуализации объекта архитектуры на базе компьютерного моделирования представляет собой серию тестов, которые в результате первичного моделирования воплощают форму, учитывающую пространственно-композиционный контекст, специфику передвижения наблюдателя, конструктивные напряжения и другие условия восприятия сооружения. С помощью визуальных композиционных эффектов проводится дальнейшая проработка концепции формы, ее перспективного изображения. Современный архитектор, наряду с двухмерными моделями в виде планов и фасадов, использует трехмерное моделирование и анимацию, что, по его мнению, несет более полную информацию о структуре объекта, создает цельный художественный образ. Перспективные стереоскопические изображения позволяют получить хороший пространственный эффект, выполняются с большой графической точностью, а последовательная смена точек зрения осуществляет проверку восприятия объекта в движении. Современные методы визуализации представляют собой спектр от простого изображения с текстурой и тенями до более качественного изображения с прозрачностью материала, мягкими тенями и расчетом траектории солнца для их построения [3].

Развитие технологий 3D Studio Max, как программы трехмерного моделирования и анимации, привело к тому, что владение ее основами стало отраслевым стандартом и является одним из критериев оценки профессионализма специалиста. Но это не означает абсолютизацию компьютерных технологий по визуальному отображению чего-либо, не менее важно понимание пространственной ориентации объекта, геометрии его восприятия, что составляет теоретический базис перспективных построений. Для выполнения любой качественной технической иллюстрации необходимо иметь прочное фундаментальное знание принципов ее построения [1]. Понимание перспективы есть основа для создания точного и визуально притягательного изображения.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Степанов А.П. К вопросу о создании новой системы в общей теории изображений // Сб. научных трудов «Материалы Международной научной конференции». – Волгоград, 2002. – С. 177-179.
2. Климухин А.Г. Тени и перспектива: Учебник для вузов. – М.: Архитектура-С, 2010. – 200 с.
3. Макарова М.Н. Перспектива: Учебник для вузов. – М.: Академический проект, 2006. – 480 с.
4. Любимов Л.П. Искусство Западной Европы. Средние века. Возрождение в Италии. – М.: Просвещение, 1982. – 319 с.
5. Данченко Л.В. Геометро-графическая составляющая в обучении студентов архитектурных специальностей // Материалы Международной научно-методической конференции, посвященной 80-летию АГТУ. – Астрахань: Изд-во АГТУ, 2010. – 242 с.

### REFERENCES

1. Stepanov A.P. A New System Creation in General Image Theory Revisited // Proceedings of International Workshop Collection of scientific papers. – Volgograd, 2002. – P. 177-179.
2. Klimukhin A.G. Shadows and Perspective: Textbook for higher education institutions. – Moscow: Arkhitektura-S, 2010. – 200 p.
3. Makarova M.N. Perspective: Textbook for higher education institutions. – M.: Akademicheskiiy Proyekt, 2006. – 480 p.
4. Lyubimov L.P. Western Europe Art. Middle Ages. Renaissance in Italy. – Moscow: Prosveshcheniye, 1982. – 319 p.
5. Danchenko L.V. Geometrical and Graphical Component in Training of Students of Architectural Specialties // Proceedings of International Scientific Methodological Workshop dedicated to the 80<sup>th</sup> anniversary of the Astrakhan State Technical University (ASTU) – Astrakhan: ASTU Publishing Office, 2010. – 242 p.

УДК 711.4.-168 (470.41)

**Заварцева О.А.** – студент

E-mail: [TLC5@yandex.ru](mailto:TLC5@yandex.ru)

**Ланцов В.М.** – профессор

**Куликов Д.А.** – старший преподаватель

E-mail: [dmitry.kulikov@bk.ru](mailto:dmitry.kulikov@bk.ru)

**Казанский государственный архитектурно-строительный университет**

## **ПРОЕКТ РЕКОНСТРУКЦИИ ПИВОВАРЕННОГО ЗАВОДА ПЕТЦОЛЬДА В ГОРОДЕ КАЗАНИ НА ОСНОВЕ СОЗДАНИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БЛАГОПРИЯТНОГО ИНВЕСТИЦИОННОГО КЛИМАТА**

### **АННОТАЦИЯ**

Данный проект является частью проекта реконструкции Старо-Татарской слободы города Казани, при разработке и реализации которого предлагается использовать «благоприятный инвестиционный климат», создаваемый законом местного (городского) самоуправления. Данный проект выделен из состава проекта реконструкции слободы, поскольку вся территория завода принадлежит одному собственнику и почти все строения на его территории образуют единый памятник архитектурного наследия. Инновационный характер менеджерской компоненты проекта – разработка условий, позволяющих объединить интересы собственника объекта реконструкции, местного самоуправления и граждан города. Разработка, обоснование и обсуждение таких условий является целью данной работы.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** проект реконструкции пивоваренного завода Петцольда, недвижимость, закон, благоприятный инвестиционный климат, функциональное зонирование территории, собственность.

**Zavartseva O.A.** – student

**Lantsov V.M.** – professor

**Kulikov D.A.** – senior lecturer

**Kazan State University of Architecture and Engineering**

## **TOWN-PLANNING DESIGN OF RENOVATION OF PETSOLD'S BREWERY IN KAZAN CITY, FAVORABLE INVESTMENT CLIMATE CONDITIONED AND RELIED ON**

### **ABSTRACT**

The project in question is a part of reconstruction design of the Old Tatar Settlement of Kazan city. «A favorable investment climate» provisioned by the law and municipal authorities is suggested to use in working out and realizing the project. The project is a separate one singled out from the Settlement Reconstruction Design because all the territory of factory belongs to one proprietor and almost all the structures in the territory of the factory comprise a single whole monument of the architectural heritage. The innovative nature of the project management shall be working out of the terms serving to unite the proprietor interests and those of the citizens. Specification of the terms and discussion of those is the purpose of the present work.

**KEYWORDS:** the reconstruction project Petsold's brewery, real estate, the law, a favorable investment climate, functional zoning of territory, the property.

**Базовые условия проекта:** Объект реконструкции находится в центральной исторической части города Казани [1-3] и входит в состав территории Старо-Татарской слободы, находящейся на берегу озера Нижний Кабан. Ситуационный план реконструируемой части слободы с выделенной зоной размещения пивоваренного завода изображен на рис. 1. Выделена зона, занимаемая бывшим пивоваренным заводом Петцольда (далее «завод») и находящаяся в собственности одного юридического лица. Прямоугольными блоками на схеме изображены существующие здания.



Рис. 1. Ситуационный план территории, подлежащей реконструкции, и строения на нем: 1-корпус солодовни, 2-корпус солодосушильни, 3-корпус для производства сусла, 4-корпус для охлаждения сусла, 5-корпус производственный, 6-корпус бродильного отделения, 7-корпус производственный, 8-корпус кузницы, 9-корпус подвала, 10-корпус ледника, 11-жилой дом для рабочих, 12-жилой дом для рабочих, 13-корпус производственный.

В настоящее время завод и его территория не эксплуатируются. Они принадлежат одному собственнику – юридическому лицу, права которого защищены правоустанавливающими документами и нормами статьи 8 Конституции РФ. Полагается, что реконструкция завода будет осуществлена лишь в том случае, если она будет выгодна собственнику (будет приносить ему доход и прибыль).

Большая часть зданий на территории завода являются памятниками архитектурного наследия и образуют единый архитектурный ансамбль [4, 5]. Размещение этих зданий на территории завода отражено на рис. 2 с воспроизведением фотографий этих объектов (нумерация фотографий соответствует нумерации объектов на ситуационном плане).

Полагается, что проект реконструкции завода должен быть подчинен задаче сохранения этих памятников, поименованных в нормативном документе [6].

Реконструкция «завода» является частью проекта реконструкции Старо-Татарской слободы, разработанного в дипломной работе Давлетшиной А.Х. (научный руководитель Куликов Д.А.). Согласно этому проекту планируется [7]:

- пробивка улицы рядом с заводом, которая должна выходить на мост, связывающий транспортные артерии на северном и южном берегу Нижнего Кабана;
- расширение транспортной магистрали (улицы Марджани), примыкающей к территории завода и проходящей вдоль берега озера Нижний Кабан.

Пробивка новой улицы, строительство моста через озеро Нижний Кабан и расширение улицы Марджани изменяет градостроительный облик зоны реконструкции, место и роль территории завода. Полагается, что это обстоятельство должно быть учтено при разработке реконструкции завода.

Наличие рядом расположенного берега озера Нижний Кабан, необходимость и возможность связи реконструкции завода с благоустройством и использованием этого берега для создания зоны городского отдыха позволяет в некоторой степени использовать градостроительные идеи английского архитектора Э. Говарда и русского архитектора В. Семена о «городе-саде» [8].

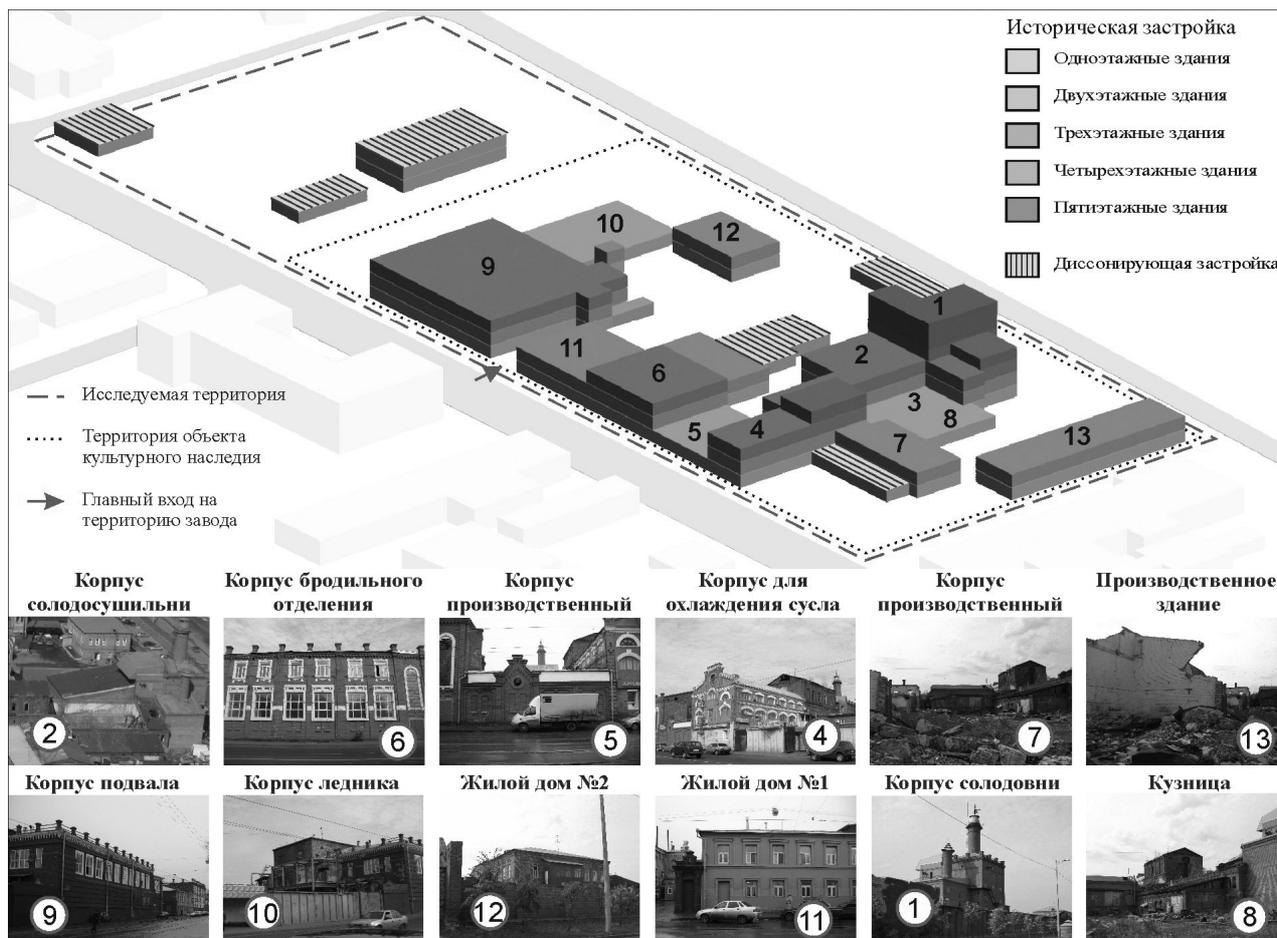


Рис. 2. Размещение объектов культурного наследия в зоне реконструкции

**Постановка задачи.** Функциональное перепрофилирование бывшего пивоваренного завода и реконструкция его территории с сохранением памятников архитектуры рассматривается как единый комплексный инвестиционный проект, в реализации которого должны быть заинтересованы, с одной стороны – собственник территории, с другой стороны – администрация города, а с третьей стороны - граждане города Казани и население Старо-Татарской слободы.

В рамках инвестиционного проекта градостроительные, правовые, юридические, менеджерские и экономические задачи решаются во взаимосвязи как единый комплекс задач. В этом состоит **менеджерская новизна данного проекта**. В рамках этой новизны предлагаются два разных блока градостроительной политики: муниципальной политики и частной локальной политики. Ниже раскрывается сущность этих политик.

**1. Формирование муниципальной градостроительной политики экономически целесообразного участия собственников территорий и недвижимости в реконструкции Старо-Татарской слободы города Казани.**

Условно предлагаемая политика названа «**политикой создания благоприятного инвестиционного климата**», необходимого и достаточного для реконструкции Старо-Татарской слободы, в том числе «завода».

Под «благоприятным инвестиционным климатом» понимается комплекс властных мер и действий, осуществляемых местным самоуправлением города Казани, который на опыте окажется достаточным для реализации предлагаемого проекта реконструкции. Весь комплекс таких мер и действий предлагается включить в целевую муниципальную «**Программу градостроительного и социально-экономического развития Старо-Татарской слободы города Казани**». Предлагаемая Программа должна стать муниципальным законом города Казани.

В основе этой Программы предлагается использовать и развить опыт деятельности органов государственной власти США по управлению «рыночной экономикой» [9] и, в первую очередь, опыт

использования в США с 1962 года законодательства об инвестиционном налоговом кредите. Более детально идея создания такого климата рассматривается в дипломной работе А.Х. Давлетшиной [7].

В данной работе отметим следующую специфику инновационного подхода, предлагаемого совместно А.Х. Давлетшиной, Д.А. Куликовым и проф. В.М. Ланцовым.

Местное самоуправление согласно нормам Налогового кодекса [10] вправе варьировать налоговые ставки на недвижимое имущество и значения налоговой базы («инвентаризационной цены»). При введении в отдельных зонах максимальных значений налоговых параметров органы местного самоуправления вправе предоставлять не только налоговые льготы, но и отсрочку уплаты налогов, а также **«налоговый инвестиционный кредит»**. Такой кредит может предоставляться на договорной основе с налогоплательщиком при условии, что невзимаемый налог используется налогоплательщиком с добавлением собственных и заемных средств на реконструкцию или новое строительство по планам, согласованным с местным самоуправлением.

При соблюдении договорных планов инвестиций кредит может возвращаться не полностью за счет будущих доходов или прибылей, либо совсем не возвращаться в местный (республиканский) бюджет. При нарушении договорных условий кредит подлежит досрочному возврату с начислением договорных процентов за пользование кредитом. При таком подходе может осуществляться взаимно-выгодное частно-муниципальное (и частно-государственное) партнерство. Рост цены капитализированных средств, производство в будущем (в результате осуществления инвестиционного проекта), а также будущее производство и реализация рыночных товаров (в результате осуществления инвестиционного проекта), будущий рост трудовой занятости и соответствующий рост фонда оплаты труда могут стать объектами муниципального планирования и «окупать предоставленный инвестиционный налоговый кредит». Решение задач такого муниципального планирования не представляет большой сложности, и эффективность их решения проверяется опытом. Предложение такого подхода и учет его при градостроительном проектировании является новизной проекта.

В части, относящейся к градостроительству, такой подход приводит к необходимости использования **следующей (другой) новизны** – к необходимости функционального зонирования территории в привязке к праву собственности на земельные участки.

Полагается, что строительная недвижимость и земельный участок, на котором находится строение, должны образовывать единый имущественный комплекс, собственность на который должна быть у одного и того же субъекта. Поэтому проектирование зданий и их местоположения должно быть связано, с одной стороны, с инвестиционным проектированием и с будущим использованием зданий, а с другой стороны – с проектированием зон (территорий), которые должны находиться в собственности владельцев зданий.

Проблема функционального зонирования территории, подлежащей реконструкции или новому строительству, **осложнена следующим обстоятельством**.

Мало зонировать территорию в привязке к праву собственности на индивидуальное строение. Проблема возникает в том, что у рядом расположенных территориальных хозяйств могут или должны возникать территории общего владения, пользования и распоряжения. Такие хозяйства могут создавать разные объединения, необходимые им для совместного функционирования на общей территории, и все такие хозяйства могут и должны быть ограничены с внешней стороны недвижимостью, находящейся в муниципальной собственности. Возникает сложный комплекс территориальных зон в привязке к разной индивидуальной и общей собственности. Без решения вопросов такой собственности реализация инвестиционных градостроительных проектов может оказаться неэффективной или подавленной.

**2. Разработка менеджерских основ локальной градостроительной политики собственника пивоваренного завода для экономически и юридически обоснованного привлечения других инвесторов в реконструкцию «завода».**

Сущность предлагаемой градостроительной политики заключается в следующем. В рамках муниципальной политики создания благоприятного инвестиционного климата в целях реконструкции и нового строительства на территории «завода» собственник «завода» привлекает на конкурсных договорных условиях других юридических и физических лиц с целью совместного с ними создания будущих предпринимательских организаций для совместного получения дохода и прибыли.

При таком подходе собственник «завода» принимает на себя функцию главного организатора и Застройщика реконструируемой территории. Такой Застройщик разбивает целостный

градостроительный проект на отдельные функциональные инвестиционные проекты в привязке к конкретным зданиям вместе с земельными участками под ними. Каждое здание (сооружение) и изолированные помещения в нем ориентированы на создание разных хозяйств с целью получения дохода и прибыли после завершения строительства и (или) реконструкции.

Выступая в таком качестве, Застройщик предлагает на договорной конкурсной основе другим юридическим и физическим лицам создать совместное юридическое лицо, которое будет после завершения проекта получать предпринимательский доход и прибыль.

В этом случае Застройщик участвует в совместной деятельности с привлеченными инвесторами, внося свой вклад в реализацию каждого объектного проекта в виде:

- 1) доли (пая) в праве собственности на земельный участок, на котором находится строящийся объект;
- 2) доли (пая) в праве собственности на существующий объект, подлежащий реконструкции;
- 3) доли (пая) в градостроительную документацию зоны реконструкции и конкретного объекта, включая проектную, сметную и разрешительную документацию.

Привлекаемые Застройщиком инвесторы вносят свой вклад в реализацию конкретного объектного проекта и благоустройство общей территории в виде:

- 1) финансовых средств;
- 2) «организационно-управленческого вклада» в деятельность будущего совместного предприятия в соответствии с его назначением и функцией.

При таком способе планирования реконструкции и нового строительства Застройщик **получает следующие выгоды:**

- 1) Бремя основных инвестиционных финансовых затрат ложится на плечи привлеченных инвесторов;
- 2) Бремя организации и управления созданными предпринимательскими хозяйствами ложится на плечи специалистов, которые обладают знаниями и опытом конкретной предпринимательской деятельности. Это означает, что бремя риска и страха окупаемости инвестиционных проектов берут на себя привлеченные Застройщиком инвесторы.
- 3) Разные инвестиционные проекты по реконструкции всей территории «завода» реализуются одновременно, параллельно и во взаимосвязи.
- 4) Застройщик *сохраняет за собой все рычаги власти на территории* «завода» не только на стадии осуществления проекта, но и после его завершения.

Получение последней из указанных выше выгод оказывается непосредственно связанным с градостроительным проектированием, является одним из объектов «ноу-хау» авторов проекта и нуждается в пояснении. Рассматривается не весь объем «ноу-хау», а лишь одна из основных идей его развития и реализации. В полном объеме «ноу-хау», согласно части 4 ГК РФ, представляет собой объект интеллектуальной собственности. Рассмотрим одну из идей «ноу-хау».

### 3. Характер функционального зонирования территории «завода», подлежащей реконструкции.

Рассмотрим предлагаемую идею на ряде простых моделей, используя идеи и модели, предложенные в работах [11-12].

**Первая модель.** Модель функционального зонирования «территории» в рамках архитектурного проектирования использования изолированных помещений в отдельном строении изображена на рис. 3.

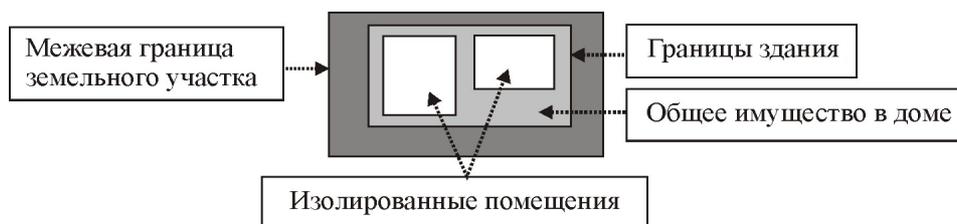


Рис. 3. Модель «зонирования территории» собственников помещений.

На рисунке символически изображены два изолированных помещения, которые находятся в «частной собственности» их владельцев. В их собственности находится только слой внутренней отделки помещений и стационарное имущество, находящееся в этих помещениях, которое может

быть снято без ущерба для здания и собственника другого помещения. Стены и перекрытия, образующие помещения, являются общим имуществом владельцев указанных помещений. В состав общего имущества внутри дома входят места общего пользования, все несущие конструкции здания и иные виды общего имущества, указанные в статье 36 ЖК РФ.

Право собственности на отдельные помещения привязаны к праву общей собственности на все общее имущество в здании, к праву общей собственности на земельный участок под зданием, а также к праву общей собственности на все виды градостроительной документации и правоустанавливающие документы в отношении здания и земельного участка.

Если частная собственность на помещения обеспечивает каждому собственнику «свободу частной собственности» внутри своего помещения, то общая собственность на все виды имущества и условия ее реализации обеспечивают:

- Самоорганизацию частных собственников для осуществления общей собственности;
- Власть объединения участников общей собственности над каждым из частных собственников, условия и правила пользования общим имуществом, ограничения» свободы частной собственности» в соответствии с нормой части 3 статьи 17 Конституции РФ [13].

Входя в состав участников частной собственности на отдельные помещения в здании, Застройщик не только входит в состав участников общей собственности, но и может оказывать существенное, а при некоторых законных условиях и решающее влияние на деятельность частных собственников с целью получения дохода и прибыли.

Приводя данную модель, авторы не решают задачу демонстрации всех условий, обеспечивающих эффективность самоорганизации участников общей собственности, а лишь подчеркивают место, значимость и роль общей собственности на общее здание и на земельный участок. С позиций градостроительства существенным обстоятельством является то, что авторы идеи подчеркивают необходимость планирования связи прав собственности на помещения с правом общей собственности на земельный участок. В разных помещениях могут функционировать разные юридические лица, которые занимаются предпринимательской деятельностью, но их деятельность оказывается взаимосвязанной через общую собственность на общий земельный участок. Все собственники таких помещений и все участники общей собственности образуют одно, цельное и единое предпринимательское хозяйство с участием Застройщика.

**Вторая модель.** На рис. 4 приведена модель более сложного хозяйства, которая приближает к идее функционального зонирования территории в интересах Застройщика.

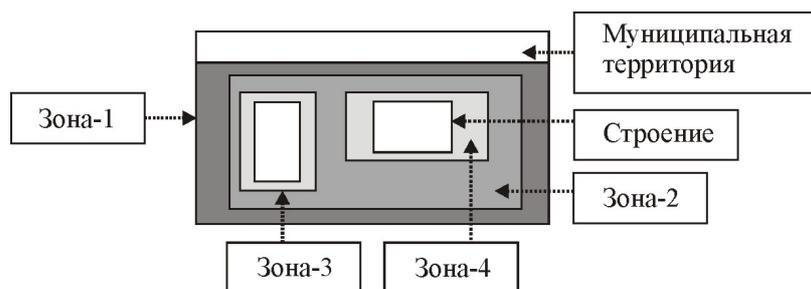


Рис. 4. Модель зонирования территории,  
на которой расположены два разных производственных домовладельческих хозяйства

На рисунке территория земельного участка, на котором Застройщиком осуществляется политика реконструкции и нового строительства, разделена на зоны. Зоны 3 и 4 – территории двух разных домовладений, находящихся в общей собственности объединения юридических лиц, как это предусмотрено моделью на рис. 4. Зона-2 – общая территория, принадлежащая объединению обоих производственных домовладельческих хозяйств. Общая собственность на эту территорию призвана обеспечить самоорганизацию обоих коллективных домовладельцев в целях совместной эксплуатации, содержания и иного осуществления общей собственности на данный вид общего имущества. В состав таких участников со своим вкладом входит Застройщик.

Наряду с этими зонами на рисунке выделена «зона-1». Эта зона может представлять собой участок поверхности земли, общие инженерно-технические коммуникации и системы (водоснабжения, канализации, иные), которые необходимы для доступа в хозяйства 3, 4, и 2 или для

их использования по назначению. Часть этого имущества может оставаться в монопольной собственности Застройщика (инженерные системы и коммуникации), а иные виды такого общего имущества могут находиться в общей собственности всех хозяйств на данной территории.

Сущность градостроительной идеи, которая использована при построении модели, изображенной на рис. 4, заключается в том, что территория разбивается на зоны таким образом, чтобы все участки земли, принадлежащие разным собственникам, позволили бы создать иерархическое объединение всех совладельцев с единой системой власти. Такой характер функционального зонирования территории в привязке не только к назначению разных хозяйств, но и к разным правам собственности на землю, соответствует, по мнению авторов, интересам Застройщика, всех инвесторов, а также обществу и государству.

**4. Модель функционального зонирования территории «завода», предлагаемая для реконструкции выделенной территории и находящихся на ней объектов.**

На рис. 5 и 6 изображен перспективный план реконструкции территории «завода» с учетом высказанной выше идеи.

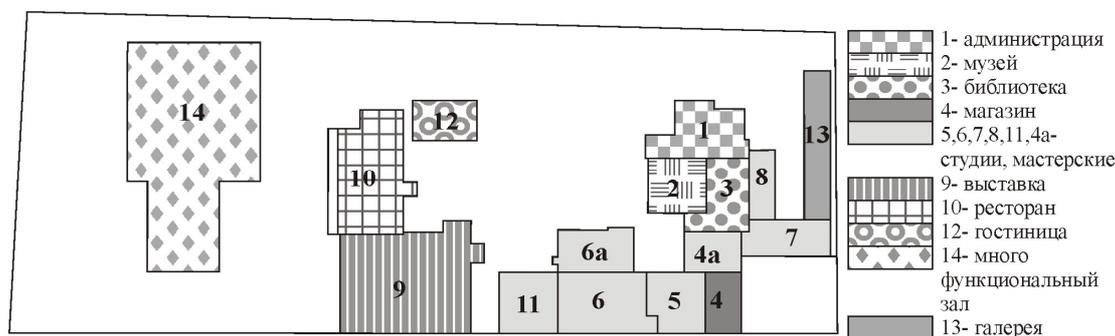


Рис. 5. Перспективный план реконструкции завода с сохранением памятников архитектурно-культурного наследия с предлагаемым новым функциональным назначением

На рисунке схематично изображены здания и сооружения, внешние и некоторые внутренние характеристики которых подлежат сохранению. В сносах указаны новые виды функционального использования этих зданий, предлагаемые авторами проекта. Полагается, что каждую из указанных функций Застройщик сможет осуществить, привлекая сторонних инвесторов для соучастия в проекте на общих условиях, указанных выше. Для создания соответствующих юридических лиц авторы рекомендуют использование организационно-правовых форм в виде «закрытого акционерного общества», общества с ограниченной ответственностью» и производственного или потребительского специализированного кооператива. Рассмотрение достоинств и недостатков этих видов юридических лиц для менеджерской реализации инвестиционных проектов выходит за рамки данной работы. Отметим лишь, что особый интерес с правовой, юридической, менеджерской и финансово-экономической точки зрения представляет использование кооперативной формы собственности.

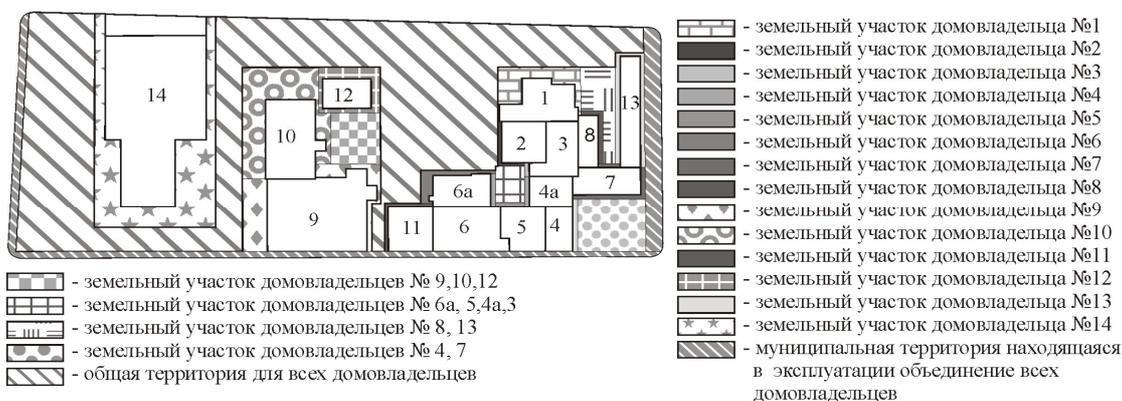


Рис. 6. Функциональное зонирование территории в привязке к частной и общей собственности на территорию, ее благоустройство и озеленение

На рис. 6 приведена упрощенная модель зонирования территории «завода» с выделением участков, входящих в состав отдельных домовладений, и участков, входящих в состав объектов общей собственности. Полагается, что формирование таких зон позволит Застройщику предусмотреть и спроектировать организационно-правовое, организационно-управленческое и социально-экономическое единство всех участников проекта реконструкции территории «завода», обеспечить его осуществимость и рентабельность.

**Заключение.** Впервые предложено связать градостроительный проект реконструкции территории исторической части города с проектом создания муниципальными органами власти благоприятного инвестиционного климата, а также с проектом использования частным собственником своего локального благоприятного климата в целях реализации своей части проекта реконструкции. В основе обоих подходов используется метод функционального зонирования территории в привязке к институту собственности на территорию и все локальные объекты, создаваемые на территории. В институте собственности особо выделяется и подчеркивается место и роль общей собственности на разные виды имущества, которая должна обеспечивать самоорганизацию и единство объединения всех собственников недвижимости. Все земельные участки, находящиеся в частной собственности и находящиеся в общей собственности разного уровня обобществления, отражаются в зонировании территории. В рамках института общей собственности на строения и недвижимость предлагается использовать иерархию, которая должна позволить создать и укрепить институт общей власти на общей территории, а также создать и использовать для нужного единства институт власти на объекты недвижимости, являющиеся «объектами естественной монополии» в духе идеологии, развиваемой в работах [11-12].

Полагается, что предлагаемый подход и его организационно-управленческие, правовые и социальные выгоды позволят лучше привязать градостроительный проект к решению проблем эффективности и рентабельности инвестиционного проекта по реконструкции рассматриваемой территории.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Салихов Р. Р., Хайрутдинов Р. Р. Татарские слободы Казани: очерки истории. – Казань: АН РТ, 2002. – 170 с.
2. Золотые страницы купечества, промышленников и предпринимателей Татарстана. Том 1. – Казань, 2001. – 110 с.
3. Айдарова-Волкова Г.Н. Татарские слободы Казани: архитектурно-градостроительное, развитие и методологические аспекты реконструкции. Учебное пособие. – Казань: КГАСУ, 1999. – 20 с.
4. Шпилевский С.М. Указатель исторических достопримечательностей г. Казани. – Казань, 1873. – 66 с.
5. Бушканец Е.Г. Город Казань. Краткий путеводитель для путешественников по Волге. – Казань, 1954. – 24 с. (Гос. музей ТАССР)
6. Журнал по архитектуре, дизайну и строительству «ДИНА», 2007, № 24. – 85 с.
7. Градостроительная реконструкция квартала, ограниченного улицами Ахтямова, Марджани, Эсперанто, С. Садыковой. Дипломная работа Давлетшиной А.Х. (рук. Куликов Д.А.). – Казань: КГАСУ, 2011.
8. Семенов В.Л. Благоустройство гродовь. – М.: Типография П.П. Рябушинского, 1912. Ротап rintное воспроизведение издания 1912 года. – М.: Изд-во Ключ, 1993. – 184 с.
9. Ланцов В.М. Очерки о зарубежном опыте государственного управления экономикой. – Казань: ЗАО «Новое знание», 1998. – 152 с.
10. Кодексы и Законы Российской Федерации. – СПб.: ИГ «Весь», 2007. – 992 с.
11. Ланцов В.М., Шаймарданова А.Н., Киреева Т.М., Устинов А.Э. Жилищно-коммунальное хозяйство: основы теории и критический анализ российского опыта. – Казань: ЗАО «Новое знание», 2009. – 504 с.
12. Ланцов В.М., Киреева Т.М., Ланцов М.В. Теория организации и государства. Реальный менеджмент. Часть 4. Разделы 1, 2. – Казань: ЗАО «Новое знание», 2006. – 318 с.
13. Конституция Российской Федерации: Конституция РФ. Государственный флаг РФ. Государственный герб РФ. Государственный гимн РФ. – М.: АСТ, Астрель, 2009. – 63 с.

## REFERENCES

1. Salikhov R., Khairutdinov R. Tatar sloboda of Kazan: essays on the history. – Kazan: AS Tatarstan Republic, 2002. – 170 p.
2. The golden pages of merchants, industrialists and businessmen of Tatarstan. Volume 1. – Kazan, 2001. – 110 p.
3. Aidarova-Volkova G.N. Tatar sloboda of Kazan: architecturally-town-planning, development and methodological aspects of reconstruction. Textbook. – Kazan: KSABA, 1999. – 20 p.
4. Shpilevsky S.M. Guide of historical sights of Kazan. – Kazan: Publishers TAT, 1873. – 66 p.
5. Bushkanets E. G. The city of Kazan. The short guidebook for traveling across Volga. – Kazan, 1954. – 24 p. (State TASSR Museum).
6. The journal «Design and Modern architecture», 2007, № 24. – 85 p.
7. The town-planning of reconstruction of the area restricted streets Ahtjamova, Marjani, Esperanto, Sadykov. Diploma work Davletshina A.H. (scientific leader Kulikov D.A.). – Kazan: KSABA, 2011.
8. Semenov V.L. Improvement of cities. – M.: Tipografiya P.P. Ryabushinsky, 1912. Rotaprintnoe are causing the publication in 1912. – M.: Publishers Kluch, 1993. – 184 p.
9. Lantsov V.M. Articles about foreign experience of the government management of economy. – Kazan: Novoe znanie, 1998. – 152 p.
10. Codes and Laws of the Russian Federation. – SPb.: IG «Ves», 2007. – 992 p.
11. Lantsov V.M, Shajmardanova A.N., Kireeva T.M., Ustinov A.E. Housing and communal services: bases of the theory and the critical analysis of the Russian experience. – Kazan: Joint-Stock Company «Novoe znanie», 2009. – 504 p.
12. Lantsov V.M., Kireeva T.M., Lantsov M.V. Organization Theory and the state. Real management. Part 4. Sections 1, 2. – Kazan: Closely-Held Stock Company «Novoe znanie», 2006. – 318 p.
13. Constitution of the Russian Federation: the Constitution of the Russian Federation. National flag of the Russian Federation. The State Emblem of the Russian Federation. A national anthem of the Russian Federation. – M.: AST, Astrel, 2009. – 63 p.

УДК 72.03

**Надырова Д.А.** – аспирант, ассистентE-mail: [Dilyaran@yandex.ru](mailto:Dilyaran@yandex.ru)**Казанский государственный архитектурно-строительный университет****ЗДАНИЯ НАЧАЛЬНЫХ ГОРОДСКИХ УЧИЛИЩ КАЗАНИ  
ПОСЛЕДНЕЙ ТРЕТИ XIX – НАЧАЛА XX ВВ.****АННОТАЦИЯ**

В статье рассматривается деятельность Казанской городской думы в области начального образования в период последней трети XIX – начала XX вв., связанная с основанием и размещением начальных городских училищ в структуре города. Установлено, что развитие этого типа учебных зданий в Казани делится на два этапа. Первый из них связан с приспособлением под учебные функции существующих городских строений различного первоначального назначения. Резкий рост количества начальных училищ пришелся на начальный период деятельности Думы, а именно 1870-1880-е годы. В этих условиях, когда потребности городского общества превышали финансовые возможности Думы, власти были не в состоянии обеспечить начальные училища специально предназначенными для этих целей зданиями. Подобная возможность у Казанской городской думы появилась лишь в 10-х годах XX столетия.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** Казанская городская Дума, начальные городские училища, приспособление, перепланировка.

**Nadyrova D.A.** – post-graduate student, assistant**Kazan State University of Architecture and Engineering****BUILDINGS OF THE ELEMENTARY URBAN SCHOOLS OF KAZAN  
IN THE LAST THIRD OF THE XIX-BEGINNING OF THE XX CENTURY****ABSTRACT**

In the article is examined the activity of Kazan municipal duma in the region of elementary education in the period of the last third of the XIX – beginning of the XX century, connected with base and arrangement of elementary urban schools. It is established that development of this type of educational buildings in Kazan is divided into two stages. The first of them is connected with the adaptation of the existing urban buildings of different initial designation under the educational functions. The increase in the number of elementary schools was in the early period of the activity of the Duma, namely in 1870-1880 years. In these circumstances, when the needs of urban society exceeded its financial opportunities, the authorities were unable to provide elementary schools with the buildings specifically designed for this purpose. Such possibility in Kazan municipal duma has appeared only in the 10th years of the XX century.

**KEYWORDS:** Kazan municipal Duma, elementary urban schools, adaptation, re-planning.

Исследование деятельности Думы в области развития архитектуры и градостроительства Казани является важной научной проблемой. Часть этой проблемы связана с деятельностью Думы в сфере развития архитектуры общеобразовательных зданий различного уровня. Данная статья посвящена исследованию и введению в научный оборот историко-архивных материалов, связанных с развитием начального образования в Казани и формированием специального типа учебных зданий.

Распространение начального образования стало одной из основных сфер деятельности Казанской городской думы, основанной в 1870 г. в результате городской реформы. Создававшиеся и финансирувавшиеся городскими властями начальные училища охватывали все более широкий круг населения Казани. Уже в 1871 году был учрежден особый Попечительский совет приходских училищ, в обязанности которого входило наблюдение за городскими училищами и их нуждами, а также заботы о развитии начального народного образования [1, с. 257].

К 1870 году в Казани насчитывалось 6 мужских городских начальных училищ [2, с. 3]. Самым ранним из них было училище в Ягодной слободе (Ягодинское), учрежденное еще в 1806 году священником И.М. Бельским, первоначально располагавшееся в его доме до постройки

специального здания. Закрытое в 1815 г., училище восстанавливают лишь в 1839 году. Ягодинское стало первым училищем, открытым в пригородной слободе Казани. В самой Казани подобные учебные заведения появились только в начале 1830-х годов. В 1832 г. открылось первое приходское училище, расположившееся на Успенской улице. Год спустя, в 1833 г., на ул. Тихвинской во второй части города на средства купцов Чепарина и Жадина было учреждено училище для мальчиков, получившее название «Михайловское» в честь рождения великого князя Михаила Николаевича. Открытие четвертого относится к 1859 г., а через семь лет появились пятое и шестое училища, разместившиеся в Адмиралтейской (ул. Кузнецкая) и Суконной (ул. Георгиевская) слободах [2, с. 3]. Училища занимали частные жилые дома, и лишь Ягодинское и Михайловское располагались в особых, специально возведенных для них зданиях. Первое из них представляло собой одноэтажное кирпичное здание с деревянными службами во дворе и располагалось по ул. Архангельской. В основном здании размещались три учебные комнаты, учительская и комната сторожа (рис. 1а, б) [3]. Новое здание для Михайловского училища было возведено в 1865 году [2, с. 3].

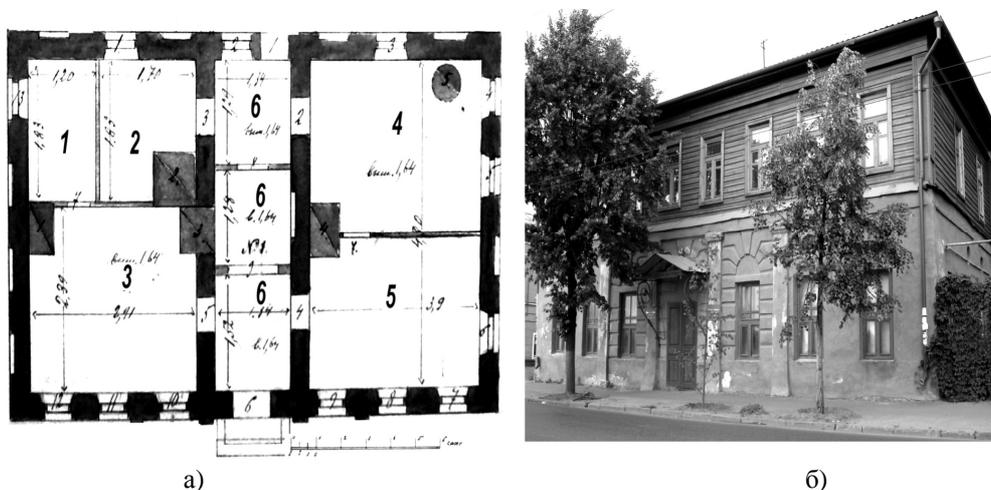


Рис. 1. Третье городское начальное училище

- а) План третьего городского училища в Ягодной слободе на ул. Архангельской. Кон. XIX – нач. XX вв.  
1. Учительская. 2. Комната сторожа. 3. Старший класс. 4. Средний класс. 5. Младший класс. 6. Коридор;  
б) Здание бывшего третьего городского училища на ул. Гладилова (бывш. ул. Архангельская).  
Современный вид. Второй деревянный этаж надстроен в советское время [10]

С самого начала своего основания Попечительский совет начал активную работу по открытию в городе новых училищ, недостаток в которых остро ощущался. Уже в 1872 г. в Казани были учреждены два новых мужских училища – Плетневское (Седьмое) на Екатерининской улице и восьмое в Козьей слободе, открытое Управой по просьбе жителей слобод Кизической, Козьей и Гривки в арендованном доме купца Щетинкина [1, с. 257]). В 1875 г. Совет обратился в Думу с просьбой об открытии в городе еще трех учебных заведений, предполагая устроить их на Верхне-Федоровской улице, Мочальной площади и в Суконной слободе. Однако Дума утвердила основание только одного девятого приходского училища для мальчиков на ул. Нижне-Федоровской, поручив управе подыскать подходящую квартиру [1, с. 258].

Особой заботой Совета стало развитие в Казани женского образования. Потребность в открытии низших учебных заведений для девочек существовала весьма настоятельная. К 1872 г. в городе существовало всего три женских училища: Михаловское, первое в городе приходское женское училище, открытое в 1865 г., училище в Адмиралтейской слободе и женское отделение при Ягодинском [2, с. 2]. В 1872 г. Совет обратился в Думу с ходатайством об учреждении отдельного женского приходского училища в Суконной слободе для «утверждения веры и правил хорошего поведения среди живущих там девочек» и получил ее одобрение.

Открытие четырнадцатого женского училища было приурочено к 200-летию со дня рождения Петра I, отсюда оно получило название «Петровское» [2, с. 5]. Первоначально оно размещалось в Суконной слободе в частной квартире, которая была тесна и сыра. В 1887 г.,

ввиду ежегодного увеличения количества учениц, училище было перемещено в доходный дом Музурова на Георгиевской улице. Здесь для него было приспособлено целое крыло здания. В верхнем этаже разместились классы, а внизу – квартиры для учительниц и библиотека. Из двух имевшихся классных комнат в одной помещалось младшее отделение, а в другой – среднее и старшее отделения вместе, что вызывало неудобства. В 1892 г. под учебные классы были переоборудованы квартиры учительниц, для которых выделили помещения во флигеле рядом с домом [4]. Теперь полностью первый и второй этажи были отданы под учебные кабинеты и библиотеку, не считая одной комнаты, занимаемой сторожем (рис. 2.). Помещения Петровского училища считались одними из лучших и в отчетах Управы о состоянии приходских училищ упоминались, как находящиеся «в образцовом состоянии» [1, с. 259].

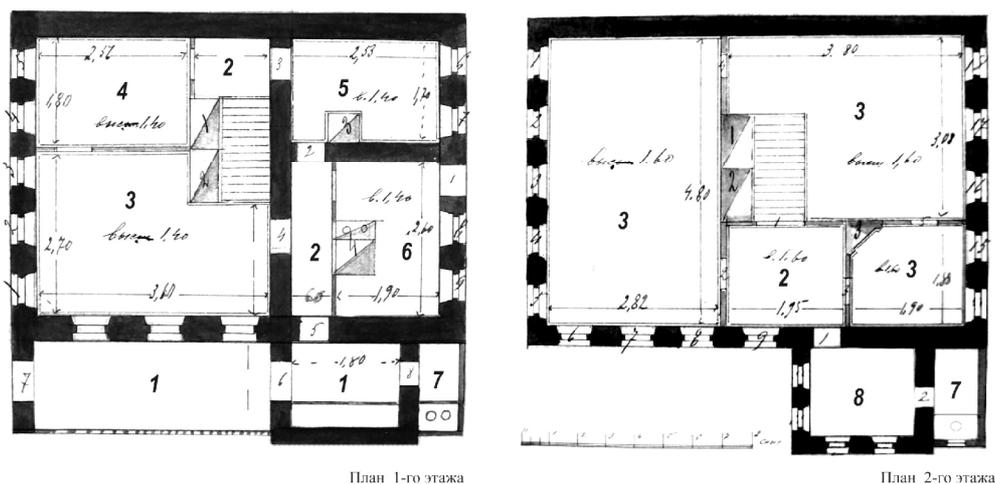


Рис. 2. Планы Петровского (четырнадцатого) городского женского училища в доме Музурова на ул. Георгиевской. Кон. XIX – нач. XX вв. 1. Вход. 2. Коридор. 3. Классы. 4. Класс для рукоделия. 5. Библиотека. 6. Комната сторожа. 7. Туалет. 8. Рекреация.

Благодаря активной деятельности Казанской городской Думы, за 16 лет, в период с 1872 по 1888 годы, было основано 18 городских училищ, в их числе два мусульманских, открытых в 1875 и 1878 гг. в Плетенях и Адмиралтейской слободе соответственно. Далее вплоть до 1896 г. училища не открывались. Этот перерыв отнюдь не означал, что в них не было потребности – она по-прежнему оставалась высокой. Признавая этот факт, Казанская управа вместе с тем отмечала в своих отчетах, что «затруднительное положение городской кассы не давало возможности удовлетворить все потребности» [2, с. 8]. С момента открытия училища в 1896 г., в течение последующих десяти лет было открыто еще пять городских начальных училищ.

Открытые по постановлениям Думы новые городские училища располагались в помещениях и зданиях, арендованных у частных лиц или принадлежавших городу и мало отвечавших требованиям учебных заведений. Минимально необходимый набор помещений включал 3 классных комнаты – для младшего, среднего и старшего классов, библиотеку, а также гардероб с прихожей. Поиск подходящих зданий отнимал много времени, затягивая открытие училищ порой на несколько лет, как это случилось с Плетеневским (1872 г.) и училищем, открытие которого произошло лишь через три года после принятия решений в 1869 году [1, с. 256]. Иногда, по причине отсутствия подходящих для учебных целей площадей, в одном здании могли находиться сразу два училища. Так, в 1884 г. в здании девятого мужского училища, потеснив его, разместили семнадцатое женское училище. Училища делили между собой помещения второго этажа на протяжении четырех лет, пока женское училище не было переведено в другое здание. Двадцать второе училище в Игумновой слободе было переведено в здание Адмиралтейского шестнадцатого. Позднее для этого женского училища, отличавшегося большим количеством учениц, был нанят дом Свешникова в той же слободе.

Чаще всего под училища приспособляли частные жилые дома, однако это могли быть и здания другого назначения. Так, десятое городское училище на Арском поле, основанное в 1881 г., заняло помещения бывших казарм. Аналогичным образом в бывших казармах

разместилось и Николаевское (двадцать первое) мужское училище, открытое в 1886 году. Когда в 1884 г. Казанская управа предложила строительство двух новых зданий для училищ в Адмиралтейской слободе и Плетенях, Дума, отклонив это предложение, выделила средства лишь на приспособление под училище помещений центральных полицейских казарм, расположенных на Николаевской площади [1, с. 267]. Построенные в 1863 г., эти казармы представляли собой одноэтажное кирпичное здание с квадратным планом и простыми, лишенными декора фасадами [5]. С правой стороны здания в кирпичной пристройке находился туалет, а с левой – деревянные службы. Вход в здание располагался со стороны улицы (рис. 3). От Николаевского сада территория училища была с трех сторон отгорожена решетчатым забором. Размеры дворовой площади позволили разместить здесь гимнастические снаряды для учащихся.

Размещение училищ в арендованных домах, часть из которых были старой постройки, а также постоянный рост количества учащихся неизбежно вели к переполнению классов и ухудшению санитарно-гигиенических условий учебных зданий. В 1878 г. в ходе организованных Городской думой проверок зданий и помещений, занимаемых начальными училищами, было установлено, что большинство из них находилось в неудовлетворительном состоянии. Среди отмеченных комиссией недостатков назывались переполненность классов, сырые, плохо проветриваемые и освещаемые учебные помещения, не соответствовавшие требованиям школьной гигиены. В таком положении находились шестнадцатое в Адмиралтейской слободе, Плетеневское и двадцать второе в Игумновой слободе училища, располагавшиеся в старых строениях. В таких же условиях находилось Михайловское женское училище, в котором учебные помещения были холодные, сырые и низкие. Городской глава признал «давнюю необходимость» перевода Михайловского женского училища в другое помещение и просил управу подыскать к будущему учебному году новое помещение [6]. В неудовлетворительном состоянии находились и размещавшиеся при школах квартиры учителей. Следует отметить, что наем помещений обходился городской казне дешевле, чем ремонт существующих зданий. Это обстоятельство вынуждало власти чаще прибегать к аренде. Так, в 1890 г. на предложение Управы отремонтировать обветшавшее здание Плетеневского училища Дума, ввиду экстренных расходов, связанных с проведением в Казани Научно-промышленной выставки, предпочла нанять для училища новое помещение.

Обследование, сделанное властями в 1888 г., показало, что большая часть городских училищ размещалась в зданиях, в целом отвечавших санитарно-гигиеническим требованиям [7, с. 66]. Возможно, этот факт являлся следствием перемещения по решению Думы некоторых училищ из наемных помещений в городские здания, более отвечавшие требованиям учебного процесса.



Рис. 3. Николаевское (Двадцать первое) городское мужское училище  
 а) План двадцать первого городского училища на Николаевской площади. Кон. XIX – нач. XX вв.  
 1. Учебный класс. 2. Учительская. 3. Гардеробная. 4. Комната сторожа. 5. Коридор. 6. Туалет.  
 7. Тамбур. 8. Службы. 9. Дворовая территория со спортивной площадкой.  
 б) Здание бывшего двадцать первого городского училища на ул. Пушкина  
 (бывш. Николаевская площадь). Современный вид (фото автора)

При учреждении новых училищ Управа старалась учитывать существующую потребность в них в той или иной части города с учетом численности проживавшего там населения. Они открывались как в центральных частях города, так и на его окраинах и пригородных слободах – Козьей (восьмое), Ягодной (третье и тринадцатое), Адмиралтейской (пятое и шестнадцатое), Игумновой (двадцать второе и двадцать седьмое) [8, с. 4]. В некоторых случаях училища открывались по просьбе самих жителей, как это случилось в Подлужной слободе, например, с двадцать девятым училищем, основанным в 1906 году [9]. Жители слободы пожаловались в Управу на то, что, несмотря на ежегодный рост населения в их районе, они не имеют своей начальной школы. Учащимся приходилось проходить немалый путь до учебных заведений, располагавшихся на центральных улицах города, а именно до двадцать первого – на Николаевской площади или двадцать шестого – на Черноозерской улице. Власти пошли навстречу жителям Подлужной слободы, арендовав здание для училища на ул. Подлужной «в интересах улучшения успеваемости и здоровья детей».

Следовательно, учреждение в Казани органов местного самоуправления способствовало развитию сети начальных учебных заведений в городе. Резкий рост количества начальных училищ отмечен в начальный период деятельности Казанской городской думы, а именно в 1870-1880-е годы. В этих условиях власти были не в состоянии обеспечить городские начальные училища специальными зданиями и ограничивались арендой существующих строений, их ремонтом и приспособлением. Возможность строительства новых зданий для училищ появилась у Казанской городской думы лишь в 1910-х годах. Возведенные в эти годы в Казани крупные, двух-трехэтажные кирпичные учебные здания отвечали всем требованиям, предъявляемым к учебным заведениям.

Таким образом, анализ историко-архивных материалов по исследуемой проблематике позволил осветить начальный этап развития архитектуры и формирования в структуре Казани сети учебных учреждений. Исследование архитектурных особенностей специального типа учебного здания станет предметом дальнейшего исследования.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Систематический сборник постановлений Казанской Городской Думы за 22 года (с 1871 по 1892 гг. включительно). – Казань: Издание Городской Управы, 1898.
2. Двадцатипятилетие Петровского (14) женского приходского училища в Казани. 1872-1897 гг. – Казань: Типо-литография Императорского университета, 1898. – 39 с.
3. НА РТ. Ф. 2. Оп. 15. Д. 292.
4. НА РТ. Ф. 2. Оп. 15. Д. 299.
5. НА РТ. Ф. 98. Оп. 4. Д. 1592.
6. НА РТ. Ф. 98. Оп. 3. Д. 1411.
7. Черняк Э.В., Мадияров А.Б. Городское самоуправление в Казани 1870-1892 гг. – Казань: Изд-во «Дом печати», 2003.
8. Учебные заведения г. Казани и казанской губернии по 1903 г. включительно. – Казань: Типография Д.М. Грань, 1904. – 35 с.
9. НА РТ. Ф. 98. Оп. 4. Д. 2265.
10. Объекты культурного наследия РТ // URL: <http://mincult.tatarstan.ru/rus/info.php?id=213441> (дата обращения 10.06.11).

#### REFERENCES

1. Systematic collection of the decisions of the Kazan' Municipal Duma for 22 years (from 1871 to 1892 years inclusively). – Kazan: Izdanie Gorodskoy Ypravuy, 1898.
2. Twenty-fifth anniversary of the Petrovskiy's (14) female parochial school in Kazan. 1872-1897 years. – Kazan: Tipo-litografiya Imperatorskogo universiteta, 1898. – 39 p.
3. NA RT. F. 2. Op. 15. D. 292.
4. NA RT. F. 2. Op. 15. D. 299.
5. NA RT. F. 98. Op. 4. D. 1592.
6. NA RT. F. 98. Op. 3. D. 1411.
7. Chernayk E.V., Madiyarov A.B. City self-guidance in Kazan in 1870-1892 years. – Kazan: Publishers «Dom pechati», 2003.
8. Educational institutions of Kazan and Kazan' province to 1903 inclusive. – Kazan: Tipografiya D.M. Gran', 1904. – 35 p.
9. NA RT. F. 98. Op. 4. D. 2265.
10. Objects of cultural heritage of RT // URL: <http://mincult.tatarstan.ru/rus/info.php?id=213441> (reference date 10.06.11).

УДК 72.03:726(47+57)

**Нияз Халит** – доктор архитектуры, профессор

E-mail: [niaz\\_halit@rambler.ru](mailto:niaz_halit@rambler.ru)

**Казанский государственный архитектурно-строительный университет**

**Наиля Халитова** – старший преподаватель

**Казанский государственный университет культуры и искусств**

## К АТТРИБУЦИИ ТАТАРСКОЙ ДВЕРИ ИЗ ИСТОРИЧЕСКОГО МУЗЕЯ ЯРОСЛАВЛЯ

### АННОТАЦИЯ

В статье рассматривается вопрос об исламских влияниях в русской церковной архитектуре и атрибутируется татарская дверь 15-16 вв., экспонируемая в музее г. Ярославля как церковные царские врата.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** царские врата, мусульманская архитектура, татары, средневековая Казань.

**Niyaz Khalit** – doctor of architecture, professor

**Kazan State University of Architecture and Engineering**

**Nailia Khalitova** – senior lecturer

**Kazan State University of Culture and Arts**

## SOMETHING ABOUT TATAR DOOR FROM THE HISTORICAL MUSEUM OF JAROSLAVL'

### ABSTRACT

This article deals with the Islamic influences in Russian church architecture and attributed to the Tatar door of XV-XVI centuries, exhibited in the Museum of Yaroslavl as the Royal Doors.

**KEYWORDS:** Royal Doors, muslim architecture, medieval Kazan, tatars.

Русские церковные царские врата – довольно любопытный объект для исследования с точки зрения их типологии и художественных форм. Первое, что бросается в глаза при сопоставлении этих изделий, это их откровенно восточный облик. Он выражается как в очертаниях их арочных завершений, так и во внешнем оформлении (рис. 1).

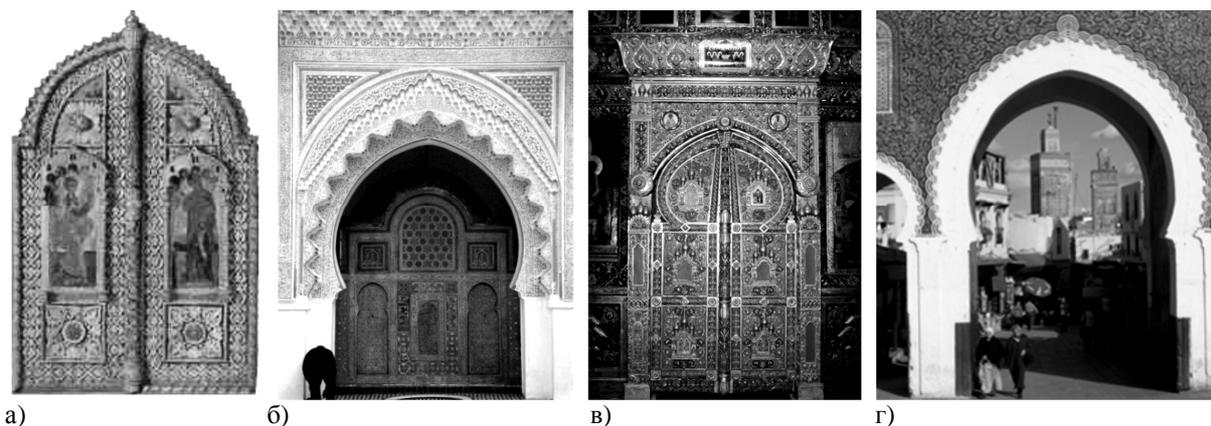


Рис. 1. Некоторые формы церковных царских врат, близкие к исламскому стилю:  
а) Со стрельчатой формой завершения. Киоты завершены многолопастными арками;  
б) Композиционная аналогия: Магрибо-андалусский стиль. Марокко, медресе аль-Каравийин.  
Входная калитка; в) Со стрельчато-подковообразной аркой проема.  
Придел Василия Блаженного в Покровском соборе г. Москвы;  
г) Аналогия: Магрибо-андалусский стиль. Марокко

Арка может иметь, кроме обычных полукруглых очертаний, характерную для исламской архитектуры стрельчатую (например, царские врата церкви села Олюшанского Морозовской вол., Бельского уезда Вологодской губ.), подковообразную (например, царские врата церкви Иоанна Богослова на Ишне (Ростовский музей), Софийского собора в Вологде и многое другое), килевидную (например, царские врата Климентовской церкви посада Уна Архангельской губ., Русский музей, СПб.), стрельчато-подковообразную (например, царские врата придела Василия Блаженного Покровского собора в Москве), килевидно-подковообразную (например, царские врата из Боровского Пафнутьева монастыря, церкви в с. Белая Слуда Вологодской губ. и др.), многолопастную (например, царские врата из Благовещенского собора Московского Кремля, Благовещенского собора в Муроме, в Рождественском соборе Саввино-Звенигородского монастыря Московской губернии и многое другое) и более затейливую форму (например, царские врата из Покровской церкви. Кижский погост. 1764 г., церкви Николая в селе Гостинополе Новгородской обл. (ок. 1475 г.) и др.). При этом общая композиция всего изделия, включая наличник, тимпан, карниз, и дверные полотнища несут явный отпечаток исламского стиля в пропорциях, размещении отдельных элементов, характере декоративных деталей и их декорировки. Во многих случаях весь этот набор элементов и в целом образ царских загадочно совпадает с устройством михраба в его классическом варианте (ниша или проем с арочным завершением, фланкированный парными или одинарными колонками).

Истоки таких совпадений требуют отдельного рассмотрения, в рамки настоящей статьи не вписывающиеся, однако при исследовании вопроса обнаруживаются факты, наводящие на гипотезы о возможных путях взаимодействия христианской и мусульманской традиций религиозной архитектуры даже в таком деликатном аспекте, как устройство наиболее почитаемого элемента – алтаря.

Интригует сходство дверных полотнищ средневековых русских царских врат 16-17 вв. с традиционными мусульманскими дверями, великое множество которых сохранилось по всему миру, начиная с магрибо-андалусского региона и до Занзибара и Индии. Их устройство совпадает порою до деталей: общая композиция и пропорции, конструкции каркасов под филенки, способы их укрепления металлическими элементами, художественная обработка центральной планки-нащельника, типология и решение дверных ручек и многое другое.

Наиболее знаковая часть художественного решения полотнища – орнаментальная декорировка. Здесь мы видим явную тенденцию к использованию мотивов византийской церковной школы или господствующего стиля эпохи (ренессанс, барокко и др.). Мусульманские орнаменты в их русской трактовке тоже применяются, но, вероятно, как элемент традиционной русской художественной культуры и русского традиционного орнаментального стиля. В отличие от мусульманских дверей, на поверхности царских врат полностью отсутствуют арабские надписи (которые, кстати, не так уж часты и у мусульман), но обязательны специально предусмотренные места для размещения живописных христианских религиозных сюжетов. Чаще всего, они располагаются внутри накладных киотов в виде церквей, заключенных в специальные картуши, либо архитектурно оформленных картушей-проемов, причем опять в выраженных исламских формах.

Любопытным свойством русских царских врат является довольно частое несовпадение конфигурации или даже вообще типа венчающей арки проема с конфигурацией верхней части двери.

Осматривая экспозицию Историко-архитектурного и художественного музея в Ярославле в 1998 году, мы обратили внимание в ряду экспонируемых там церковных царских врат на необычную алтарную дверь, отличающуюся от остальных подобных же тем, что она явно была когда-то в прошлом переделана из двери другого назначения. Бросается в глаза то, что первоначально она имела подковообразное очертание верха, но впоследствии довольно грубо переделана под обычную полукруглую арку (рис. 2). Дверь, безусловно, интерьерная: ни ее конфигурация, ни конструкция, ни толщина отдельных элементов не рассчитаны на эксплуатацию в условиях холодных сквозняков и примерзания.

Как уже говорилось выше, исламские черты в архитектуре царских врат – дело обычное, в том числе и чисто мусульманские подковообразная или стрельчато-подковообразная арки. Однако в отличие от обычной композиции царских врат, где в центральной части украшенных резьбой или росписью филенок располагались специальные картуши для киотов с барельефными макетиками церквей, ничего подобного у настоящего изделия не наблюдается.

Филенки были покрыты сплошным резным орнаментом, в центре которого впоследствии были сделаны выборки под упоминавшиеся макетики. Подготовка под них нарушает уже существующий изначально фон, выборка сделана по готовому резному орнаменту, а не закомпонована в картуши, как обычно.

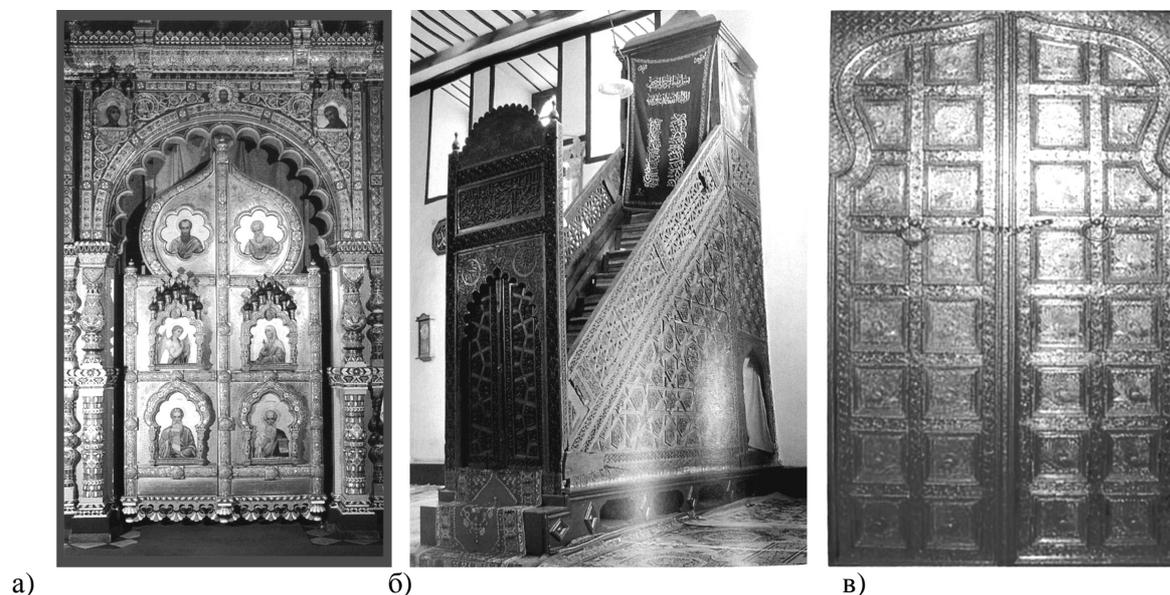


Рис. 2. Некоторые формы церковных царских врат, близкие к исламскому стилю:  
 а) С многолопастной аркой проема. Православная церковь Св. Владимира в Марианске-Лазне в Чехии с килевидно-подковообразным завершением. Дверь. Киоты завершена многолопастными арками;  
 б) Аналогия арки: Сельджукский стиль. Турция;  
 в) Аналогия двери: Магрибо-андалусский стиль. Марокко

Мусульманский характер нарушенного орнамента не вызывает сомнений, а его особенности указывают на принадлежность именно к татарской культуре, о чем готовится специальная публикация.

Дверь абсолютно типична для мусульманской традиции и во всех деталях имеет аналогии в средневековой культуре арабов, персов, турков, в Индии, Средней Азии. Ее поверхность довольно богато и разнообразно украшена резьбой. Наряду с общемусульманскими растительными орнаментами (на красном фоне), хотя и трактованными несколько своеобразно, здесь можно увидеть типичные для османского и крымскотатарского искусства розетки, а также тончайшую басму на медных накладках, восходящую к мотивам арабских орнаментов, но опять же довольно своеобразно прорисованных. Центральная накладная полуколонка по своей композиции имеет множество аналогий, в том числе среди сельджукских памятников Анатолии, включая характерные ячеистые разделяющие пояски, однако орнаменты, покрывающие ее стержень, видимо, требуют атрибуции как поволжские вариации. Оформление верхней части двери весьма оригинально. Оно копирует оформление арки михраба центральной мечети Стамбула и Османской империи Ая Софии (аналогию выявил Н.Т. Хазиахметов) и может быть причислено к символическим мотивам, подчеркивающим связь двух государств (рис. 3 а, б). Более того, такая символика наводит на предположения о том, что дверь украшала одно из значимых столичных зданий: дворец хана или главную мечеть (рис. 3 в).

Эта дверь действительно могла быть вывезена в 16 веке из Казани. Необходима специальная экспедиция в Ярославль для детального изучения этого памятника.

Не приходя к определенным выводам о стилиевой и стилистической связях русских средневековых церковных царских врат с исламской традицией (что не является целью настоящей статьи), следует отметить достаточно много параллелей и прямых заимствований, сложивших целое традиционное направление в их оформлении, живое и по сегодняшний день. Обнаруженная в Ярославском музее дверь достаточно типична для этого направления, почему, вероятно, ни у кого и не возникло вопросов по поводу ее стилистики и происхождения. Русское средневековое декоративное искусство во многих его проявлениях, в том числе и в оформлении

предметов церковного культа, испытало значительное влияние исламского искусства, в первую очередь, татарского, с которым оно находилось в тесном соприкосновении, если не сказать в симбиозе, в течение столетий. Есть основания говорить об исламских корнях и некоторых типах средневековых царских врат, хотя причины такого заимствования еще предстоит осмыслить.

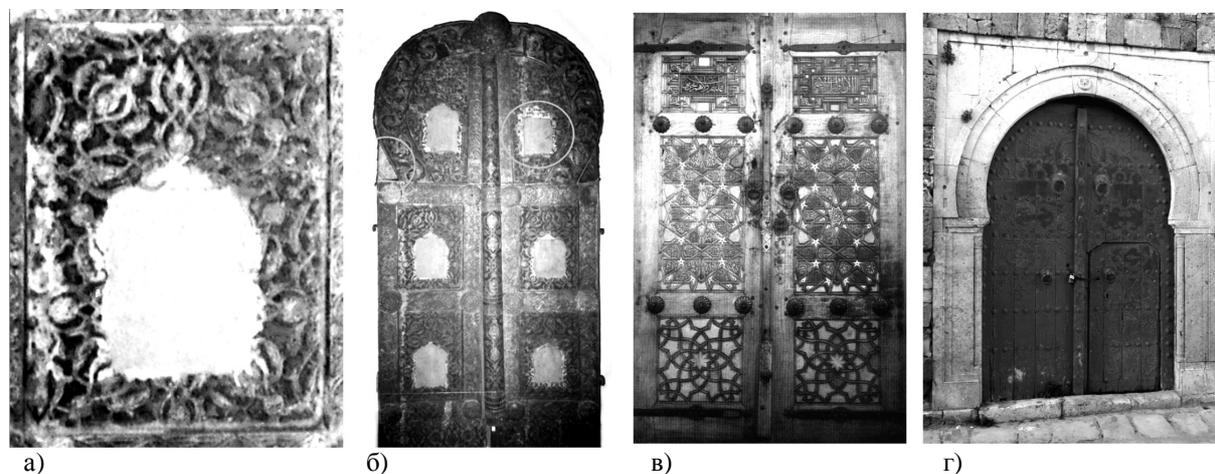


Рис. 3. Царские врата из Ярославского музея и их исламские аналогии.  
а) Филенка с затесом под ковчег; б) Общий вид; в) Аналогия. Филенчатая мусульманская дверь;  
г) Аналогия. Мусульманская дверь в подковообразной арке

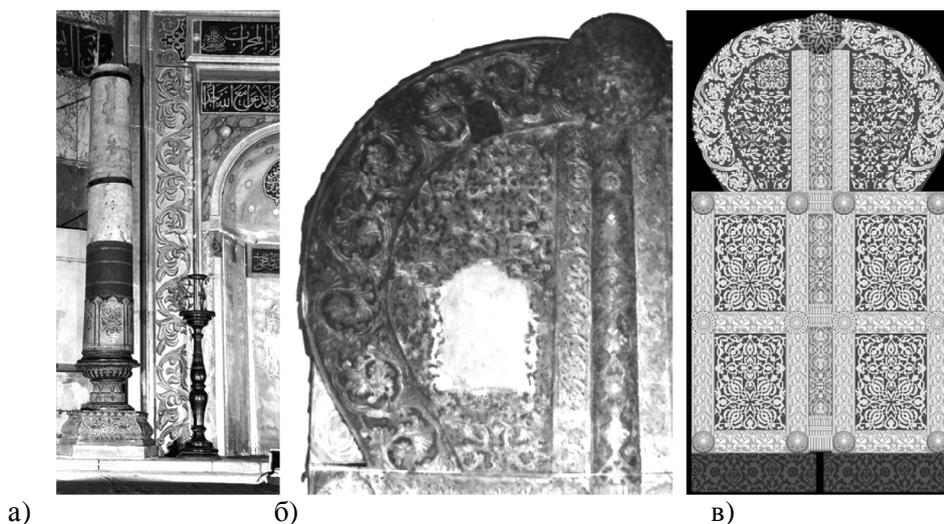


Рис. 4. Царские врата (татарская дверь) из Ярославского музея.  
а) Аналогия. Орнаментальный мотив на михрабе Айя София джами в Стамбуле;  
б) Верхняя филенка двери; в) Реконструкция. Худ. Хазиахметов Н.Т.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Церковь Св. Владимира в Марианске-Лазне в Чехии. – <http://www.liveinternet.ru/users/3184308/post134894297/>.
2. Левина Т.В. Эволюция формы царских врат и порталов в древнерусских иконостасах // Памятники русской архитектуры и монументального искусства XIII-XIX вв. – М., 2000.

#### REFERENCE

1. St. Vladimir's church in Mariansk-Lazna in Czech Republic. – <http://www.liveinternet.ru/users/3184308/post134894297/>.
2. Levina T.V. Evolution of the royal doors and portals forms in the ancient iconostasis // Monuments of Russian architecture and monumental art of XIII-XIX centuries. – М., 2000.



УДК 728.2-05

**Короткова С.Г.** – кандидат архитектуры, ассистент

E-mail: [svetlkor@yandex.ru](mailto:svetlkor@yandex.ru)

**Казанский государственный архитектурно-строительный университет**

## **АДАПТАЦИОННЫЕ РЕСУРСЫ ЖИЛОЙ СРЕДЫ ДЛЯ ЛЮДЕЙ С ОГРАНИЧЕННОЙ МОБИЛЬНОСТЬЮ**

### **АННОТАЦИЯ**

В настоящее время возникает необходимость в решении проблемы соответствия жилой среды разнообразию потребностей маломобильных групп населения на уровне проектирования, строительства и эксплуатации жилища. Особую актуальность данная проблема имеет в секторе массового жилья. Большое значение имеют пространства жилой среды, которые являются буферными (переходными) между общегородской и индивидуальной зоной пользования. Представлены новые ресурсы жилой среды, которые предусматривают возможность создания условий для проживания многочисленной части общества, отличающейся по возрастным и физическим параметрам от среднестатистического человека.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** адаптивность, жилище, маломобильные группы населения, пространство, жилая среда.

**Korotkova S.G.** – candidate of architecture, assistant

**Kazan State University of Architecture and Engineering**

## **ADAPTATION RESOURCES OF THE LIVING ENVIRONMENT FOR PEOPLE WITH LIMITED MOBILITY**

### **ABSTRACT**

Nowadays it is necessary to resolve the problem of compliance of human habitat with the diverse needs of low mobile populations in design, construction and operation of the housing. The given problem has a special urgency in sector of mass habitation. Spaces of the inhabited environment which are buffer (transitive) between a public and individual zone of using have great value. New resources of the inhabited environment which provide possibility of creation of conditions for residing of disability people are presented.

**KEYWORDS:** adaptability, housing, disability groups of population, space, living environment.

### **Введение**

Современная жилищная политика в России рассматривает человека лишь с позиции уровня его экономической обеспеченности. Вследствие этого площадь и качественный уровень жилища определяются не потребностями тех или иных социальных групп населения, а их экономическими возможностями. В результате такого подхода проектирование и строительство социального жилья ведется, исходя из удешевления затрат, и в процесс проектирования перестают входить такие понятия, как комфортность, эргономичность, образ жизни человека. Потребитель из высокообеспеченных слоев населения имеет больше возможностей выбора, в то время как для слоев населения с низким достатком в современных социально-экономических условиях нет выбора. Архитектор в значительной степени определяет характер жилой среды и принимает на себя ответственность за неприемлемые для проживающих в ней людей решения.

Возможность осуществления функциональных процессов, происходящих в жилище, является критерием комфортности или дискомфорта проживания. На то, как будут осуществляться жизненные функции человека в жилище, влияет программа строительства, задаваемая архитектором. Для того, чтобы ее задать, необходимо определить потенциальных жильцов и адаптивный ресурс архитектуры, приспособленной к различным образам жизни обитателей. В жилой среде всегда осуществляется множество функциональных процессов, в том числе она является основным местом релаксации и восстановления человека, «убежищем от опасностей».

### Тенденции развития адаптивной среды

В современном проектном процессе необходимо получить в максимально полном объеме представление о проектируемом объекте, чтобы в достаточной степени сориентироваться на человека как потребителя. При этом можно сформулировать три основные цели такого проектирования:

- первая цель состоит в расширении человеческих возможностей, а для этого требуется, чтобы возможности человека были определены и изучены;
- вторая цель состоит в том, чтобы проектные решения помогли преодолевать человеческие ограничения. Следовательно, необходимо определить указанные ограничения и разработать соответствующие компенсаторные механизмы;
- третья цель состоит в том, чтобы благоприятствовать принятию проекта потенциальными потребителями. Для этого необходим наиболее полный учет в процессе проектирования предпочтений и индивидуальных различий людей, которые будут действовать в предполагаемой жилой среде.

Адаптивность среды – одно из свойств, характеризующих как её собственную динамичность, так и динамичность того окружения, которое её создает. Адаптация среды осуществляется благодаря взаимодействию двух «встречных», но дополняющих друг друга процессов. С одной стороны, человек (общество) в той или иной степени корректирует свои потребности, линию поведения, технологии, чтобы полноценно жить и работать в предоставленной ему среде; с другой – постоянно стремится, так или иначе, изменить данный фрагмент среды с учетом своих интересов. При этом следует на каждом из уровней, от квартиры до системы расселения, предусматривать адаптивность структуры жилой среды.

Несмотря на то, что потребность в гибкости пространства существовала давно, создавать специальные понятия для этой проблематики стали только в 30-60-е годы двадцатого столетия. Это заслуги, прежде всего, Ле Корбюзье, Н.-Дж. Хабракена, Г. Хертсбергера, Х. Примаса, Б. Каше, К. Линча. С начала XXI века среди теорий по проблеме адаптивности архитектурной среды наиболее перспективной представляется концепция «слоев», как наиболее проработанная и жизнеспособная. Идея разделения здания на слои появилась еще в XVIII веке, когда французский архитектор Марк Антуан Ложье составляет модель хижины как основу всей архитектуры, где выделяет слои поддерживающих ветвей и защитных листьев (поддержки и оболочки). Идеи Ф. Даффи, С. Бранда и Б. Лоупена развивают эту модель как сочетание постоянных и изменяемых структур. На основе опыта исследований адаптивных структур программу «слоев» можно использовать как основу в проектировании адаптивной жилой среды. С помощью концепции «слоев» оказывается возможным организовать адаптивно все уровни жилой среды – от жилой ячейки до дворовой территории и далее. Проектирование приобретает значение в развитии новых пространственных структур и программировании архитектурного потенциала среды жизнедеятельности.

#### Адаптация жилой среды для людей с ограниченными возможностями

Проблематика адаптивности актуальна для жителей, которым необходимы потенциальные возможности среды. Инвалиды и пожилые люди являются той категорией населения, которая особо нуждается в продуманной организации жилой среды. Они зачастую не в состоянии свободно ориентироваться в окружающей среде, активно участвовать в культурных, спортивных и развлекательных мероприятиях, в полной мере пользоваться бытовыми услугами и комфортно чувствовать себя в собственном жилище. Эти люди утрачивают право на возможность сочетания индивидуальных интересов с общественными. В связи с этим встает проблема функциональной и структурной адаптации окружения для предотвращения ограничения общения и возможностей перемещения инвалидов и престарелых, а также других людей с ограниченной мобильностью (родители с маленькими детьми и детскими колясками, беременные женщины, люди с травмами опорно-двигательного аппарата, физически немощные люди и т.д.). При проектировании жилой среды для этой группы населения необходимо учитывать как функциональные особенности организма, так и степень активности, а именно:

\* нулевая – сохранены только биологические потребности;

\* слабовыраженная – осуществление доступного самообслуживания;

\* низкая активность – жизнь в контексте прошлых переживаний, чтение, просмотр телепередач, случайные общественные контакты;

\* средняя активность – досуговая деятельность без участия в трудовой и социальной деятельности;

\* относительно сохраняемая активность – стремление к активному образу жизни, к сохранению трудовой активности.

Адаптация среды, сформированная с учетом приспособления для различных групп населения, чрезвычайно важна для людей с ограниченными возможностями.

Следует выделить три уровня пространств, в которых должна проходить адаптация жилой среды: внешний уровень (дворовое пространство), связующий уровень (внутридомовые коммуникации) и внутренний уровень (внутриквартирное пространство). Каждый уровень характеризуется как определенной степенью освоения среды людьми с ограничениями возможностей, так и способами компенсации этих ограничений. Внутренний уровень – основное пространство для восстановления, релаксации, развития, психологической защиты от нагрузок внешнего мира. Освоение этого пространства происходит наиболее полно жильцами всех категорий социально-функциональной активности. В организации внутреннего пространства квартиры чаще всего закладываются возможности её адаптации, такие как: перепланировка, переоборудование, трансформация и функциональная вариативность. Дворовое пространство – место контакта и взаимодействия с внешней средой, а также начальная ступень к расширению коммуникаций на уровне городского сообщества. Освоение уровня «двор» возможно для всех категорий граждан с ограниченной мобильностью, за исключением нулевой и слабовыраженной степеней активности. Приемы и способы компенсации ограниченных возможностей инвалидов на уровне «город» достаточно объективно регламентированы в действующих нормах и рекомендательных документах [4, 5]. При организации безбарьерной среды большое внимание уделяется социальным аспектам благоустройства территории; обеспечивается безопасность и защищенность участка, его озеленение, организации площадок здоровья, системы дорожек, устройство тентовых навесов, пергол, зонтов, скамеек и т.д. Но следует отметить, что инвалиды чаще всего не могут воспользоваться безбарьерными городскими пространствами, так как не в состоянии преодолеть путь от квартиры до дворовой территории. Внутридомовые коммуникации являются элементом связи между двумя пространствами – внешним и внутренним. Именно они на сегодняшний день являются практически не адаптированными к условиям доступности среды. При проектировании специализированных домов для инвалидов и престарелых заданием на проектирование определяется наличие специальных лифтов, подъемников и подъемных платформ, предусматриваются дополнительные площади для хранения, назначается ширина коммуникаций для проезда кресла-коляски.

Современное массовое домостроение не имеет ресурсов к созданию жилой среды, доступной для людей с ограничениями мобильности. Существующие сегодня методы проектирования жилых зданий массового строительства изначально ориентированы на создание неизменяемых, фиксированных планировочных решений, не предусматривая возможности перепланировки и приспособления жилища для физически ослабленных лиц. Современная архитектура не учитывает, что в связи появлением маломобильного жилья изменяется уклад семьи, у неё появляются новые потребности. Это относится как к старому жилищному фонду, так и к вновь строящемуся массовому жилью.

Существуют два направления при создании адаптированной среды в массовом жилище, характеризующихся решением комплекса проектных задач.

Один из подходов заключается в комплексе реконструктивных мероприятий по приспособлению существующего жилищного фонда и типовых проектов. Другое направление – новое строительство – является более эффективным с точки зрения экономической и архитектурно-планировочной целесообразности, так как в данном случае изначально предусмотрены инварианты последующего развития в жизни семьи.

Основные мероприятия, затрагивающие адаптацию существующего жилищного фонда для людей с ограничениями в здоровье, всегда будут включать: перепланировку санитарно-гигиенических помещений с увеличением их габаритов, устройство выхода на летнее помещение, расширение дверных проемов (до 0,9 м в свету), организацию минимально допустимых порогов. Вышеназванные мероприятия являются необходимыми во внутриквартирных пространствах. Для определения адаптационного ресурса жилой среды

следует учитывать возможности приспособления связующего пространства. Поэтому качественными критериями возможной адаптации жилища к требованиям людей с ограничениями здоровья в типовых проектах жилых домов массовых серий являются: этажность размещения адаптированной квартиры, ширина горизонтальных и вертикальных коммуникаций, шаг несущих конструкций и высота этажа жилого дома.

Проживание людей с ограничениями в здоровье возможно на любом этаже, в зависимости от наличия специально оборудованного лифта. Работы по исследованию условий микроклимата в жилой среде определяют качество проживания на первых и на верхних этажах многоэтажных жилых домов, как дискомфортное. Это обосновано недостаточностью воздухообмена, распределением вредных взвешенных веществ по вертикали многоэтажного здания, повышенным уровнем шумовой нагрузки от ближних и дальних источников шума, отсутствием визуального контакта с уровнем земли. Поэтому размещение квартир для инвалидов наиболее желательно на 2-6 этажах. Высота жилых этажей здания также является ограничивающим фактором для последующей адаптации и должна составлять в чистоте не менее трех метров.

В адаптированном жилье ширина коридоров и галерей складывается из значений минимальной ширины для проезда кресла-коляски и возможности открывания дверей из помещений квартир. Следовательно, необходимая ширина горизонтальных коммуникаций составляет 1,8 м. Шаг несущих конструкций и ширина элементов лестнично-лифтового узла ограничивают возможности приспособления к нуждам маломобильных жильцов многоэтажного жилого здания типовой серии. Таким образом, каркасные несущие системы и системы поперечно несущих стен с широким шагом (не менее 3,3 м) определяют наличие адаптационного потенциала здания.

Второй подход представляет собой проектирование нового жилья с учетом потребностей обитателей. В этом случае в процессе проектирования следует закладывать **адаптационный ресурс** жилой среды. Под ним подразумеваются возможности жилой среды к пространственно-функциональным изменениям в процессе эксплуатации жилища. Такой ресурс представляется особенно необходимым на связующем уровне организации среды, то есть коммуникаций здания. Вследствие того, что именно лестнично-лифтовые узлы, входные группы и горизонтальные связи являются слоем, именуемым «ядро», именно они включают конструктивный и инженерный костяк здания. Для этих пространств требуется, на стадии проекта, в полной мере обеспечить адаптационный ресурс жилой среды. Направления адаптации включают архитектурно-планировочный, конструктивный и инженерно-технический комплекс мероприятий: габариты и устройство доступности входных тамбуров и вестибюльных групп (с помощью пандусов, подъемников, аппарелей); установка лифтов с габаритами кабины не менее 2,1x1,1 м; обеспечение тактильных, световых, цветовых информаторов на путях следования; короткие и визуально просматриваемые коммуникационные связи в жилой среде и т.д.

Современное проектирование адаптируемого жилища позволяет выделить основные способы адаптации как внутриквартирного пространства, так и внутридомовых коммуникационных связей:

1. адаптация за счет изменения объемно-планировочной организации среды и её функционального наполнения, без увеличения/уменьшения имеющихся площадей, с возможностью переноса перегородок или инженерных сетей и т.д. Для этого необходимо наличие каркасной системы несущего остова;
2. адаптация за счет изменения размеров и площадей жилого пространства посредством заложенных в проекте здания и его участка избыточных возможностей. Для этого необходимы рациональные резервы пространства по высоте и площади, запасы конструктивной прочности, элементы крепления дополнительных конструкций, резервы инженерных систем. Изменения площадей жилого пространства могут происходить как посредством настраивания/пристраивания дополнительного объема, так и путем распределения резервных возможностей конструктивного, технологического и пространственного характера. Резервные возможности могут приводить к замещению одних функций другими с изменением существующего объема;
3. адаптация за счет разделения и объединения жилых единиц в различные инварианты в процессе эксплуатации. Например, однокомнатная и двухкомнатная квартиры, смежно расположенные на

этаже секционного жилого дома, могут быть объединены в случае заселения многодетной семьей. Наоборот, в большие квартиры могут закладываться возможности разделения их на меньшие в результате образования нескольких домохозяйств. Возможность этого должна быть предусмотрена на этапе проектирования. В процессе строительства необходимо закладывать соответствующее инженерное оборудование и коммуникации.

4. адаптация за счет наличия изначально множества вариантов использования пространства. Планировочные и технические решения как индивидуальных, так и общественных пространств предоставляют возможность адаптации без дополнительной перепланировки. Происходит это за счет универсальности пространственного решения, трансформации пространства с изменением его геометрии, объединения различных функциональных процессов в едином пространстве.

Представленные способы адаптации жилой среды должны быть положены в основу концепции обеспечения универсальности и доступности жилища для маломобильной группы населения. Суть концепции доступной среды заключается в создании таких условий, чтобы для инвалидов отсутствовала потребность в помощи здоровых людей, чтобы они не чувствовали себя выброшенными из жизни. При этом безбарьерная среда не может быть в рамках одного дома, одного двора или района, так как она не имеет границ. Таким образом, адаптационным ресурсом должна быть обеспечена вся жилая застройка, в том числе и массовое жилье.

### Заключение

Требования к изучению деятельности человека в среде обитания, рассматриваемые ранее в проектной практике как побочный и непредсказуемый результат проектирования, впервые начинают целенаправленно учитываться и исследоваться адекватными методами и средствами с начальных этапов общего процесса проектирования.

Эффективность и надежность функционирования жилища сегодня определяется учетом человеческого фактора и эргонометрических параметров его обитателей. Экономическая стоимость проектирования и строительства с учетом адаптационных ресурсов жилой среды возрастает. Но в результате создания дополнительных возможностей использования такого здания замедляется его физическое и функциональное старение, вследствие чего эксплуатационная эффективность жилища повышается.

В современных подходах создания жилища главным фактором его формирования становится индивидуальность образа жизни и потребностей обитателя. Происходит вовлечение потребителя в процесс формирования жилища массовой застройки, за счёт предоставления архитектором возможности допроектирования собственного жилища. В целом, процесс адаптации жилища с учётом факта вовлечения в него профессионального сообщества и обитателя можно разделить на два этапа: **до заселения обитателей** (на этапе проектирования и строительства) и **после заселения обитателей** (в процессе эксплуатации). В результате с момента создания идеи жилой среды до эксплуатации здания необходимо обеспечить единый процесс, с прогнозируемыми прямыми и обратными связями. Такой подход позволяет смоделировать все вероятные изменения жилища в будущем и дает возможность на протяжении длительного времени осуществлять его «допроектирование» и модернизацию с учетом использования его людьми с ограничениями возможностей.

Таким образом, проблема адаптации жилища изучалась и имела разнообразные решения в различных концепциях. Она актуальна и сегодня, так как дает возможность сформировать ресурсы жилой среды как восстанавливающей и реабилитирующей системы. Такой адаптационный ресурс выявлен в жилище и является неотъемлемой частью организации доступности среды жизнедеятельности для маломобильных граждан и инвалидов. Определены три уровня пространств, в которых следует обеспечить возможность адаптации к меняющимся условиям жизни населения. Формирование адаптационного ресурса на уровне внутридомовых связей является наиболее сложной и потенциально значимой целью создания универсальной среды. В задачи архитектурного проектирования входит выявление и внедрение перспективных способов адаптации в жилые дома массового строительства.

Таблица

**Качественные критерии адаптации жилой среды в проектах домов массового строительства**

№п/п	1	2	3	4		
КРИТЕРИЙ	этажность	ширина коммуникаций	шаг несущих конструкций	высота этажа		
 <p>- безлифтовый жилой дом</p>  <p>- многоэтажный жилой дом с приспособленным лифтом</p>	 <p>- ширина лестничной клетки</p>  <p>- ширина внутридомовых коридоров</p>  <p>- шаг поперечно несущих стен</p>					
УСЛОВИЯ АДАПТАЦИИ	2 этаж	2 - 6 этаж	≥3,0 м	≥1,8 м	≥3,3 м	≥3,0 м

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Анисимов Л.Ю. Принципы формирования архитектуры адаптируемого жилища: автореф. дис... канд. архитектуры: 18.00.02/ Моск. архитектур. ин-т. – М., 2009. – 30 с.
2. Короткова С.Г., Копсова Т.П. Архитектурно-пространственная организация жилой среды для семьи с ребенком-инвалидом в многоквартирном жилом доме // Жилищное строительство, 2008, № 11. – С. 5-7.
3. Проектирование жилых зданий: пер. с англ. / Дж. Максаи, Ю. Холланд, Г. Нахман, Дж. Якер. – М.: Стройиздат, 1979. – 488 с.
4. СНиП 35-01-2001. Доступность зданий и сооружений для маломобильных групп населения: приняты и введ. в действие Госстроем России 16.07.2001: взамен ВСН 62-91\* (кроме требований к специализир. зданиям): дата введ. 01.09.2001. Изд. офиц. – М.: ГУП ЦПП, 2001. – 15 с.
5. СП 35-102-2001. Жилая среда с планировочными элементами, доступными инвалидам: одобрен и рекомендован от 16.07.2001 / Госстрой России. Изд. офиц. – М.: ГУП ЦПП, 2001. – 24 с.

**PEFERENCES**

1. Anisimov L.J. Principles of formation of an adaptable architecture homes: author. dis...of candidate architecture: 18.00.02 / Mosk. architecture. inst. – М., 2009. – 30 p.
2. Korotkova S.G., Kopsova T.P. Architectural and spatial organization of the living environment for families with a disabled child in a tenement apartment building // House building, 2008, № 11. – P. 5-7.
3. Housing: translation eng. / Dohn Maksai, Eugene P. Holland, Harry S. Nachman, Dulus Y. Yaker. – Moscow: Stroyizdat, 1979. – 488 p.
4. SNIP 35-01-2001. Accessibility of buldings and structures for physically handicapped persons: adopted and implemented on State Building in Russia 16.07.2001: instead of VSN 62-91\* (except for claims to specialized buildings): the date by typing 01.09.2001. Ed. official. – Moscow: GUP ZPP, 2001. – 15 p.
5. SP 35-102-2001. Residential environment with planning components, accessible for physically handicapped persons: approved and recommended by 16.07.2001/ State Building in Russia. Ed. official. – Moscow: GUP ZPP, 2001. – 24 p.



УДК 69.059.4

**Куприянов В.Н.** – доктор технических наук, профессор, член-корреспондент РААСН

E-mail: [kupriyan@kgasu.ru](mailto:kupriyan@kgasu.ru)

**Иванцов А.И.** – аспирант

E-mail: [ivantsov@kgasu.ru](mailto:ivantsov@kgasu.ru)

**Казанский государственный архитектурно-строительный университет**

## **К ВОПРОСУ О ДОЛГОВЕЧНОСТИ МНОГОСЛОЙНЫХ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ**

### **АННОТАЦИЯ**

Показано, что сроку службы наружного ограждения и долговечности материалов, его составляющих, следует уделять не меньше внимания, чем обеспечению его теплозащиты. Дан анализ понятиям долговечность и нормирование долговечности. Сформулированы первоочередные задачи по исследованию долговечности и срока службы.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** ограждающие конструкции, долговечность, срок службы, нормирование.

**Kupriyanov V.N.** – doctor of technical sciences, professor, corresponding member of RAACS

**Ivantsov A.I.** – post-graduate student

**Kazan State University of Architecture and Engineering**

## **TO THE QUESTION OF DURABILITY OF MULTILAYER ENCLOSING STRUCTURES**

### **ABSTRACT**

It is shown that for the service life of outdoor fencing and durability of its materials should be given no less attention than ensuring its heat protection. The concepts of durability and rationing of durability are analyzed. Priorities for the study of durability and service life are formulated.

**KEYWORDS:** enclosing structures, durability, service life, rationing.

### **Введение**

Начало нового века в нашей стране ознаменовалось повышенным вниманием к энергоэффективности зданий. Это проявилось внесением изменений в СНиП П-3-79\* «Строительная теплотехника» [1] и последующей его заменой на СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий» [2], когда требуемое приведенное сопротивление теплопередаче стеновых ограждающих конструкций было повышено в 2,5-3 раза. Выполнить эти требования стало возможным лишь в многослойных конструкциях с применением эффективных теплоизоляционных материалов. Причем применение многослойных конструкций стало настолько стремительным, а разнообразие материалов столь обширным, что научное сопровождение не успевало за этими объемами, и стали выявляться определенные недостатки многослойных ограждений. А именно, при высокой степени теплоизоляции срок службы некоторых материалов и особенно конструктивных решений на их основе не достигал и 15-20 лет. Об этом свидетельствуют как лабораторные испытания ряда конструкций, например фасадных систем наружного утепления с тонким штукатурным слоем [3, 4], так и натурные исследования ограждений зданий с облицовочным слоем из кирпича [5].

Известно, что с применением эффективных теплоизоляционных конструкций снижаются расходы на отопление зданий, но расчеты по энергоэффективности зданий не учитывают расходы на капитальный ремонт наружного ограждения в процессе эксплуатации. В работе [6] отмечается, что «при долговечности материалов и конструкций меньше 50 лет затраты на ремонт многослойных стеновых конструкций ... превышают ожидаемую экономию средств от снижения расходов на отопление при эксплуатации». И, с этой точки зрения, сроку службы наружного ограждения и долговечности материалов, его составляющих, следует уделять не меньше внимания, чем просто обеспечению его теплозащиты.

### Понятие долговечности

Понятие «долговечность» часто используется в научной, технической и нормативной литературе, однако в различных источниках в это понятие вкладывается различный смысл.

Чаще всего долговечность определяется по результатам испытаний материалов на морозостойкость, влагостойкость, атмосферостойкость, биостойкость, коррозионную стойкость и т.п. [7-10]. Эти испытания проводят, как правило, по стандартным методикам в условиях, отличающихся от эксплуатационных воздействий в ограждениях зданий, и отождествляют эту «стойкость» материала с долговечностью этого материала в ограждающих конструкциях при эксплуатации будет неправомерно [11].

В некоторых работах, например [12, 13], при описании изменения эксплуатационных качеств ограждающих конструкций и зданий в целом используют аналогичное понятие – износ.

Наибольшую информативность в понятие долговечность вносят нормативные документы по надежности в технике [14] и строительных конструкциях [15]. Возникает комплексный показатель – надежность, который в зависимости от назначения объекта и условий его эксплуатации может включать: работоспособность, безотказность, долговечность, ремонтпригодность, сохраняемость или их сочетания.

Рассмотренные понятия долговечность и срок службы находят использование в нормативных документах по ограждающим конструкциям.

Так, в СНиП II-V.6-62 «Ограждающие конструкции. Нормы проектирования» [16] в п. 1.6 записано: «долговечность ограждающих конструкций определяется сроком их службы без потери требуемых эксплуатационных качеств в данных климатических условиях при заданном режиме эксплуатации». В этом определении заложена количественная характеристика долговечности – срок службы, который зависит как от климатических условий, так и от эксплуатационных воздействий на ограждение в целом и на их материалы в отдельности.

Под долговечностью понимают свойство изделия сохранять работоспособность до предельного состояния с необходимыми перерывами для технического обслуживания и ремонтов. Предельное состояние изделия определяется в зависимости от его назначения, конструктивных особенностей и режима эксплуатации. Предельное состояние ремонтируемых изделий определяется неэффективностью их дальнейшей эксплуатации из-за старения и частых отказов или увеличения затрат на ремонт.

Различают:

- *физическую долговечность*, которая зависит от физико-технических характеристик конструкций: прочности, тепло- и звукоизоляции, герметичности и других параметров;
- *моральную долговечность*, которая зависит от соответствия здания своему назначению по функции, эстетическим качествам, архитектуре и т.п.

Существует понятие *оптимальная долговечность*, определяемая сроком службы здания, в течение которого экономически целесообразно его восстанавливать. Однако наступает такой срок, когда затраты на восстановление здания становятся нецелесообразными.

Надежность здания (вероятность его безотказной работы), долговечность и износ могут быть представлены во взаимосвязи графически, как показано на рис. 1 [12]. На этом рисунке в качестве предельного состояния принят износ, равный 50 %.

Долговечность является качественным свойством материала изделия или конструкции, т.е., можно сказать, один материал долговечнее другого. Количественной мерой долговечности является календарное время службы до достижения предельного состояния – срок службы.

Наиболее важными количественными показателями долговечности ограждающих конструкций являются:

- средний срок службы (математическое ожидание в терминах теории вероятности);
- средний срок службы до первого среднего (капитального) ремонта (сравнительная долговечность);
- средний срок службы между смежными средними (капитальными) ремонтами;
- средний срок службы до исчерпания эксплуатационной способности, т.е. до предельного состояния с учетом средних (капитальных) ремонтов (фактическая долговечность).

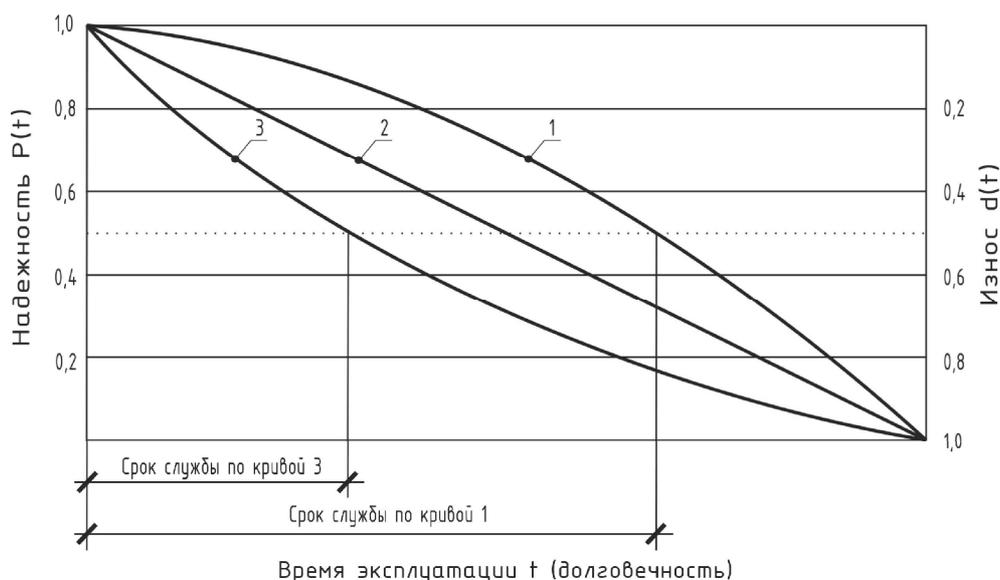


Рис. 1. Зависимость износа от времени эксплуатации. Характер кривых 1, 2, 3 определяется механическими, физическими, химическими или биологическими процессами старения материалов

### Нормирование долговечности

Долговечность материалов является также экономической категорией. Чем дольше служит материал, тем меньше требуется эксплуатационных затрат для поддержания работоспособности конструкции: ремонты текущие, средние, капитальные или замена материала, не выполняющего свои функции.

Конструкцию наружного ограждения можно считать оптимальной, если долговечность всех функциональных слоев и деталей будет одинакова. Если не удастся создать такую ограждающую конструкцию и в ней использованы материалы разной долговечности, то конструкция ограждения должна предусматривать упрощенную замену материалов или узлов на новые (текущий, средний или капитальный ремонт). В терминах теории надежности это означает, что конструкция должна быть ремонтпригодной.

Таким образом, в распоряжении проектировщика должна быть информация о долговечности (сроках службы) различных материалов при определенных эксплуатационных воздействиях. С другой стороны, в задании на проектирование должен быть указан класс капитальности здания и соответствующая степень долговечности ограждающих конструкций.

Впервые классификация ограждающих конструкций по степени долговечности была предложена в СНиП II-V.6-62 «Ограждающие конструкции. Нормы проектирования» [16]. Предложены три степени долговечности ограждающих конструкций: I степень – со сроком службы не менее 100 лет, II степень – не менее 50 лет и III степень – не менее 20 лет.

Через десять лет эта глава СНиП была отменена, и работы по нормированию долговечности ограждающих конструкций были остановлены на десятилетия. В 1986 году [17] эти работы были продолжены. Предложена та же классификация степени долговечности ограждающих конструкций, что и в СНиП II-V.6-62 (100, 50 и 20 лет). В РСН 58-86 [17] указывается, что степень долговечности ограждающих конструкций устанавливается в зависимости от класса капитальности зданий.

В то же время, классы капитальности жилых зданий, приводимые в СНиП II-L.1-71\* «Жилые здания. Нормы проектирования» [18], впоследствии были отменены.

В Рекомендациях 1983 года [19] нормативный срок службы наружных стен определен в 100-150 лет, что приравнивается к сроку службы всего здания.

Итак, если в задании на проектирование здания указан класс капитальности здания и соответствующая ему степень долговечности ограждающих конструкций, то становится понятной задача подбора материалов для функциональных слоев ограждения и деталей определенной степени долговечности.

В СНиП II-В.6-62, п. 1.8 [16] сформулированы требования к обеспечению заданной степени долговечности. «Требуемую степень долговечности ограждающих конструкций следует обеспечивать применением материалов, имеющих *надлежащую стойкость* (морозостойкость, влагостойкость, биостойкость, стойкость против коррозии, высокой температуры, циклических температурных колебаний и других разрушающих воздействий окружающей среды), а также соответствующими конструктивными решениями, предусматривающими в случае необходимости специальную защиту элементов конструкций, выполняемых из достаточно стойких материалов».

В 2003 году в СНиП 23-02-2003 [2] включен п. 4.1, в котором воспроизведен п. 1.8 СНиП II-В.6-62 [16], но регламентация понятия «надлежащая стойкость» отсутствует, в связи с чем п. 4.1 СНиП 23-02-2003 теряет смысл. Аналогичный пункт сохранен и в актуализированном СНиП 23-02, смысл которого также потерян.

В стандарте организации Российского общества инженеров строительства [20] предпринята попытка нормировать долговечность наружных стен. В основу нормирования положены конструктивные особенности несущих систем, ограждающих конструкций и используемых материалов для теплоизоляционных и облицовочных слоев. В нормативном документе [20] приведено подробное описание конструкций и материалов десяти типов ограждающих конструкций с прогнозируемой долговечностью от 50 до 150 лет. Выборы из нормативного документа по прогнозируемой долговечности наружных стен зданий приведены в табл. 1.

Таблица 1

Прогнозируемая долговечность наружных стен здания [20]

№ п/п	Характеристика зданий, наружных стен и других конструктивных элементов	Прогнозируемая долговечность, годы
1	<b>Монолитные и сборно-монолитные (высотой до 30 этажей)</b> , наружные стены с металлическим каркасом и пустотелыми крупноформатными камнями из пористой керамики, полистирольными, ячеистобетонными автоклавными блоками, огнестойкими пенополиуретановыми плитами повышенной плотности с наполнителями, минераловатными плитами из базальтового волокна повышенной жесткости, облицованные керамическим кирпичом или крупноразмерными плитами из природного и искусственного камня	150
2	<b>Кирпичные</b> , наружные стены самонесущие из сплошной кладки, выполненной из пустотелых крупноформатных камней из пористой керамики общей толщиной с лицевым кирпичным слоем в 2,5 кирпича, усиленные металлическими сетками или железобетонными поясами	150
3	<b>Монолитные и каркасные железобетонные (высотой до 12 этажей)</b> , наружные стены с несущими монолитными железобетонными межоконными простенками или ненесущими из кирпича и камня, утепленные жесткими минераловатными, пенополиуретановыми плитами, закрепленными дюбелями к несущей части наружной стены, оштукатуренными по капроновой или металлической сетке	150
4	<b>Мелкоблочные (высотой до 5 этажей)</b> , наружные стены самонесущие и ненесущие из мелких ячеистобетонных блоков, легкобетонных камней полистиролбетонных блоков, облицованных кирпичом	100
5	<b>Каркасные из легких наружных металлических панелей (высотой до 12 этажей)</b> , наружные стены ненесущие из навесных панелей с металлическими облицовками с минераловатными, пенополиуретановыми утеплителями (типа «сэндвич»)	70

В том же нормативном документе приведена таблица продолжительности эффективной эксплуатации различных конструкций наружных стен до первого капитального ремонта. Выборка из полной таблицы нормативного документа приведена в табл. 2.

Таблица 2

**Продолжительность эксплуатации наружных стен до первого капитального ремонта [20]**

№ п/п	Характеристика наружных стен	Продолжительность эксплуатации до первого капитального ремонта, годы
1	Каркасные из металла со стенами из пустотелых крупноформатных камней из пористой керамики с морозостойкостью F35-F50, облицованные керамическим кирпичом или крупноформатными плитами из природного и искусственного камня с морозостойкостью не менее F50	80
2	Каркасные из металла со стенами из пустотелого керамического кирпича, камней с морозостойкостью F35-F50, утепленные полистиролбетонными, ячеистобетонными автоклавными блоками, минераловатными, базальтовыми плитами повышенной жесткости, облицованные керамическим кирпичом или крупноформатными плитами из природного и искусственного камня с морозостойкостью не менее F50	60
3	Монолитные железобетонные, кирпичные (F35), утепленные жесткими минераловатными плитами на дюбелях, облицованные керамическим кирпичом с морозостойкостью не менее F35	35
4	Монолитные железобетонные, кирпичные (F35) с беспересовыми пенополистирольными плитами на дюбелях, с противопожарными рассечками из минераловатных плит, оштукатуренные по металлической или капроновой сетке	25
5	Из трехслойных железобетонных панелей, утепленных пенополистирольными экструдированными плитами	45
6	Из трехслойных железобетонных панелей, утепленных с беспересовыми пенополистирольными плитами	35
7	Из трехслойных железобетонных панелей, утепленных пенополиуретановыми плитами	60

В настоящей статье не будем анализировать обоснованность нормативов долговечности наружных стен и продолжительности их эксплуатации до первого капитального ремонта, приведенных в [20], но сам факт появления этих нормативов является необходимым условием для проектирования долговечности ограждающих конструкций и подбора материалов для них, имеющих «надлежащую стойкость».

**Процесс износа и его восстановление**

Износ ограждающих конструкций по определению [12] проходит через четыре стадии: малый износ, повреждения, разрушения и полный износ. Интенсивность износа ограждающих конструкций определяется физико-химическими или биологическими процессами старения, как это показано на рис. 1. Процессы старения материалов в ограждениях зависят от конструкции ограждения, использованных материалов и характера эксплуатационных воздействий.

Износ ограждающих конструкций может быть замедлен, а долговечность ограждений, соответственно, увеличена за счет текущих и капитальных ремонтов.

Характер процесса износа и его восстановления схематически показан на рис. 2 [12]. Однако, по мнению некоторых специалистов, значимость текущего ремонта со временем ослабевает, и зависимость этого влияния от времени в период между капитальными ремонтами можно представить, как показано на вставке.

Из рис. 2 можно видеть, что один и тот же уровень износа (на рис. 2 это 50 %) с применением текущих и капитальных ремонтов достигается за более продолжительное время, чем без ремонтов (кривая естественного износа).

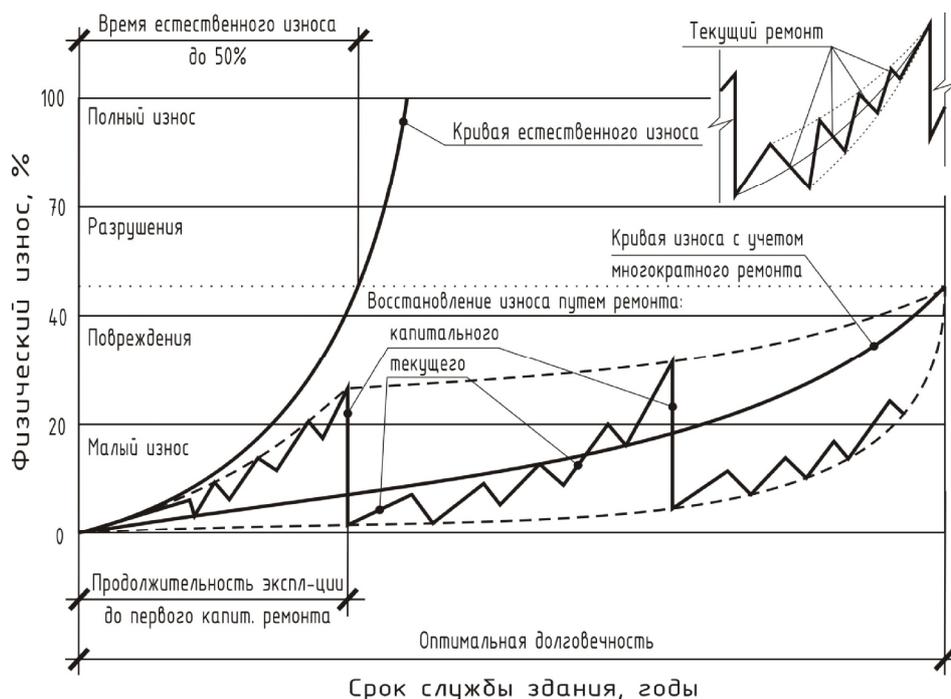


Рис. 2. Зависимость износа конструкции от времени эксплуатации

### Определение долговечности и срока службы

Если известна кинетика изменения свойств материала при эксплуатационных воздействиях и величина предельного состояния определяющего свойства материала, то его срок службы определяется по схеме, аналогичной рис. 1. Из этого рисунка видно, что для одной и той же степени износа (на рис. это 50 %) срок службы зависит от кинетической кривой старения. В соответствии с этим, «надлежащая стойкость» материалов, которая обеспечит заданный (нормативный) срок службы ограждающих конструкций, может быть определена через построение кинетических кривых изменения определяющих свойств материалов при эксплуатационных воздействиях. Под термином «определяющие свойства» следует понимать основные свойства функциональных слоев ограждения, которые в первом приближении представлены ниже:

- для конструктивных слоев – прочность, морозостойкость;
- для теплоизоляционных слоев – теплопроводность, влагостойкость, паропроницаемость;
- для облицовочных слоев – прочность, морозостойкость, атмосферостойкость, водостойкость, декоративные качества.

Вышеизложенное позволяет сформулировать перечень первоочередных задач по определению долговечности и срока службы многослойных ограждающих конструкций:

1. Установить перечень и количественные параметры эксплуатационных воздействий на функциональные слои многослойных ограждений (конструктивных, теплоизоляционных и облицовочных).
2. Установить закономерности процессов старения материалов функциональных слоев при эксплуатационных воздействиях.
3. Разработать ускоренные режимы испытаний материалов функциональных слоев на старение в лабораторных режимах, адекватных эксплуатационным.
4. Провести ускоренные лабораторные испытания по режимам, адекватным эксплуатационным воздействиям, некоторых наиболее используемых материалов в многослойных ограждениях.
5. Исследовать, обосновать и предложить количественные параметры предельного состояния материалов функциональных слоев по определяющим свойствам материалов.
6. Разработать метод прогнозирования долговечности и сроков службы ограждающих конструкций на основе кинетики старения материалов слоев, полученных при ускоренных лабораторных испытаниях, и предельного состояния этих материалов по определяющим свойствам.

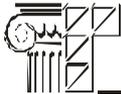
## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СНиП II-3-79\*. Строительная теплотехника.
2. СНиП 23-02-2003. Тепловая защита зданий
3. Бессонов И.В. Исследование стойкости фасадных систем наружного утепления с тонким штукатурным слоем к температурно-влажностным воздействиям // Сборник «Труды I Всероссийской научно-технической конференции» (Строительная теплотехника: актуальные вопросы нормирования). – СПб., 2008. – С. 199-207.
4. Бессонов И.В. Фасады тонкие, но стойкие... // Строительство, 2008, № 10. – С. 123-125.
5. Лобов О.И., Ананьев А.И. Долговечность облицовочных слоев наружных стен многоэтажных зданий с повышенным уровнем теплоизоляции // Строительные материалы, 2008, № 4. – С. 56-59.
6. Кнатко М.В., Ефименко М.Н., Горшков А.С. К вопросу о долговечности и энергоэффективности современных ограждающих стеновых конструкций жилых, административных и производственных зданий // Инженерно-строительный журнал, 2008, № 2.
7. ГОСТ 10060.1-95. Бетоны. Базовый метод определения морозостойкости.
8. ГОСТ 9.908-85. Металлы и сплавы. Методы определения показателей коррозии и коррозионной стойкости.
9. ГОСТ 19100-73. Метод испытания клеевых соединений на атмосферостойкость.
10. РВСН 20-01-2006. Защита строительных конструкций, зданий и сооружений от агрессивных химических и биологических воздействий окружающей среды.
11. Александровский С.В. Долговечность наружных ограждающих конструкций // НИИСФ РААСН, 2003.
12. Бойко М.Д. Техническое обслуживание и ремонт зданий и сооружений. Учебное пособие для вузов. – Л.: Стройиздат, Ленингр. отделение, 1986. – 256 с.
13. Порывай Г.А. Предупреждение преждевременного износа зданий. – М.: Стройиздат, 1979. – 284 с.
14. ГОСТ 27.002-89. Надежность в технике. Основные понятия. Термины и определения.
15. ГОСТ 27751-88. Надежность строительных конструкций и оснований.
16. СНиП II-В.6-62. Ограждающие конструкции. Нормы проектирования.
17. РСН 58-86 Рекомендации по проектированию наружных стен панельных жилых зданий для северной строительной-климатической зоны.
18. СНиП II-Л.1-71\*. Жилые здания. Нормы проектирования.
19. Рекомендации по определению сроков службы конструкций полносборных жилых зданий. / Отдел научно-технической информации АКХ, Министерство жилищно-коммунального хозяйства РСФСР. – М., 1983.
20. СТО 00044807-001-2006 «Теплозащитные свойства ограждающих конструкций зданий». – М., 2006.
21. Ли А.В. Долговечность энергоэффективных полимерсодержащих ограждающих конструкций. Диссертация на соиск. степени канд. техн. наук. – Хабаровск, 2003.

## REFERENCES

1. SNiP II-3-79\*. Building heat engineering.
2. SNiP 23-02-2003. Thermal protection of buildings.
3. Bessonov I.V. Investigation of resistance of facade systems with a thin plaster layer for temperature and humidity effects // Digest «Trudy I Vserossiyskoy nauchno-tehnicheskoy konferentsii» (Stroitel'naya teplotekhnika: aktualnye voprosy normirovaniya). – SPb., 2008. – P. 199-207.
4. Bessonov I.V. Facades subtle but persistent ... // Stroitelstvo, 2008, № 10. – P. 123-125.
5. Lobov O.I., Ananiev A.I. The durability of facing layers of the exterior walls of multi-storey buildings with a higher level of insulation // Stroitelnye materialy, 2008, № 4. – P. 56-59.
6. Knatko M.V., Efimenko M.N., Gorshkov A.S. On the question of durability and efficiency of modern fencing wall structures of residential, office and industrial buildings // Inzhenerno-

- stroitelnyi zhurnal, 2008, № 2.
7. GOST 10060.1-95. Concrete. The basic method of determining frost resistance.
  8. GOST 9.908-85. Metals and alloys. Methods for determining rates of corrosion and corrosion resistance.
  9. GOST 19100-73. The method of testing adhesive compound on weathering.
  10. RVSN 20-01-2006. Protection of building structures and buildings from corrosive chemical, and biological effects of the environment.
  11. Aleksandrovskii S.V. The durability of outdoor enclosing structures // NIISF RAASN, 2003.
  12. Boyko M.D. Maintenance and repair of buildings and structures. Uchebnoe posobie dlya vuzov. – L.: Stroyizdat, Leningr. otделение, 1986. – 256 p.
  13. Poryvai G.A. Preventing premature deterioration of buildings. – M.: Stroyizdat, 1979. – 284 p.
  14. GOST 27.002-89. Reliability engineering. Basic concepts. Terms and definitions.
  15. GOST 27751-88. Reliability of structures and grounds.
  16. SNiP II-B.6-62. Protecting designs. Design standards.
  17. RSN 58-86 Design guidelines of panel exterior walls of residential buildings in the northern construction-climatic zone.
  18. SNiP II-L.1-71 \*. Residential buildings. Design standards.
  19. Recommendations for determining the service life of structures residential buildings // Otdel nauchno-tehnicheskoy informatsii AKH, ministerstvo zhilishchno-kommunalnogo hozyaystva RSFSR. – M., 1983.
  20. STO 00044807-001-2006 «Thermal barrier properties of building envelopes». – M., 2006.
  21. Lee A.V. Durability of polymer-containing energy-efficient building envelopes. Thesis for the degree of candidate of technical. Science. – Khabarovsk, 2003.



УДК 624.131

**Мирсаяпов И.Т.** – доктор технических наук, профессор

E-mail: [mirsayapov@kgasu.ru](mailto:mirsayapov@kgasu.ru)

**Королева И.В.** – аспирант

E-mail: [korolewa@kgasu.ru](mailto:korolewa@kgasu.ru)

**Казанский государственный архитектурно-строительный университет**

## **РАСЧЕТ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ И ОСАДОК ОСНОВАНИЙ ФУНДАМЕНТОВ ПРИ ДЛИТЕЛЬНОМ ДЕЙСТВИИ СТАТИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ**

### **АННОТАЦИЯ**

Предлагается методика расчета несущей способности и деформаций основания фундаментов при длительном нелинейном деформировании грунтов. Объемная деформация грунта во времени описывается в соответствии с теорией наследственной ползучести в виде суммы деформаций изменения объема и деформаций изменения формы с учетом их взаимовлияния. При расчете несущей способности основания рассматривается стадия сплошного развития зон предельного равновесия, которое достигается для оснований фундаментов при окончании формирования жесткого ядра, деформирующего основание.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** глинистый грунт, несущая способность, осадка основания, длительное деформирование, предельное равновесие, предельное критическое давление.

**Mirsayapov I.T.** – doctor of technical sciences, professor

**Koroleva I.V.** – post-graduate student

**Kazan State University of Architecture and Engineering**

## **CALCULATION OF BEARING CAPACITY AND SETTLEMENTS OF THE BASES AT LONG ACTION OF STATIC LOADING**

### **ABSTRACT**

Propose the method of calculation of bearing capacity and settlements of the bases at long-term nonlinear deformations soils. Volume strain in time present according to the theory hereditary creep as the sum of deformations of volume and the form taking into account interference. At calculation of bearing capacity of the basis the stage of continuous development of zones of limiting balance which is reached for the bases of the foundations at the termination of formation of the rigid kernel deforming the basis is considered.

**KEYWORDS:** clay soil, bearing capacity, a settlement, long deformation, limiting balance, limiting critical pressure.

Согласно существующей нормативной методике грунтовые основания проектируются по первой и второй группам предельных состояний: основания должны быть прочными и устойчивыми, а их деформации – ограниченными, что обеспечивает нормальные условия эксплуатации возводимых зданий и сооружений. Существующие аналитические методы расчета несущей способности и осадок оснований фундаментов дают значительные расхождения между фактическими и расчетными величинами и требуют дальнейшего развития с более точным учетом расчетной схемы, прочностных и деформационных параметров грунтов, изменения реологических свойств и напряженно-деформированного состояния во время длительной эксплуатации зданий и сооружений. Развитие и уточнение методов расчета несущей способности и осадок особенно актуально для оснований, сложенных глинистыми грунтами, для которых учет фактора времени играет существенную роль.

В глинистых грунтах напряженно-деформированное состояние меняется со временем и зависит от режима нагружения. Экспериментальные исследования показывают, что деформирование и прочность грунтов существенно зависят от траектории нагружения, начальной плотности и влажности, соотношения девиаторной и шаровой частей тензора напряжений, что связано с эффектом стесненной дилатансии.

Существующие исследования показывают, что под подошвой фундаментов возникает

пространственное напряженное состояние, которое в каждой точке характеризуется компонентами тензора девиатора  $S_{ij}$  и шарового тензора  $s_{ij}$ , соотношение между которыми различно при переходе от точки к точке основания.

В предельном по прочности состоянии поверхность скольжения (разрушения) в каждой точке (элементарном объеме) формируется и ориентируется определенным образом по отношению к направлению действия главных напряжений  $s_1 \geq s_2 \geq s_3$  [5].

Экспериментальными исследованиями глинистых грунтов при длительном трехосном сжатии [2-4] установлены картина, схема и механизм разрушения опытных образцов, определены физико-механические характеристики грунта из характерных зон образца.

В процессе анализа результатов экспериментальных исследований установлено, что девиаторное нагружение и длительная выдержка при девиаторном нагружении сопровождаются возникновением и развитием множества поверхностей сдвига и разрывов сплошности грунта образца, положение которых меняется в процессе увеличения девиатора и во времени, и, следовательно, отрицательная дилатансия (разрыхление) глинистого грунта при длительном трехосном сжатии локализуется в пределах потенциально возможных площадок предельного равновесия [3] и происходит в стесненных условиях.

### Расчет несущей способности

Расчет основания по несущей способности выполняется с целью обеспечения прочности и устойчивости оснований. Согласно СНиП 2.02.01-83\* несущая способность основания считается обеспеченной при выполнении условия:

$$F \leq g_c \cdot F_n / g_n, \tag{1}$$

где  $F$  – расчетная нагрузка;

$F_n$  – предельная несущая способность основания;

$g_c$  – коэффициент условия работы;

$g_n$  – коэффициент надежности.

При расчете несущей способности основания используется предельное критическое напряжение, соответствующее полному исчерпанию несущей способности грунта и сплошному развитию зон предельного равновесия, что достигается для оснований фундаментов при окончании формирования жесткого ядра, деформирующего основания и распирающего грунта в стороны (рис. 1).

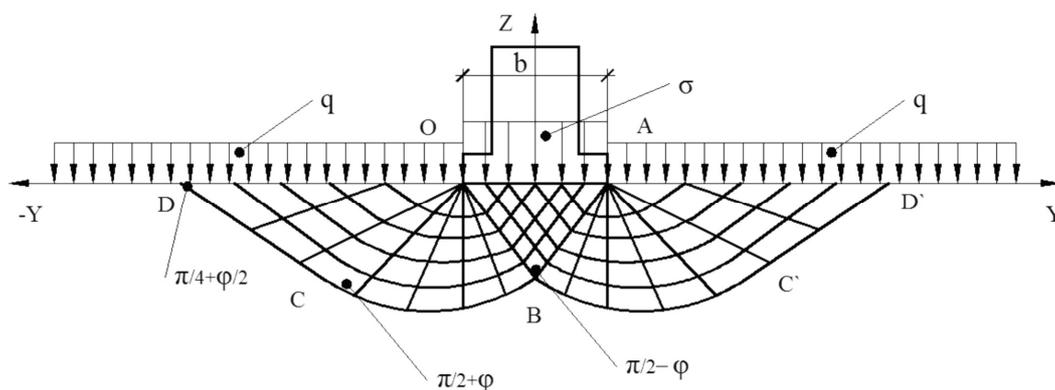


Рис. 1. Расчетная схема к определению предельной несущей способности основания фундамента при длительном нагружении

В соответствии с действующими нормами проектирования оснований фундаментов при оценке несущей способности основания расчетное сопротивление под подошвой фундамента определяется по формуле:

$$R_n = N_g \cdot x_g \cdot b \cdot g_1 + N_q \cdot x_q \cdot g_1 \cdot d + N_c \cdot x_c \cdot C_1, \tag{2}$$

где  $N_g, N_q, N_c$  – безразмерные коэффициенты несущей способности грунта под подошвой фундамента, зависящие от угла внутреннего трения  $j_i$ :

$$\begin{cases} N_g = f(j_1)(N_q - 1) \cdot tg j_1; \\ N_q = tg^2(45^\circ + j_1/2) \cdot e^{P/gj_1}; \\ N_c = (N_q - 1)/tg j_1. \end{cases} \quad (3)$$

$X_g, X_q, X_c$  – коэффициенты, зависящие от соотношения длины и ширины подошвы фундамента  $h = \frac{l}{b}$ ,

$$x_g = 1 - 0.25/h; \quad x_q = 1 + 1.5/h; \quad x_c = 1 + 0.3/h; \quad (4)$$

$g_1, g'_1$  – удельный вес грунтов под подошвой фундамента, находящихся в пределах возможной призмы выпирания, соответственно, ниже и выше подошвы фундамента.

Расчетные показатели  $j_1, C_1$  определяют по ГОСТ 12248-96 «Грунты. Методы лабораторного определения характеристик прочности и деформируемости».

Таким образом, значение предельного расчетного сопротивления  $R_n$  и предельной нагрузки  $P_n$  зависит от угла внутреннего трения  $j_1$  и удельного сцепления  $C_1$ .

Для грунтов, обладающих реологическими свойствами, угол внутреннего трения  $j_1^{(t)}$  и удельное сцепление  $C_1(t)$  не являются постоянными величинами, а зависят от времени действия и режима длительного нагружения [4].

В расчет вводятся предельно – длительные значения  $j_1(t)$  и  $C_1(t)$  соответствующие моменту времени  $t = t_{экс}$  или  $t = t_n$ ,

где  $t_{экс}$  – время – срок эксплуатации сооружения;

$t_n$  – время наблюдения, при котором определяется предельная несущая способность основания.

Значения угла внутреннего трения  $j_1(t)$  и удельного сцепления  $C_1(t)$  определяются в зависимости от ориентации потенциально возможных площадок предельного состояния, которая в общем случае не постоянна, а изменяется в процессе неупругого деформирования грунта [4] (рис. 2).

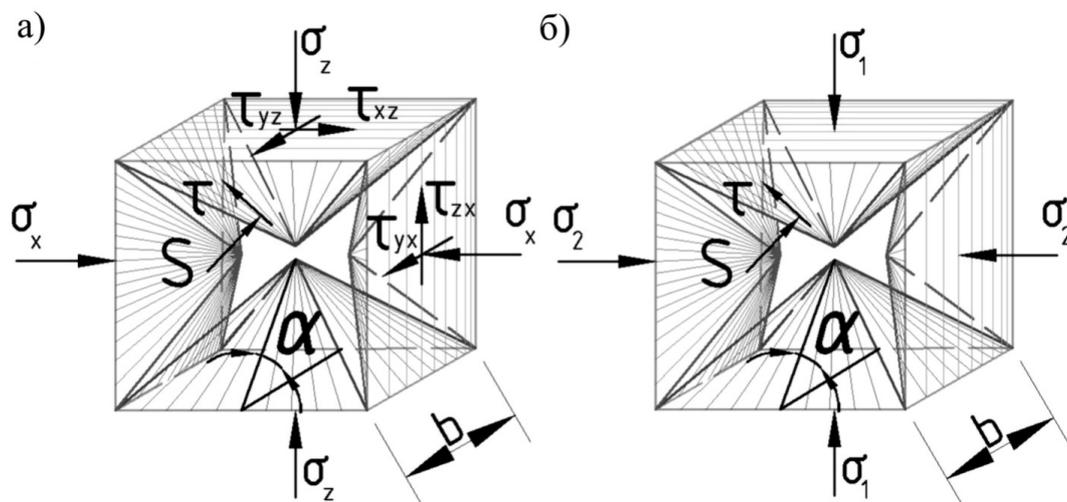


Рис. 2. а – Напряженное состояние в элементарном объеме грунта в пространстве  $X, Y, Z$  в произвольный момент времени  $t$  в допредельном состоянии;  
 б – Напряженное состояние в элементарном объеме грунта в пространстве главных напряжений на стадии предельного равновесия (напряжения  $S_y$  и  $S_z$  условно не показаны)

В соответствии с результатами проведенных исследований значение удельного сцепления при длительном трехосном нагружении представляется в виде:

$$C_0(t, t_1) = C_0(t_1) \cdot m(t, t_1) \cdot I(t, t_1) \cdot \sqrt{\frac{K(t_1)}{K(t)} \cdot \frac{1}{1 + K(t_1) \cdot C(t, t_1)}}, \quad (5)$$

где  $C(t, t)$  – мера объемной ползучести грунта;

$m(t, t_1)$  – функция упрочнения за счет восстановления водно-коллоидных связей;

$I(t, t_1)$  – функция упрочнения за счет восстановления структурных связей грунта при длительном деформировании;

$K(t_1)$  – начальное значение объемного модуля деформации грунта;

$K(t)$  – текущее значение объемного модуля деформации грунта.

Изменение угла внутреннего трения грунта определяется исходя из условия  $a = 45^\circ \pm \frac{j}{2}$ .

Тогда  $j(t) = \frac{P}{2} - 2a(t)$ , где  $a(t)$  – переменный во времени угол наклона площадок скольжения к плоскости, перпендикулярной к  $S_1$ .

Переменный во времени угол наклона площадки скольжения можно представить в виде:

$$a(t) = \arccos(l'), \quad (6)$$

$$\text{где } (l')^2 = \frac{1}{3} \cdot \frac{3de_2 \cdot de_3 - I_2 + \sqrt{I_2^2 - 3I_1I_3}}{(de_1 - de_2)(de_1 - de_3)};$$

$de_1, de_2, de_3$  – приращения главных деформаций;

$I_1 = de_1 + de_2 + de_3, I_2 = de_1 \cdot de_2 + de_2 \cdot de_3 + de_3 \cdot de_1, I_3 = de_1 \cdot de_2 \cdot de_3$  – первый, второй и третий инварианты приращения деформаций.

Основываясь на том, что при длительном трехосном сжатии приращение деформаций происходит в основном за счет деформаций ползучести, выражения для вычисления приращения деформаций примут вид:

$$\begin{cases} de_1(t) = \frac{1}{E(t)} \int_t^t K_0(t, t) \cdot S_1(t) \cdot dt; \\ de_2(t) = \frac{1}{E(t)} \int_t^t K_0(t, t) \cdot S_2(t) \cdot dt; \\ de_3(t) = \frac{1}{E(t)} \int_t^t K_0(t, t) \cdot S_3(t) \cdot dt; \end{cases} \quad (7)$$

где  $K_0(t, t)$  – ядро объемной ползучести;

$E(t)$  – модуль деформации.

Следовательно, ориентация потенциально возможных площадок предельного состояния (сдвига) в процессе неупругого деформирования изменяется в соответствии с формулой:

$$a(t, t) = \arccos \sqrt{\frac{1}{3} \cdot \frac{3de_2(t) \cdot de_3(t) - I_2 + \sqrt{I_2^2 - 3I_1I_3}}{(de_1(t) - de_2(t))(de_1(t) - de_3(t))}}. \quad (8)$$

Тогда безразмерные коэффициенты несущей способности при длительном неупругом деформировании принимают вид:

$$\begin{cases} N_g = f(j_1(t))(N_q - 1) \cdot \operatorname{tg} \left[ \frac{p}{2} - 2a(t, t) \right]; \\ N_q = \operatorname{tg}^2 \left[ \frac{p}{4} + \frac{p}{4} - a(t, t) \right] \cdot e^{\operatorname{prg} \left[ \frac{p}{2} - 2a(t, t) \right]}; \\ N_c = (N_q - 1) / \operatorname{tg} \left[ \frac{p}{2} - 2a(t, t) \right]. \end{cases} \quad (9)$$

Предложенные изменения позволяют оценить предельную несущую способность грунтового основания фундаментов при длительном нагружении с учетом деформированного состояния грунта.

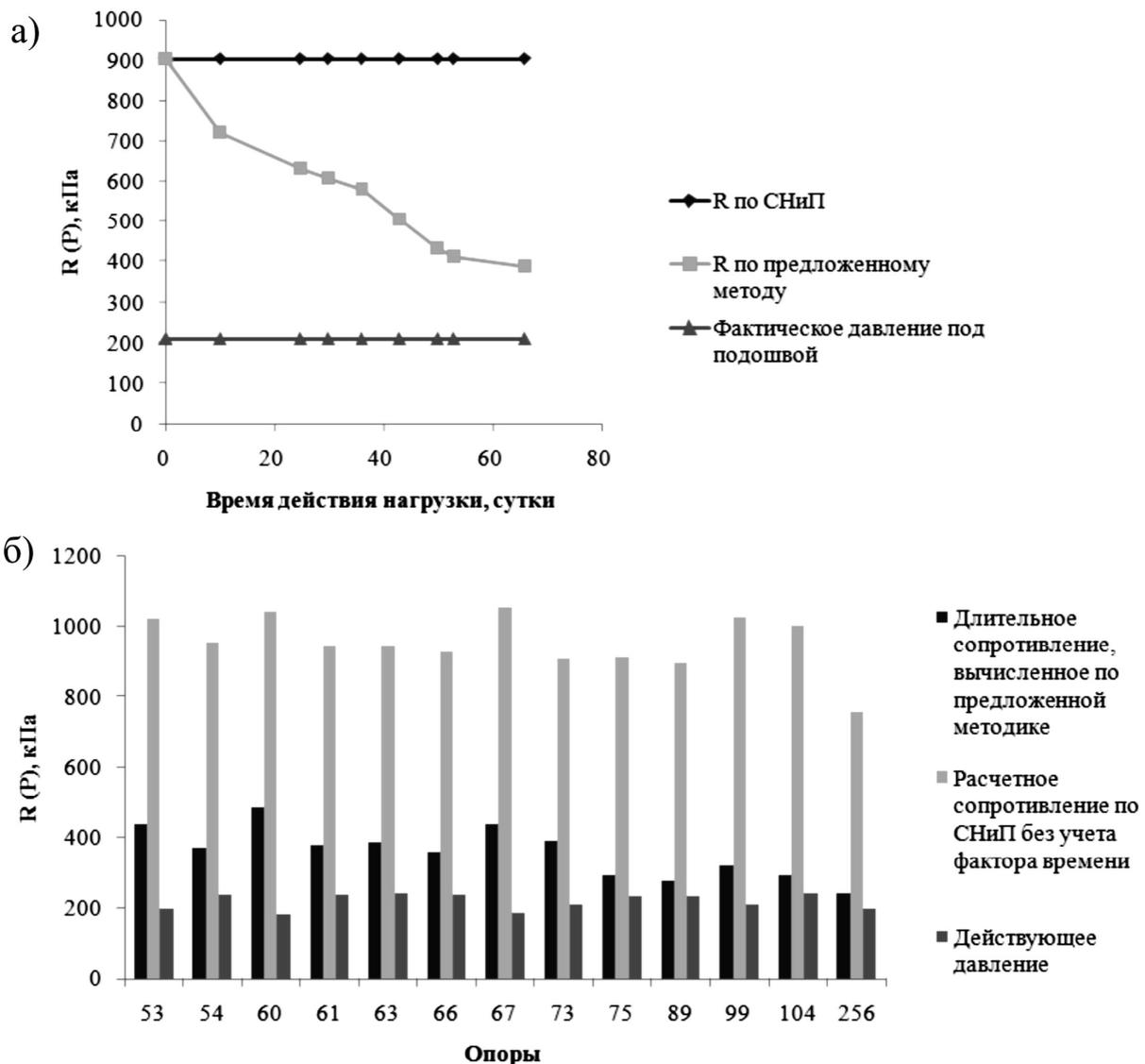


Рис. 3. а – График изменения прочности грунта во времени (для основания фундамента опоры № 73);  
 б – Гистограмма сопоставления значений прочности оснований фундаментов 13 опор по различным методам

Сопоставление результатов расчета с экспериментальными данными фактических давлений приведено на рис. 3. Как видно из рисунка, происходит существенное снижение значения предельного критического давления на основание во времени, при этом конечная

величина остается выше фактического давления на основание, принятого при проектировании.

### Расчет осадок

В строгой постановке расчет осадок оснований сооружений производится численными методами. Однако и инженерные методы расчета могут включать элементы учета траектории нагружения основания. Инженерные методы расчета должны включать не только особенности деформирования грунта, которые можно определить по компрессионным зависимостям, но и те, которые обусловлены пространственным напряженным состоянием грунта.

Предлагается инженерный метод расчета осадок оснований фундаментов, в основу которого положен метод послойного суммирования с учетом пространственного напряженно-деформируемого состояния грунтового массива и длительности действия нагрузки.

Природное напряженное состояние от действия собственного веса глинистого грунта принимаем из условия одномерного уплотнения с коэффициентом бокового давления  $\chi = \frac{K_v - 2G_v}{K_v + 4G_v}$ .

Высота сжимаемой толщи определена по СНиП 2.02.01-83\* «Основания зданий и сооружений»:

$$H_s = Z; \quad s_z = 0,2s_{zp}, \quad (10)$$

где  $H_s$  – мощность сжимаемой толщи, принимаемой на глубине  $Z$ ;

$s_z$  – вертикальное нормальное напряжение на глубине  $Z$  от дополнительной нагрузки на основание по оси сооружения;

$s_{zp}$  – вертикальное нормальное напряжение от собственного веса грунта основания на глубине  $Z$ .

Значения для эпюр дополнительных вертикальных напряжений по оси фундамента (квадратного штампа) на глубине  $Z$  можно определить по общепринятой нормативной методике. Значения горизонтальных составляющих напряжений по центральной оси могут быть определены из решений теории упругости. Следует отметить, что для центральной оси вертикальные и горизонтальные напряжения являются главными.

Зная компоненты вертикальных напряжений в различных точках основания, можно определить среднее напряжение и интенсивность напряжений:

$$s = \frac{s_x + s_y + s_z}{3}, \quad (11)$$

$$s_i = \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{(s_x - s_y)^2 + (s_y - s_z)^2 + (s_z - s_x)^2 + 6 \cdot (t_{xy}^2 + t_{yz}^2 + t_{zx}^2)}. \quad (12)$$

По значениям среднего напряжения и интенсивности напряжений определяем приращение инвариантов тензора деформаций: приращение объемной деформации и интенсивности деформаций.

Переход от инвариантов тензора деформаций к осевой деформации  $e_z$  в случае расчета деформаций по центральной оси фундамента, учитывая совпадение осей главных напряжений и главных деформаций с центральной осью фундамента, можно осуществить:

При совпадении осей главных напряжений и деформаций с центральной осью штампа:

$$\left. \begin{aligned} e_v &= e_1 + e_2 + e_3; \\ e_i &= \frac{2}{3}(e_1 - e_3) \end{aligned} \right\} \quad (13)$$

В иных случаях используем условие соосности тензоров приращений напряжений и деформаций:

$$\frac{\Delta(e_x - e_y)}{\Delta(s_x - s_y)} = \frac{\Delta(e_y - e_z)}{\Delta(s_y - s_z)} = \frac{\Delta(e_z - e_x)}{\Delta(s_z - s_x)} = \frac{\Delta e}{\Delta s_i} = c. \quad (14)$$

Определяем условные модули, характеризующие переход из природного состояния

основания в состояние после приложения местной нагрузки:

$$K_V = \frac{\Delta S}{\Delta e_V}, \tag{15}$$

$$G_V = \frac{\Delta S_i}{3\Delta e_i}. \tag{16}$$

Модули (15) и (16) могут быть представлены параметрами закона Гука в приращениях напряжений и деформаций для шага нагружения.

Тогда приращение осевой деформации, полученное из закона Гука в приращениях:

$$\Delta e_z = \frac{\Delta S_z}{G_V} - \Delta S \cdot \frac{3K_V - G_V}{3K_V \cdot G_V}. \tag{17}$$

Затем учитывается влияние длительности действия нагрузки. Для этого модули  $K_V(t)$  и  $G_V(t)$  представляются в виде:

$$K_V(t) = \frac{\Delta S}{\Delta e_V + \Delta e_V(t)}, \tag{18}$$

$$G_V(t) = \frac{\Delta S_i}{3(\Delta e_i + \Delta e_i(t))}, \tag{19}$$

где  $\Delta e_i(t) = s_i \cdot K_g(t, t)$ ;  $\Delta e_v(t) = s \cdot K_v(t, t)$ .

Полученные значения приращений деформаций для центральной оси и под угловой точкой являются следствием действия местной нагрузки как догружения основания, находящегося под действием начального напряженного состояния, обусловленного собственным весом грунта.

Осадка основания, разделенного на равные слои до условной глубины сжимаемой толщи,

$$S = \sum_{i=1}^n e_{zi} \cdot h_i. \tag{20}$$

Проведено сопоставление результатов расчетов с данными натуральных наблюдений за осадками оснований фундаментов опор трубопровода. Как видно из рис. 4 и 5, данные, полученные на основе расчетной модели, показали хорошую сходимость с результатами натуральных наблюдений.

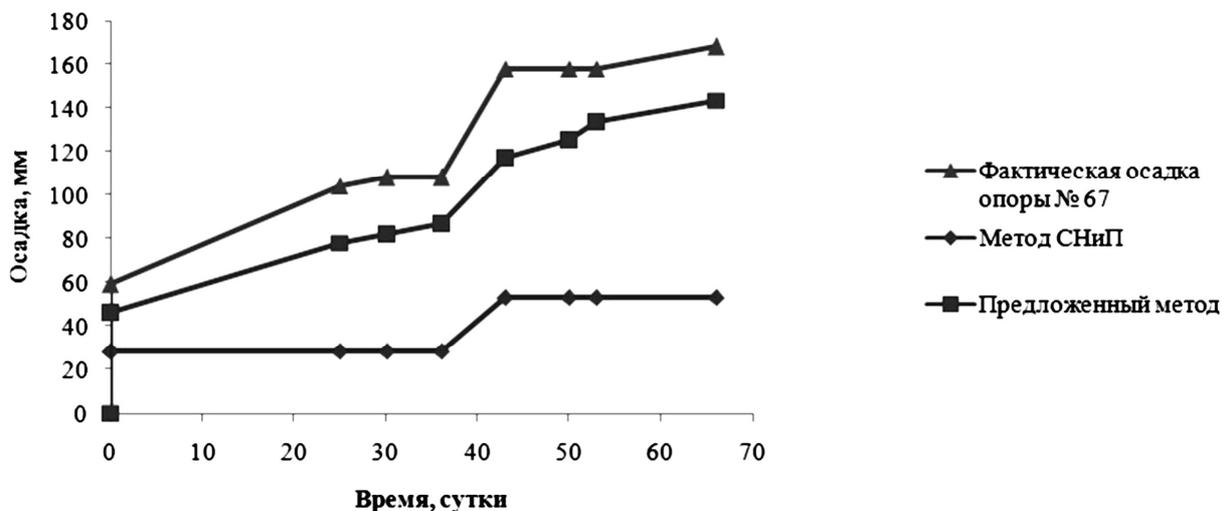


Рис. 4. График развития осадок во времени (для основания фундамента опоры № 67)

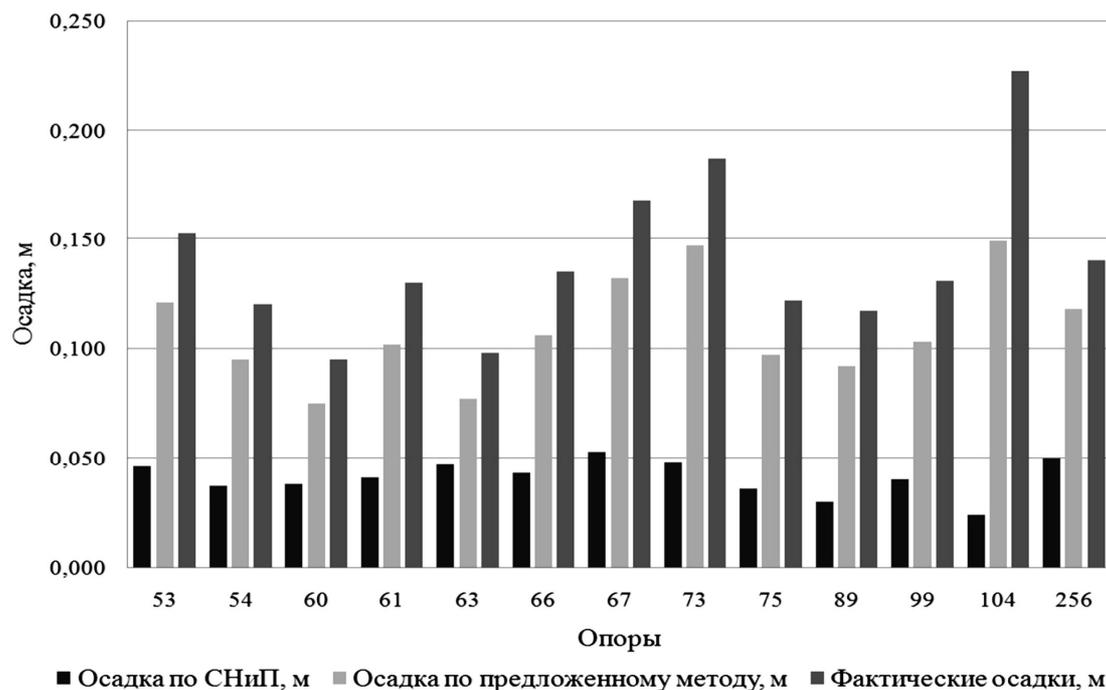


Рис. 5. Гистограмма сопоставления конечных осадок оснований фундаментов 13 опор по различным методам

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вялов С.С. Реологические основы механики грунтов. – М.: Высшая школа, 1978. – 447 с.
2. Мирсаяпов И.Т., Королева И.В. Деформации глинистых грунтов при трехосном режимном длительном нагружении. Актуальные вопросы геотехники при решении сложных задач нового строительства и реконструкции: сборник трудов научно-технической конференции / Санкт-Петербургский госуд. архит.-строит. ун-т. – СПб., 2010. – С. 253-257.
3. Мирсаяпов И.Т., Королева И.В. Физико-механические свойства глинистых грунтов при длительном трехосном сжатии. // Вестник гражданских инженеров, 2011, № 1 (26). – С. 82-87.
4. Мирсаяпов И.Т., Королева И.В. Расчетная модель длительного нелинейного деформирования глинистых грунтов при сложном напряженном состоянии. // Известия КазГАСУ, 2011, № 2 (16). – С.121-128.
5. Тер-Мартirosян З.Г. Механика грунтов. – М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2005. – 488 с.

### REFERENCES

1. Vyalov S.S. Rheological principles of soil mechanics. – M.: HSPH, 1978. – 447 p.
2. Mirsayapov I.T., Koroleva I.V. Deformation of clay soil for long operational triaxial compression. The collection of proceedings/ Saint-Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering. – SPb., 2010, – P. 253-257.
3. Mirsayapov I.T., Koroleva I.V. Physic and mechanical properties of clay soils an long triaxial compression. // Bulletin of Civil Engineers, 2011, № 1 (26). – P. 82-87.
4. Mirsayapov I.T., Koroleva I.V. Designed model of long nonlinear deformation of clay soil in a complex stress state. // News of the KSUAE, 2011, № 2 (16). – P. 121-128.
5. Ter-Martirosyan Z.G. Soil mechanics. – M.: Publishers ASV, 2005. – 488 p.

УДК 624.152.6

**Мирсаяпов И.Т.** – доктор технических наук, профессор

**Сафин Д.Р.** – кандидат технических наук, доцент

E-mail: [d.safin@list.ru](mailto:d.safin@list.ru)

**Казанский государственный архитектурно-строительный университет**

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НДС ГРУНТОВОГО МАССИВА  
ПРИ СОВМЕСТНОМ ДЕФОРМИРОВАНИИ  
С ОГРАЖДАЮЩЕЙ КОНСТРУКЦИЕЙ КОНСОЛЬНОГО ТИПА  
В ПРОЦЕССЕ ПОЭТАПНОЙ РАЗРАБОТКИ КОТЛОВАНА**

**АННОТАЦИЯ**

В статье рассматриваются некоторые результаты экспериментальных исследований влияния поэтапной разработки котлована на напряженно-деформированное состояние грунтового массива при совместном деформировании с ограждающей конструкцией. Приводятся графики изменений активного и пассивного давлений грунта, изгибающих моментов в ограждающей конструкции в зависимости от этапов разработки грунта. В результате проведенных исследований получены определенные выводы.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** грунт, ограждающая конструкция, активное давление, пассивное давление, отклонение.

**Mirsayapov I.T.** – doctor of technical sciences, professor

**Safin D.R.** – candidate of technical sciences, associate professor

**Kazan State University of Architecture and Engineering**

**EXPERIMENTAL SURVEYS OF DEFLECTED STATE OF SOIL BODY CONSISTENT  
WITH RABBIT IN THE PROCESS OF GRADED EXCAVATION OF DITCH**

**ABSTRACT**

Article is dedicated to experimental researches of graded excavation's influence on deflected state of ground body consistent with rabbit. Graphs of changes of active pressure, passive lateral thrust and bending moments in rabbit are shown. As a result of experiments conducted some conclusions are made.

**KEYWORDS:** ground, protecting design, active pressure, passive pressure, bend, deviation.

Многолетний опыт проектирования и строительства сооружений с подпорными стенками подтверждает мнение, что гибкие стенки, используемые в качестве ограждений котлованов, в конструкциях причалов, береговых устоев мостов, шлюзов, ограждений для поддержания дорожных насыпей, обладают наилучшими показателями. Однако препятствием к их широкому использованию является малая изученность действительной работы подобных конструкций, так как еще не удалось создать достоверную рабочую модель гибкой стенки. Применяемые при проектировании ограждающих конструкций котлована методы расчета, основанные на классической теории давления грунта, предполагают наличие определенной картины перемещений, которая в действительности не наблюдается. Одним из общих недостатков существующих методов расчета гибких стенок, с которым вынуждены сейчас мириться проектировщики, является, как известно, завышение активного давления грунта на стенку и, следовательно, расчетных усилий и перемещений ограждающей конструкции.

При деформациях шпунтовой стенки в окружающем ее массиве грунта возникает сложное напряженное состояние: образующиеся области уплотнения и области сдвигов оказывают взаимное воздействие друг на друга. Для определения границ зоны сдвигов теоретическим путем необходимо решить смешанную задачу теории линейно деформируемой среды и теории предельно-напряженного состояния. Строгое решение такой задачи представляет значительную сложность, в настоящее время возможно лишь наметить пути приближения ее решения при введении ряда упрощающих допущений. Существенную помощь в этом направлении должны оказать соответствующим образом поставленные экспериментальные исследования.

Существующие методы расчета ограждающих конструкций зачастую не учитывают возможное изменение напряженно-деформированного состояния массива грунта, ограждающей системы в процессе возведения системы в целом. В практике строительства не существует абсолютно неподвижных ограждающих конструкций: они либо прогибаются под действием нагрузок, или смещаются в какую-либо сторону в зависимости от сжимаемости грунтов основания. Эти прогибы и смещения стенок, а также осадка грунта за ними приводят к трению грунта по контактными граням стенок и к различным смещениям частиц грунта, значительно отличающихся от предполагаемых по расчетам.

Целью данной работы является экспериментальное изучение напряженно-деформированного состояния грунтового массива за ограждающей конструкцией в процессе экскавации грунта. Как известно, даже небольшие перемещения ограждающей конструкции могут привести к изменениям в системе «массив грунта – ограждающая конструкция». А эти перемещения необратимы уже на первоначальных этапах разработки котлована, особенно это актуально для «гибких» консольных ограждающих конструкций.

Экспериментальные исследования были проведены в объемных лотках размерами сторон 1 м (рис. 1). Моделью консольной ограждающей конструкции был выбран стальной лист толщиной стенки 2 мм. В качестве образца был применен мелкий песок со следующими физико-механическими характеристиками:  $\rho_s = 2,66 \text{ г/см}^3$ ,  $W = 2 \%$ ,  $\varphi = 28^\circ$ ,  $c = 0,5 \text{ кПа}$ .

Деформации стальной ограждающей конструкции фиксировались тензометрическими датчиками сопротивления базой 20 мм, наклеенными на поверхность металла с шагом по высоте 10 см (рис. 2). Для измерений перемещений верха ограждающей конструкции и осадки поверхности массива грунта использовались прогибомеры и индикаторы часового действия ИД-4 (рис. 1).



Рис. 1. Общий вид экспериментальной установки (объемный лоток) по завершении I этапа разработки грунта

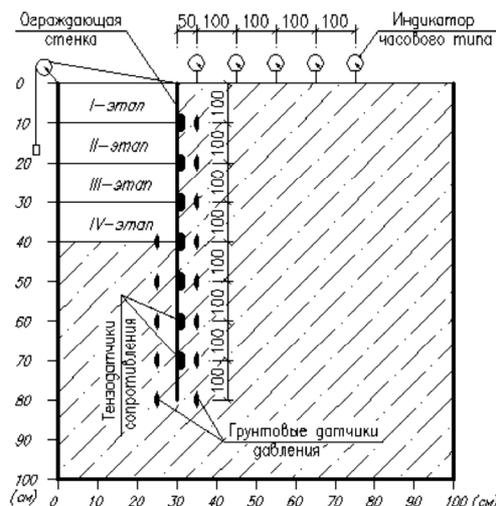


Рис. 2. Схема расположения контрольно-измерительных приборов

В целях исследования качественной оценки действия активного и пассивного давлений на ограждающую конструкцию в массиве грунта были установлены датчики давления грунта. Работа этих приборов основана на изменении показателей тензометрических датчиков, вмонтированных в тело датчиков. При давлении грунта изменяется геометрия указанных датчиков и, соответственно, тензометрические датчики фиксируют уменьшение или увеличение давления грунта.

Для изучения напряженно-деформированного состояния грунтового массива при совместном деформировании с ограждающей конструкцией консольного типа в процессе поэтапной разработки котлована были запланированы и проведены 6 однотипных экспериментов. Работа проводилась в несколько этапов в следующей последовательности:

- устанавливается ограждающая стенка с контрольно-измерительными приборами;
- объемный лоток засыпается грунтом слоями мощностью 10 см с послойным трамбованием. Контроль плотности осуществлялся путем отбора образцов режущим кольцом.

Среднее значение плотности сложения грунта составило  $\rho = 1,59 \text{ г/см}^3$ . Во время засыпки в массиве грунта устанавливаются датчики давления грунта с шагом по высоте 10 см;

– производится поэтапная откопка грунта за ограждающей стенкой: I этап – на глубину 10 см, II этап – на глубину 20 см, III этап – на глубину 30 см, IV этап – на глубину 40 см. В каждом этапе снимаются показания всех контрольно-измерительных приборов. Между этапами выдерживается пауза до полной стабилизации показаний приборов.

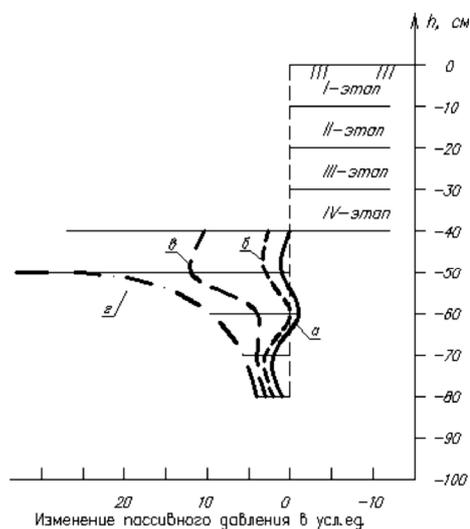


Рис. 3. Графики изменения пассивного давления на ограждающую стенку в процессе поэтапной разработки грунта:  
а – I этап, б – II этап, в – III этап, г – IV этап

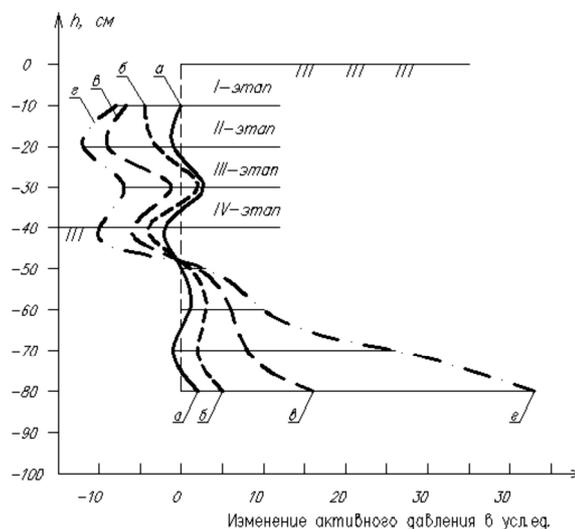


Рис. 4. Графики изменения активного давления на ограждающую стенку в процессе поэтапной разработки грунта:  
а – I этап, б – II этап, в – III этап, г – IV этап

На рис. 3 и 4 представлены графики изменения активного и пассивного давлений на ограждающую стенку в процессе проведения испытаний. Графики построены по средним значениям результатов шести испытаний. Как уже говорилось ранее, контрольно-измерительные приборы позволили получить только качественную картину изменения давлений в массиве грунта. В качестве начального значения по оси абсцисс приняты значения давлений, соответствующие состоянию равновесия до начала экспериментов. Положительные и отрицательные значения в условных единицах означают увеличение или уменьшение давления по отношению к началу эксперимента.

По методу Блюма-Ломейера, наиболее популярного по расчету безанкерных тонких подпорных стенок, стенка изгибается и поворачивается относительно некоторой точки, находящейся достаточно близко к ее нижнему концу. В результате заглубленные в основание участки стенки выше и ниже этой точки испытывают реактивное давление, направленное навстречу направлениям смещений. Как показали проведенные авторами исследования, возможная точка поворота конструкции на I этапе возникает на отметке – 22 см. На II этапе точка поворота пытается сместиться по глубине, но зафиксированная перемещениями массива грунта в результате изгиба стены, останавливается на отметке – 25 см. На III этапе точка поворота уже зафиксирована на отметке – 50 см. На IV этапе разработки, как уже говорилось выше, зафиксированная перемещениями массива грунта в результате изгиба стены, точка поворота практически остается неизменной. Уменьшение давлений выше точки поворота конструкции объясняется отклонением стенки от вертикали и, вследствие этого, разгрузкой грунтового массива со стороны насыпи. Интенсивность сопротивления грунта ниже точки поворота со стороны насыпи, ввиду наличия большой пригрузки от веса грунта основания, весьма быстро увеличивается. Таким образом, с учетом поэтапной разработки грунта, точка поворота безанкерной тонкой подпорной стенки может оказаться весьма близкой к отметке глубины выемки. Решающее влияние на ее местоположение оказывает количество этапов и глубина разработки грунта в пределах этапа.

По классической схеме напряженно-деформированного состояния грунта на уровне дна котлована со стороны выемки величина пассивного давления грунта должна быть равной нулю. Однако если учесть, что отметка выемки котлована на каждом последующем этапе – это зона

максимальных значений пассивных давлений для предыдущих этапов, то в конечной фазе разработки грунта на уровне дна котлована получается зона наибольших давлений. Как показали испытания, пассивное давление грунта на протяжении всего эксперимента возрастает на отметках  $-40$  см и  $-50$  см. В результате откопки на данном уровне резко уменьшается пригрузка грунта и происходит разуплотнение и выпор грунта, что способствует дополнительным сдвиговым деформациям самой стенки.

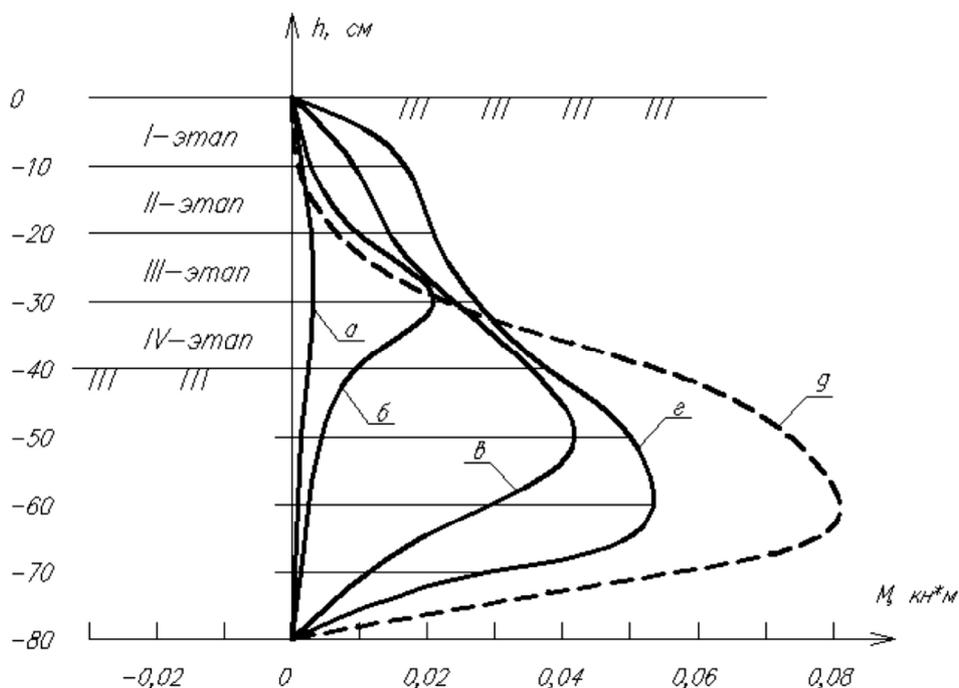


Рис. 5. Эпюра изгибающих моментов в ограждающей конструкции на различных этапах выемки грунта: а – I этап, б – II этап, в – III этап, г – IV этап, д – эпюра расчетных моментов

Значения изгибающих моментов в ограждающей конструкции представлены на рис. 5. По мере откопки грунта за ограждающей стенкой, зона максимального момента постепенно уходит вниз и к окончанию IV этапа зафиксирована на отметке  $-60$  см. Положение участка с максимальным моментом соответствует теоретическим, однако величина экспериментального максимального момента на 52 % меньше. В то же время в верхней зоне ограждающей конструкции экспериментальные значения изгибающих моментов существенно больше теоретических значений. То есть уменьшение максимальных моментов компенсируется более равномерным распределением их по высоте стенки. Как показали эксперименты (рис. 7), интенсивное воздействие массива грунта начинается уже при первых этапах разработки грунта в виде призм обрушения. Первый блок призмы обрушения появился во втором этапе, после которого отклонение стенки от вертикали составило 13 мм. После III этапа появляется второй блок призмы обрушения, который, в свою очередь, оказывает давление на стенку и на первый блок соответственно. В то же время вектор давления первого блока на стенку уже имеет и вертикальную составляющую, так как угол наклона стенки уже близок к  $10^{\circ}$ . Вследствие всего этого верхняя часть стенки получает дополнительный изгиб, и увеличиваются изгибающие моменты. До отметки  $-30$  см значения экспериментальных моментов превышают теоретические в несколько раз.

На рис. 6 и 7 представлены графики отклонения ограждающей конструкции от вертикали и образование призм обрушения. Расчетные значения отклонений от вертикали на всем протяжении эксперимента превышают расчетные значения до 2,2 раза. Указанные перемещения верха конструкции связаны также с появлением дополнительных изгибающих моментов, описанных выше. Углы наклона линий скольжений для всех призм обрушения хорошо согласуются с теоретическими значениями и находятся в пределах  $29^{\circ}$ - $34^{\circ}$ . Однако на стенку действует несколько блоков, образовавшихся при различных этапах, что существенно меняет картину деформирования ограждающей конструкции. Необходимо отметить, что

мелкие трещины и оседание поверхности грунта в завершающем этапе эксперимента были зафиксированы на расстоянии до 50 см от ограждающей конструкции.

Проведенные натурные эксперименты и анализ их результатов позволили составить представление о влиянии разработки котлована на действительную работу ограждающих конструкций и массива грунта за ней. Технология производства работ (в данном случае рассматривалась поэтапная разработка котлована) существенно меняет напряженно-деформированное состояние грунтового массива и картину деформирования самой ограждающей конструкции.

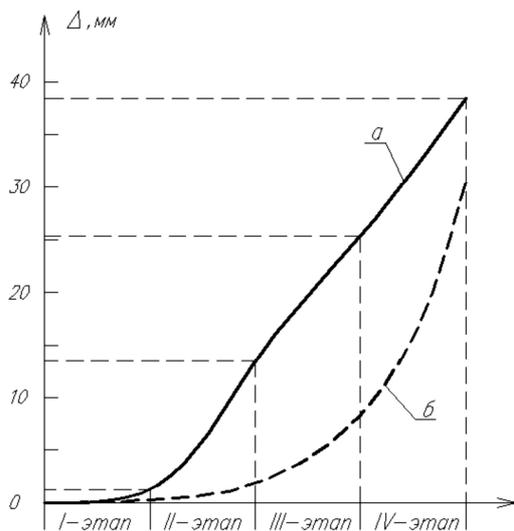


Рис. 6. Отклонения верха консольной стены на различных этапах разработки грунта: а – экспериментальные значения, б – расчетные значения

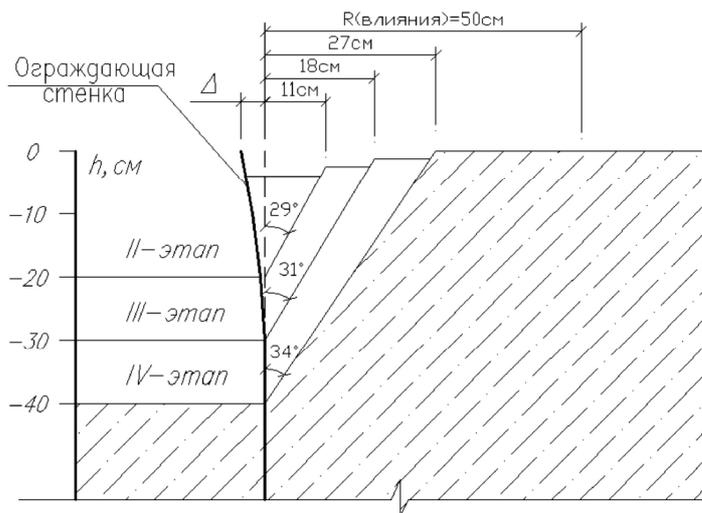


Рис. 7. Образование в массиве грунта призм обрушения и отклонение верха ограждающей конструкции

Таким образом, на основании проведенных экспериментальных исследований можно сделать следующие выводы:

1. Действительный максимальный изгибающий момент в ограждающей конструкции меньше теоретических значений на 45-55 %. Положение сечения с максимальным моментом соответствует теоретическим значениям. Однако в верхней части стенки изгибающие моменты в несколько раз превышают расчетные значения, что необходимо учитывать при проектировании ограждающих стен с различными прочностными и жесткостными характеристиками по высоте конструкции.

2. В результате поэтапной разработки грунта положение предполагаемой точки поворота ограждающей конструкции определилось ниже дна котлована на  $\frac{1}{4}$  высоты разрабатываемой части. Такое положение точки поворота негативно может повлиять на напряженно-деформированное состояние массива грунта со стороны разрабатываемой части котлована. Также в результате поэтапной разработки в завершающей фазе существенно меняется вид эпюры пассивного давления грунта. При этом резко возрастают напряжения в грунте в непосредственной близости от дна котлована, что способствует выпору поверхности грунта.

3. Максимальная величина смещения верха ограждающей конструкции составила 38 мм, что на 25 % превышает полученное существующими методами расчетное значение. В то же время на протяжении различных этапов смещение стенки происходило с превышением теоретических значений до 2,2 раза. Влияние разработки грунта в котловане проявилось в виде визуально наблюдаемых мелких трещин и оседания поверхности на расстоянии до 50 см, что превышает глубину разработки котлована на 25 %.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 30416-96. Грунты. Лабораторные испытания. Общие положения. – М., 2005. – 11 с.
2. ГОСТ 12248-96. Грунты. Методы лабораторного определения характеристик прочности и деформативности. – М., 2005. – 56 с.
3. Дидух Б.И., Иоселевич В.А. Смещение ограждающей стенки в процессе выемки котлована // Основания, фундаменты и механика грунтов, 1996, № 6. – С. 2-6.

### REFERENCES

1. GOST 30416-96. Soils. Laboratory testing. General requirements. – М., 2005. – 11 p.
2. GOST 12248-96. Soils. Laboratory methods for determining the strength and strain characteristics. – М., 2005. – 56 p.
3. Didukh B.I., Ioselevich V.A. Displacement of the enclosing walls during excavation pit // Osnovaniya, fundamenty i mechanika gruntov, 1996, № 6. – P. 2-6.



УДК 697.1(107), 697.03:5(107)

Валиуллин М.А. – кандидат технических наук, доцент

Давыдов А.П. – кандидат технических наук, доцент

E-mail: [ap\\_Davidov@mail.ru](mailto:ap_Davidov@mail.ru)

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

## КОЭФФИЦИЕНТ РАСХОДА ВСАСЫВАЮЩЕЙ ЩЕЛИ С ВНУТРЕННИМ ЭКРАНОМ

### АННОТАЦИЯ

Эффективность улавливания вредных веществ зависит от конструкции воздухоприемника и точности методики их расчета. В частности, для регулирования расходов через всасывающие отверстия используются внутренние экраны, устанавливаемые на определенной расчетной высоте. Значения коэффициентов расхода, как правило, определяются экспериментальным путем.

В статье приводится вывод аналитической зависимости коэффициента расхода от высоты установки внутреннего экрана, установленного параллельно всасывающему отверстию.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** всасывающее отверстие, внутренний экран, коэффициент расхода, аналитическая зависимость.

Valiullin M.A. – candidate of technical sciences, associate professor

Davidov A.P. – candidate of technical sciences, associate professor

Kazan State University of Architecture and Engineering

## DISCHARGE COEFFICIENT OF THE SUCTION SLIT WITH THE INNER SCREEN

### ABSTRACT

The effectiveness of trapping pollutants depends on the design of air inlet and the accuracy of the method of their calculation. In particular for controlling costs through the suction openings internal screens are used, that are installed on a particular design height. The values of flow coefficient is usually determined experimentally.

In this paper we derive an analytic dependence of the flow of the installation height of the internal screen installed parallel to the suction inlet.

**KEYWORDS:** suction inlet, the internal screen, the flow coefficient, analytical energy dependence.

При установке внутреннего экрана над всасывающей щелью важно знать, как изменяется коэффициент расхода всасывающей щели в зависимости от высоты установки экрана.

С этой целью рассмотрим течение жидкости переменного расхода при входе воздуха во всасывающую щель, над которой установлен плоский экран (рис. 1). Выделим два расчетных сечения 1 и 2 на расстоянии  $dz$  друг от друга.

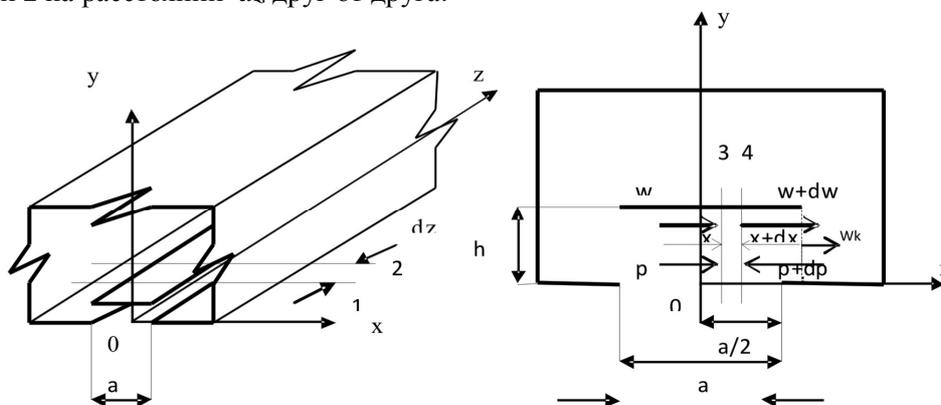


Рис. 1. Расчетная схема для определения коэффициента расхода всасывающей щели с плоским экраном:  
а) участок кольцевого воздухопровода; б) расчетное сечение

Течение в пространстве, заключенном под экраном, можно рассматривать, как плоское течение во всасывающем воздухопроводе постоянной высоты  $h$ , шириной  $dz$  и длиной  $a/2$ . Так как течение жидкости в подэкранном пространстве симметрично относительно оси «у», представляется достаточным рассмотреть течение жидкости в половине пространства, заключенного между плоскостью всасывания и плоскостью внутреннего экрана.

Допустим, что воздух поступает в подэкранное пространство со скоростью  $V_{ex}$ . Выделим два контрольных сечения 3 и 4 на расстоянии  $x$  и  $x + dx$ . Примем, что давление в плоскости, перпендикулярной оси  $x$ , постоянно. Для выделенного объема запишем уравнение изменения количества движения и приравняем его импульсу внешних сил:

$$\frac{d(mW_x)}{dt} = X, \quad (1)$$

где  $d(mW_x)/dt$  – изменение количества движения между сечениями 3-4;  $X$  – импульс внешних сил, приложенных к выделенному объему.

Рассмотрим составляющие уравнения (1) в отдельности:

1. Изменение количества движения системы между сечениями 3 и 4.

Количество движения для сечения 3:

$$\int_F rW_x W_x dF = rbW_x^2 F, \quad (2)$$

где  $r$  – плотность воздуха;  $\beta$  – коэффициент распределения кинетической энергии в сечении 3;  $W$  – скорость воздуха в сечении 3;  $F$  – площадь сечения.

Количество движения для сечения 4:

$$\int r(W_x + dW_x)(W_x + dW_x)dF = rbW_x^2 F + 2rbFW_x dW_x F. \quad (3)$$

Количество движения для входящего потока между сечениями 3 и 4 составит:

$$rV_{ex} V_{ex} \cos g df = rbV_{ex}^2 \cos g df, \quad (4)$$

где:  $g$  – угол между направлениями средней составляющей скорости входящего потока –  $V_{ex}$  и направлением средней составляющей скорости  $W$  внутри воздухоприемника длиной  $a/2$ , шириной  $dz$  и высотой  $h$ ,  $f$  – площадь отверстия.

2. Импульс внешних сил, действующих на выделенный объем между сечениями 3 и 4.

Импульс сил давления, действующих на выделенный объем за время  $dt$ :

$$[-(p_x + dp_x)F + p_x F]dt = -dp_x F dt \quad (5)$$

Импульс сил трения на выделенный объем за время  $dt$ :

$$-\frac{l}{d} r \frac{W_x^2}{2} F dx dt \quad (6)$$

В дифференциальном виде, с учетом всех составляющих, уравнение (1) изменения количества движения для объема, заключенного между сечениями 3 и 4, запишется:

$$(2b_x rFW_x dW_x - brV_{ex}^2 \cos g df)dt = -F dp_x dt - \frac{l}{d} r \frac{W_x^2}{2} F dx dt \quad (7)$$

После преобразований:

$$dp_x = -2b_x rFW_x dW_x - brV_{ex}^2 \cos g \frac{df}{F} - \frac{l}{d} r \frac{W_x^2}{2} dx \quad (8)$$

Выразим среднюю скорость  $W_x$  через конечную среднюю скорость  $W_{xk}$  в конце воздухоприемника длиной  $a/2$  [1, 2, 3].

$$W_x = W_k \left( \frac{2x}{a} \right) \quad (9)$$

Тогда можно записать уравнение (8) как:

$$dp_x = -2b_x r \frac{4W_k^2}{a^2} x dx - brV_{ex}^2 \cos g \frac{df}{F} - \frac{l}{d} r \frac{4W_k^2}{2a^2} x^2 dx \quad (10)$$

Проинтегрируем уравнение (10) в пределах от 0 до  $a/2$ :

$$\int_{-p_0}^{-p_k} dp_x = - \int_0^{a/2} 2b_x r \frac{4W_{\kappa}^2}{a^2} x dx - \int_0^{a/2} brV_{\text{ex}}^2 \cos g \frac{df}{F} - \int_0^{a/2} \frac{1}{d} r \frac{2W_{\kappa}^2}{a^2} x^2 dx \quad (11)$$

Допуская, что входящий поток присоединяется к потоку внутри воздухоприемника высотой  $h$  и длиной  $a/2$  под углом, близким к  $90^0$  [4,5], как для линейных равномерно-всасывающих воздухопроводов, поправочный коэффициент на количество движения  $\beta_x = \beta = 1.0$  (1, 3, 4, 6) и пренебрегая, ввиду малости расстояния, потерями на трение, после интегрирования уравнения (11) и преобразований получим:

$$-p_{\text{хк}} + p_0 = -rW_{\text{хк}}^2 \quad (12)$$

или

$$p_{\text{хк}} = p_0 + rW_{\text{хк}}^2 \quad (13)$$

где  $p_0$  – давление в плоскости «уоз» воздухоприемника высотой  $h$  и длиной  $a/2$ .

$$\text{Записывая } p_0 = \frac{V_{\text{ex}}^2}{2m_{\text{ex}}^2} r,$$

где  $m_{\text{ex}}$  – коэффициент расхода всасывающей щели в начале воздухоприемника высотой  $h$  и длиной  $a/2$  будем иметь:

$$p_{\text{хк}} = \frac{V_{\text{ex}}^2}{2m_{\text{ex}}^2} r + rW_{\text{хк}}^2 \quad (14)$$

Подставляя полученное уравнение (14) статистического давления в известную формулу [3] для определения коэффициента расхода всасывающего отверстия, получим:

$$m_{\text{щели}} = \frac{V_{\text{ex,к}}}{\sqrt{2 \left( \frac{V_{\text{ex}}^2}{2m_{\text{ex}}^2} + W_{\text{хк}}^2 \right)}} \quad (15)$$

Используя уравнение расхода [3], можно записать:

$$\frac{a}{2} V_{\text{ex}} dz = h W_{\text{хк}} dz \quad (16)$$

Отсюда имеем:

$$W_{\text{хк}} = \frac{a V_{\text{ex}}}{2h} \quad (17)$$

Подставив (17) в уравнение (15), получим:

$$m_{\text{щели}} = \frac{V_{\text{ex}}}{\sqrt{\frac{V_{\text{ex}}^2}{m_{\text{ex}}^2} + 2 \left( \frac{a}{2h} \right)^2 V_{\text{ex}}^2}} \quad (18)$$

После преобразований:

$$m_{\text{щели}} = \frac{1}{\sqrt{\frac{1}{m_{\text{ex}}^2} + \frac{1}{2} \left( \frac{a}{h} \right)^2}} \quad (19)$$

Изучение закономерностей работы всасывающей щели с внутренним экраном проводилось на аэродинамическом стенде. Испытываемый элемент представлял собой воздухопровод, изготовленный из стали, квадратного сечения  $0.2 \times 0.2$  м и длиной 1 метр. Статическое давление отбиралось по сечениям посредством штуцеров. Торец воздухопровода был заглушен. Расход измерялся камерой статического давления.

Щель вырезалась в боковой стенке, ширина щели составляла 10 мм. Относительная площадь щели составляла  $\left( \bar{F} = \frac{F_{\text{щели}}}{F_{\text{воз}}} = 0.25 \right)$ .

Над всасывающей щелью устанавливался экран по всей длине воздухопровода и шириной 20 мм. Экран под щелью перемещался при помощи тяг, закрепленных в координатниках.

Экспериментально изучалось параллельное перемещение экрана над щелью.

Коэффициент расхода для всасывающей щели определялся по формуле (20):

$$m = V_{щели} \sqrt{\frac{r}{2\rho}} \quad (20)$$

Замеры аэродинамических характеристик проводились в области чисел  $Re = Re_{авт.}$

На рис. 2 приведены экспериментальные значения коэффициентов расхода всасывающей щели с внутренним экраном и квадратного отверстия  $0.1 \times 0.1$  м с внутренним экраном при различных значениях  $h$ . Экран установлен параллельно плоскости отверстия.

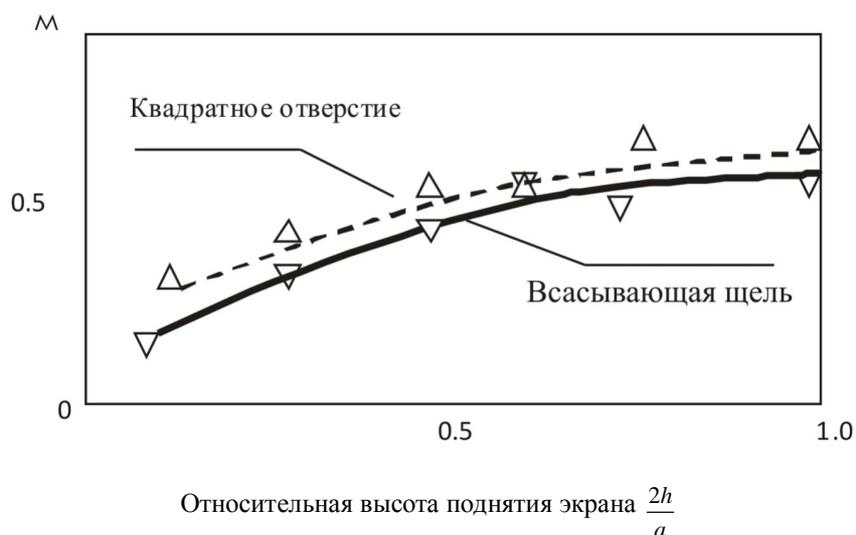


Рис. 2. Зависимость изменения коэффициента расхода квадратного отверстия и щели с внутренним экраном  $\left( \bar{F} = \frac{F_{щели}}{F_{отв}} = \frac{F_{отв}}{F_{отв}} = 0.25 \right)$  от относительной высоты поднятия экрана ( $Re = Re_{авт.}$ ).

По результатам экспериментов можно заключить:

1. Коэффициент расхода отверстия с внутренним экраном при перемещении последнего меняется от нуля до коэффициента расхода отверстия, соответствующего случаю, когда экран отсутствует.

2. Полученная аналитическая зависимость (19) для определения коэффициента расхода всасывающей щели с внутренним экраном дала хорошую сходимость с экспериментальными данными.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дудинцев Л.М. Коэффициент расхода отверстия в стенке при потоке направленном параллельно стенке. // Изв. вузов. Строительство и архитектура 1969, № 5. – С. 118-122.
2. Максимов Г.А., Дерюгин В.В. Движение воздуха при работе систем вентиляции и отопления. – Л.: Стройиздат, 1972. – 96 с.
3. Талиев В.Н. Аэродинамика вентиляции. – М.: Стройиздат, 1979. – 295 с.
4. Геджакушян О.Е. Исследование равномерно-всасывающих воздухопроводов с продольными щелями в системах вентиляции. / Автореферат дис. к.т.н. – Киев, 1968. – 20 с.
5. Дубинин Н.Н. Расчет вытяжного воздухопровода постоянного поперечного сечения с продольной щелью постоянной ширины. // Водоснабжение и санитарная техника, 1968, № 4. – С. 14-16.
6. Золотов С.С. Аэродинамика судовой вентиляции. – Л.: Судостроение, 1968. – 311 с.

## REFERENCES

1. Dudintsev L.M. Coefficient of discharge holes in the wall with the flow directed parallel to the wall. // *Math. Universities. Construction and Architecture* 1969, № 5. – P. 118-122.
2. Maksimov G.A. Deryugin V.V. The movement of air in the work of ventilation and heating systems. – L.: Stroyizdat, 1972. – 96 p.
3. Taliev V.N. Aerodynamics of ventilation. – M.: Stroyizdat, 1979. – 295 p.
4. Gedzhakushyan O.E. Study of uniformly suction air ducts with longitudinal slits in ventilation systems. / *Abstract Dis. Ph.D.* – Kiev, 1968. – 20 p.
5. Dubinin N.N. Calculation of exhaust duct of constant cross section with a longitudinal slit of constant width. // *Water supply and sanitary engineering*, 1968, № 4. – P. 14-16.
6. Zolotov S.S. Aerodynamics of the ship's ventilation system. – L.: Shipbuilding, 1968. – 311 p.

УДК 532.5:621.694

**Золотоносков А.Я.** – аспирант

E-mail: [zolotonosov@mail.ru](mailto:zolotonosov@mail.ru)

**Казанский государственный архитектурно-строительный университет**

**Конахина И.А.** – доктор технических наук, профессор

**Казанский государственный энергетический университет**

## **ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ И ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССА ПОДОГРЕВА ТРАНСФОРМАТОРНОГО МАСЛА В ЦЕХЕ МАСЛОХОЗЯЙСТВА НЕФТЕХИМИЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЙ**

### **АННОТАЦИЯ**

В работе предложено техническое решение по модернизации узла нагрева трансформаторного масла в системе маслохозяйства ОАО «Казаньоргсинтез». Дана оценка энергетической и технико-экономической эффективности и определен экономический эффект.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** модернизация, энергетическая и технико-экономическая эффективность.

**Zolotonosov A.Ya.** – post-graduate student

**Kazan State University of Architecture and Engineering**

**Konakhina I.A.** – doctor of technical sciences, professor

**Kazan State Power Engineering University**

## **INCREASE ENERGY AND TECHNO-ECONOMIC EFFECTIVENESS OF HEATING TRANSFORMER OIL IN THE SHOP OF OIL INDUSTRY PETROCHEMICAL PLANTS**

### **ABSTRACT**

We proposed a technical solution of upgrading the heating unit of transformer oil in the system of oil industry «Kazanorgsintez». Authors evaluated the energy and technical-economic efficiency and determined economic benefit of this project.

**KEYWORDS:** modernization, energy and technical and economic efficiency.

Процесс нагрева и осушки трансформаторного масла реализуется в цехе маслохозяйства ОАО «Казаньоргсинтез» путем его нагрева в емкостях с электронагревателями и последующего фильтрования масла через промышленные патроны (адсорберы), загруженные цеолитом (рис. 1) [1].

Трансформаторное масло объемом 60...120 м<sup>3</sup>/ч из железнодорожных цистерн подается в емкости объемом 40 м<sup>3</sup>, находящиеся на территории цеха (поз. 7...9).

После открытия задвижек (З-49, З-51 и З-53) масло по трубам с помощью насоса поступает к трехходовому крану КТ-11 и шестеренчатым насосом Н-3 нагнетается на фильтр грубой очистки Ф-2, где освобождается от возможных механических примесей. Затем масло по трубам поступает к системе трехходовых кранов (КТ-4, КТ-8 и КТ-12) и оттуда перекачивается в емкости № 1 и 4, объемом 10 м<sup>3</sup>, где отстаивается и одновременно нагревается до 20-25 °С. Далее через задвижки (З-23, З-35) масло поступает к трехходовым кранам КТ-1...КТ-7, откуда направляется в емкости № 2, 3, 5 и 6, объемом 2,5 м<sup>3</sup>.

После открытия задвижек З-20, З-22, З-24, З-34, З-35, З-37 масло по трубопроводу через трехходовые (КТ-8...КТ-10, КТ-12...КТ-14) и шаровые (ШК-1, ШК-2) краны подается на фильтры грубой очистки Ф-1, Ф-3. Откуда шестеренчатыми насосами (Н-2, Н-4, Н-7, Н-9) перекачивается в емкости с электронагревателями ЭН-1...ЭН-4 (мощностью 45 кВт каждый), где нагревается до 65°С.

Нагретое масло шестеренчатыми насосами (Н-1, Н-3, Н-6, Н-8) перекачивается на осушку в промышленные патроны с цеолитом (ЦП1...ЦП4) и далее по трубопроводу масло направляется в цеха-потребители. Отходы производства (водомастная эмульсия из патронов ЦП1...ЦП4 и масло с загрязнениями) сливаются в емкость № 10 для отработанного масла.

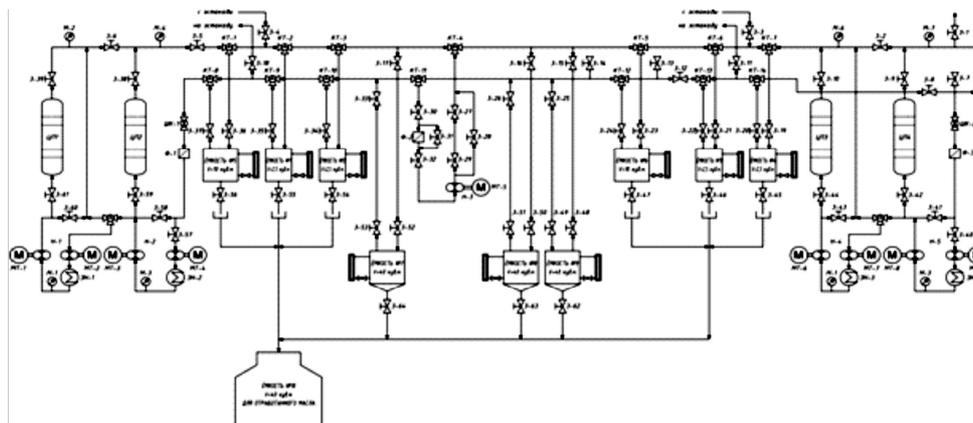


Рис. 1. Схема технологического процесса нагрева и осушки трансформаторного масла

Основные затраты энергии производятся на участке подогрева трансформаторного масла, исходная схема которого в упрощенном виде представлена на рис. 2.

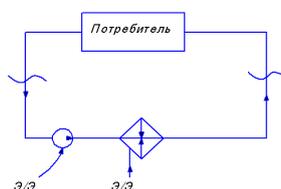


Рис. 2. Участок подогрева трансформаторного масла в исходном виде

Транспортировка и подогрев масла до требуемой температуры 65 °С осуществляются за счет затрат электроэнергии, которая представляет собой качественный энергоресурс с коэффициентом ценности, близким к 1 (рис. 3 и 4). Заштрихованная область на рис. 4 соответствует потерям эксергии на рассматриваемом участке.

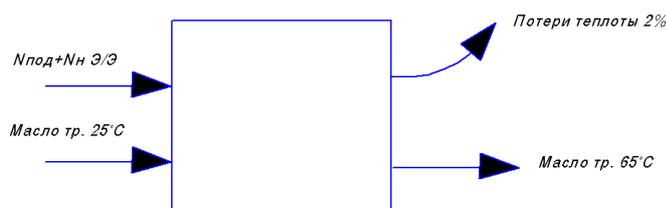


Рис. 3. Структурная балансовая схема участка подогрева трансформаторного масла

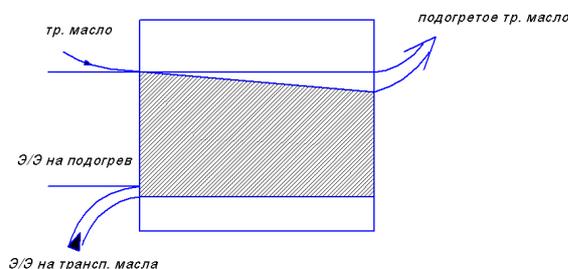


Рис. 4. Потоквая эксергетическая диаграмма участка подогрева трансформаторного масла

Эффективность затрат энергии на подогрев масла в исходной схеме рассчитывается по показателю эксергетического к.п.д. с помощью соотношения [2]:

$$\eta_e = E_{\text{пол}} / E_{\text{подв}}, \tag{1}$$

где  $E_{пол.}$  – полезно воспринятая эксергия на участке, кВт;  $E_{подв.}$  – эксергия, подведенная в систему, кВт.

В данном случае  $\eta_e=6,37/49-0,13$ , что указывает на крайне низкую термодинамическую эффективность процесса.

В связи с этим нами на базе проведенных теоретических исследований и последующих инженерных расчетов предложена модернизация процесса нагрева трансформаторного масла в цехе маслохозяйства ОАО «Казаньоргсинтез» путем замены емкостей, со встроенными в них электронагревателями, на теплообменные аппараты типа «труба в трубе» с криволинейными теплообменными элементами «конфузор-диффузор» с оребренной проточной частью, где греющим агентом является отработанный водяной насыщенный пар с температурой 120 °С и давлением 0,3 МПа.

Модернизация процесса касается аппаратного оформления технологии нагрева трансформаторного масла с использованием современных теплообменных аппаратов типа «труба в трубе», использующих активные методы интенсификации теплообмена [1].

После открытия задвижек 3-20, 3-22, 3-24, 3-34, 3-35, 3-37 масло по трубопроводу через трехходовые (КТ-8...КТ-10, КТ-12...КТ-14) и шаровые (ШК-1, ШК-2) краны подается на фильтры грубой очистки Ф-1, Ф-3. Откуда шестеренчатыми насосами (Н-2, Н-4, Н-7, Н-9) перекачивается в теплообменные аппараты типа «труба в трубе» (КД1, КД2) с криволинейными теплообменными элементами «конфузор-диффузор» с оребренной проточной частью, где нагревается до 65 °С. Далее нагретое трансформаторное масло поступает в емкости № 11, 12, откуда шестеренчатыми насосами (Н-1, Н-3, Н-6, Н-8) перекачивается в промышленные патроны с цеолитом (ЦП1...ЦП4), предназначенные для его осушки.

Схема с модернизированным узлом нагрева масла представлена на рис. 5.

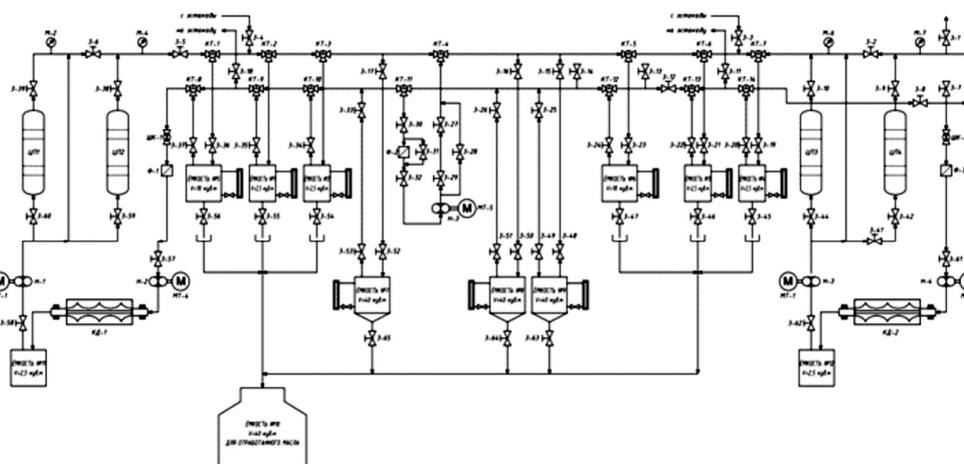


Рис. 5. Модернизированная схема технологического процесса нагрева и осушки трансформаторного масла

На рис. 6 представлена упрощенная модифицированная схема рассматриваемого участка.

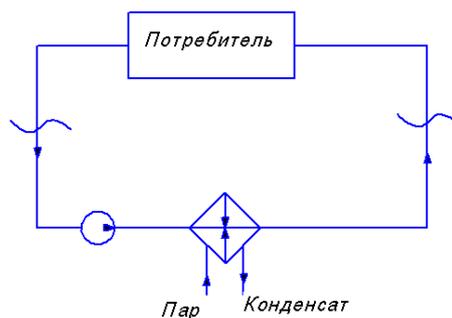


Рис. 6. Модифицированный участок подогрева трансформаторного масла

Структурная балансовая схема модифицированного участка представлена на рис. 7, потоковая эксергетическая диаграмма – на рис. 8.

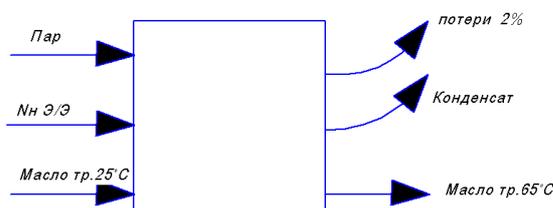


Рис. 7. Структурная балансовая схема модифицированного участка подогрева трансформаторного масла

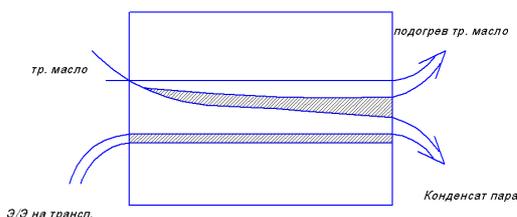


Рис. 8. Потоковая эксергетическая диаграмма модифицированного участка подогрева трансформаторного масла

Подогрев трансформаторного масла осуществляется менее ценным с точки зрения термодинамических показателей теплоносителем – отработанным водяным паром с температурой 120 С. Коэффициент ценности потребляемой теплоты выражается температурной эксергетической функцией и составляет

$$\tau_e = 1 - \frac{T_0}{T} = 1 - \frac{273}{273+120} = 0,31.$$

Эксергетический к.п.д. модифицированного участка составил

$$\eta_e = \frac{6,37}{4+0,31 \times 45} = 0,36.$$

Таким образом, за счет модификации термодинамическая эффективность рассматриваемого процесса увеличилась почти в 3 раза.

Последующие расчеты экономического обоснования также подтвердили целесообразность использования разрабатываемого теплообменного аппарата в технологии нагрева и осушки трансформаторного масла.

Как показали расчеты, первоначальные капиталовложения (по заводским данным) при внедрении теплообменных устройств типа «труба в трубе» с вращающимся оребренным криволинейным теплообменным элементом «конфузор-диффузор» на сегодняшний день составит в среднем 570 тыс. руб.

В соответствии с методическими рекомендациями [3] в качестве основных показателей, используемых для расчетов эффективности инвестиционных проектов, рекомендуются:

- чистый доход;
- чистый дисконтированный доход;
- внутренняя норма доходности;
- потребность в дополнительном финансировании;
- индексы доходности затрат и инвестиций;
- срок окупаемости.

Инвестиции в энергосберегающие мероприятия составляют  $K=570$  тыс. руб.

Основные показатели экономии денежных средств при модернизации процесса нагрева трансформаторного масла путем замены емкостей со встроенными в них электронагревателями на теплообменные аппараты типа «труба в трубе», выполненные из криволинейных элементов «конфузор-диффузор» с оребренной проточной частью зависят от суммарной годовой экономии средств за счет снижения затрат электроэнергии и дополнительных суммарных годовых затрат на теплоту вторичного пара.

1) Суммарная годовая экономия денежных средств за счет снижения затрат электроэнергии, тыс. руб./год:

$$41,3 \text{ кВт/ч} \times 2 \times 1,95 \times 2720 / 1000 = 438,1;$$

2) Дополнительные расходы денежных средств на греющий вторичный пар, тыс. руб./год:

$$0,036 \text{ Гкал/ч} \times 2 \times 496 \times 2720 = 97,2.$$

Таким образом, ежегодный расчетный промежуточный доход за счет экономии энергоресурсов в течение всего срока эксплуатации энергосберегающих мероприятий составляет  $\Delta D = 340,9$  тыс. руб./год.

Пусть принятый срок эксплуатации энергосберегающих мероприятий  $T_{\text{сл}} = 20$  лет; норма дисконта 10 %, т.е.  $r = 0,10$ .

Определяем полный доход за счет экономии энергоресурсов за весь срок эксплуатации энергосберегающих мероприятий.

Полный дисконтированный доход за счет экономии энергоресурсов за весь срок эксплуатации энергосберегающих мероприятий  $DD_{T_{\text{сл}}}$ , тыс. руб., определяется по формуле:

$$DD_{T_{\text{сл}}} = \Delta D [1 - (1+r)^{-T_{\text{сл}}}] / r = 2902,3 \text{ тыс. руб.}$$

Полный доход за счет экономии энергоресурсов за весь срок эксплуатации энергосберегающих мероприятий при наращении (капитализации) поступающих доходов  $ND_{T_{\text{сл}}}$ , тыс. руб., определяется по формуле:

$$ND_{T_{\text{сл}}} = \Delta D [(1+r)^{T_{\text{сл}}} - 1] / r = 19525,04733 \text{ тыс. руб.}$$

определяем чистый доход за счет экономии энергоресурсов за весь срок эксплуатации энергосберегающих мероприятий:

чистый дисконтированный доход  $ЧДД$ , тыс. руб., определяется по формуле:

$$ЧДД = DD_{T_{\text{сл}}} - K = 23323,3 \text{ тыс. руб.}$$

Чистый доход при наращении (капитализации) всех поступающих доходов  $ЧНД$ , тыс. руб., определяется по формуле:

$$ЧНД = ND_{T_{\text{сл}}} - K = 18955 \text{ тыс. руб.}$$

Бездисконтный срок окупаемости инвестиций  $T_0$ , год, определяется по формуле:

$$T_0 = K / \Delta D = 1,67 \text{ года.}$$

Срок окупаемости инвестиций с учетом дисконтирования поступающих доходов за счет экономии энергоресурсов  $T_d$ , год, определяется по формуле:

$$T_d = -\ln[1 - rT_0] / \ln(1+r) = 1,9 \text{ лет}$$

Срок окупаемости инвестиций при наращении (капитализации) поступающих доходов за счет экономии энергоресурсов  $T_n$ , год, определяется по формуле:

$$T_n = \ln[1+rT_0] / \ln(1+r) = 1,62 \text{ года}$$

Индекс доходности инвестиций при условии дисконтирования всех поступающих мероприятий определяется по формуле:

$$ИД_d = ДД_{Тсл} / K = 5,0917.$$

Индекс доходности инвестиций при условии дисконтирования всех поступающих доходов  $ИД_n$ , в течение срока эксплуатации энергосберегающих мероприятий определяется по формуле:

$$ИД_n = НД_{Тсл} / K = 34,25446842.$$

Таким образом, расчет технико-экономических показателей модифицированной схемы также показывает высокую эффективность предлагаемых решений.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Золотоносов А.Я., Золотоносов Я.Д. Модернизация узла нагрева трансформаторного масла на базе высокоэффективных теплообменных аппаратов с вращающейся теплообменной поверхностью «конфузор-диффузор» на объектах промтеплоэнергетики // ВИНТИ. – М., 2011. – 20 с. – Деп. в ВИНТИ от 06.05.2011 № 210 – В 2011.
2. Дмитриев А.Н., Ковалев И.Н., Табунщиков Ю.А., Шилкин Н.В. Руководство по оценке эффективности инвестиций в энергосберегающие мероприятия. – М.: АВОК – ПРЕСС, 2005. – 120 с.
3. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов (вторая редакция). Утв. Минэкономки РФ, Минфином РФ, Госкомитетом по строительной, архитектурной и жилищной политике / Рук. авт. кол.: Косов В.В., Лившиц В.Н., Шахназаров А.Г. – М.: ОАО «НПО» Изд-во «Экономика», 2000. – 880 с.

### REFERENCES

1. Zolotonosov A.Ya., Zolotonosov Ya.D. Modernization of the heating unit of transformer oil with high-efficiency heat exchangers with rotating heat-exchange surface «confuser-diffuser» for objects of power engineering industry. // VINITI. – M., 2011. – 20 p. – Dep. at VINITI on 06.05.2011 № 210 – In 2011.
2. Dmitriev A.N., Kovalev I.N., Tabynschikov U.A., Shilkin N.V. Guidelines for assessing the effectiveness of investments in energy saving measures. – M.: AVOK – PRESS, 2005. – 120 p.
3. Methodical recommendations for assessing the effectiveness of investment projects (second edition). Approved by the Ministry of Economy of RF, Ministry of Finance of RF, the State Committee on Construction, Architecture and housing policy / hands. Auth. count.: Kosov V.V., Livshits V.N., Shakhnazarov A.G. – M.: JSC «NPO» Publishing house «Economy», 2000. – 880 p.

УДК 532.5:621.694

**Золотоносков А.Я.** – аспирант**Хайруллин М.Р.** – инженер**Золотоносков Я.Д.** – доктор технических наук, профессорE-mail: [Zolotonosov@mail.ru](mailto:Zolotonosov@mail.ru)**Казанский государственный архитектурно-строительный университет**

### **АЛГОРИТМ ЧИСЛЕННОЙ РЕАЛИЗАЦИИ СОПРЯЖЕННОЙ ЗАДАЧИ ТЕПЛООБМЕНА НА ОСНОВЕ МЕТОДА КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ**

#### **АННОТАЦИЯ**

В работе предложен алгоритм численного решения сопряженной задачи теплообмена во вращающихся каналах сложной геометрии, позволивший определить компоненты скоростей и температуру в проточной части канала в зависимости от чисел закрутки, критериев Рейнольдса и Пекле. Полученные результаты позволили расширить представление о гидродинамических и теплообменных процессах при течении вязкой жидкости в каналах сложной конфигурации.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** метод конечных элементов, разбиение области, базисные функции элемента, ансамблирование.

### **NUMERICAL IMPLEMENTATION ALGORITHM OF CONJUGATE HEAT INTERCHANGE PROBLEM BASED ON FINITE-ELEMENT METHOD**

**Zolotonosov A.Ya.** – post-graduate student**Khairullin M.R.** – engineer**Zolotonosov Ya.D.** – doctor of technical sciences, professor**Kazan State University of Architecture and Engineering**

#### **ABSTRACT**

Numerical decision algorithm of conjugate heat interchange problem in revolving channels with irregular geometry are developed. It has allowed to determine speed components and temperature in the flowing part of channel depending on spin, Reynolds and Peclet numbers. Obtained results have increased representation about fluid dynamics and heat interchange processes of the viscous fluid flow in channels with irregular shape.

**KEYWORDS:** finite-element method, partition of region, basic functions of element, combining.

В работах [1-3] была предложена математическая модель задачи сопряженного теплообмена во вращающихся вокруг своей оси криволинейных каналах с оребренной и неоребреной проточной частью типа «конфузор-диффузор», представляющая собой систему дифференциальных уравнений в частных производных второго порядка. В качестве условий однозначности задаются начальные распределения скорости, давления, температуры на входе в канал и граничные условия на стенках канала и ребра.

В связи со сложностью геометрии канала численная реализация поставленной задачи строится с использованием метода конечных элементов (МКЭ). Основным преимуществом МКЭ является его индифферентность в отношении расчетных областей и возможность с его помощью свести исходные дифференциальные уравнения к системе алгебраических уравнений, которые могут быть решены обычными методами, и основывается на двух формах [4].

Первая заключается в использовании вариационных формулировок решаемой задачи (например, метод Рэлея-Ритца). Вторая состоит в том, что с помощью метода взвешенных невязок (Галеркина) функциональная невязка минимизируется по всей расчетной области путем приравнивания нулю скалярного произведения функциональной невязки и весовых функций, причем весовые функции в нумерованных узлах совпадают с базисными функциями [5]. Кроме того, этот метод дает возможность учитывать различные типы краевых условий и реологические законы поведения рассматриваемых сред.

Алгоритм численной реализации МКЭ предполагает разбиение рассматриваемой расчетной области на ряд непересекающихся подобластей, называемых конечными элементами, аппроксимацию искомых величин базисными функциями на каждом элементе, получение системы алгебраических уравнений с использованием метода Галеркина, ансамблирование полученных локальных матриц системы в глобальную матрицу жесткости и решение глобальной системы уравнений относительно неизвестных значений в узлах разбиения.

$$\Omega = \left\{ (j, \bar{z}, \bar{r}) \mid 0 \leq j \leq j_0, 0 \leq \bar{z} \leq 1, 0 \leq \bar{r} \leq 1 \right\}$$

Рассмотрим разбиение области  $\Omega$  на ряд непересекающихся подобластей  $\Omega^{(e)}$ , где  $e$  означает номер произвольного конечного элемента.

Нумерация узлов и элементов проводится по правилу правого винта (двигаясь по concentрическим окружностям от периферии к центру канала в радиальном направлении, повторяя разбиение в каждом сечении), причем в центральной области (на оси) задается  $e$  – окрестность ( $e \rightarrow 0$ ), исключающая особенность точки в нуле и позволяющая сохранить однотипность элементов разбиения. На рис. 1 представлены проекции разбиения области  $\Omega$  в осевом (а) и радиальном (б) сечениях.

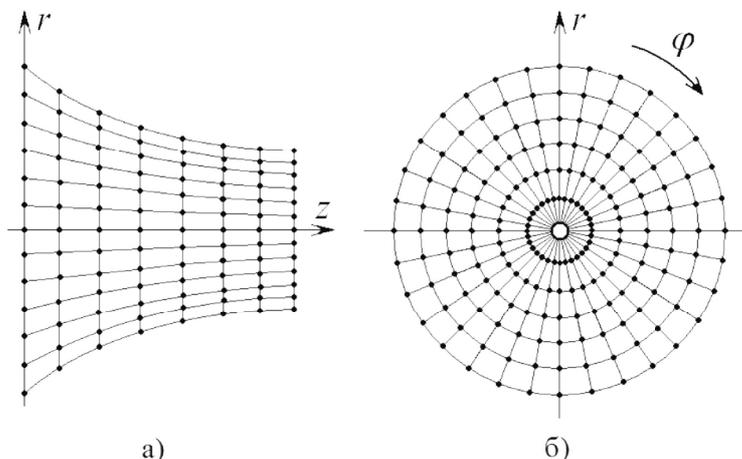


Рис. 1. Проекция разбиения области в осевом и радиальном сечении:  
а) осевое сечение; б) радиальное сечение

Внутри каждого элемента  $e$  проводится замена неизвестных величин  $f, G, H, P, t_{жс}, t_c, t_p$  ее пробной аппроксимацией [4]:

$$\begin{aligned} f^{(e)}(j, \bar{z}, \bar{r}) &= \sum_{i=1}^8 u_i^{(e)} \Phi_i^{(e)}(j, \bar{z}, \bar{r}); & G^{(e)}(j, \bar{z}, \bar{r}) &= \sum_{i=1}^8 n_i^{(e)} \Phi_i^{(e)}(j, \bar{z}, \bar{r}); \\ H^{(e)}(j, \bar{z}, \bar{r}) &= \sum_{i=1}^8 w_i^{(e)} \Phi_i^{(e)}(j, \bar{z}, \bar{r}); & t_{жс}^{(e)}(j, \bar{z}, \bar{r}) &= \sum_{i=1}^8 t_{жсi}^{(e)} \Phi_i^{(e)}(j, \bar{z}, \bar{r}); \\ t_c^{(e)}(j, \bar{z}, \bar{r}) &= \sum_{i=1}^8 t_{ci}^{(e)} \Phi_i^{(e)}(j, \bar{z}, \bar{r}); & t_p^{(e)}(j, \bar{z}, \bar{r}) &= \sum_{i=1}^8 t_{pi}^{(e)} \Phi_i^{(e)}(j, \bar{z}, \bar{r}); \end{aligned}$$

где  $\Phi_i^{(e)}$  – базисные функции элемента  $e$ , удовлетворяющие, в каждой внутренней точке элемента, условиям:

$$\sum_{i=1}^8 \Phi_i^{(e)}(j, \bar{z}, \bar{r}) = 1, \quad \Phi_i^{(e)}(j, \bar{z}, \bar{r}) = \begin{cases} 1, & i = j \\ 0, & i \neq j \end{cases}$$

Для получения системы алгебраических уравнений (дискретного аналога исходных дифференциальных уравнений) используется метод взвешенных невязок Галеркина [5]:

$$\int_{\Omega} \Phi_i L(X) d\Omega = 0,$$

где  $X$  – искомая величина,  $L(X)$  – дифференциальное уравнение, определяющее  $X$ ,  $\Phi_i$  – базисные функции.

В методе конечных элементов получение системы уравнений для узловых значений неизвестных величин включает интегрирование по объему элемента базисных функций или их частных производных. Интегрирование может быть упрощено, если записать интерполяционные соотношения в системе координат, связанной с элементом.

Рассмотрим элемент, ограниченный линиями:

$$j = j_m; j = j_m + \Delta j; z = z_m; z = z_m + \Delta z; r = r_1(z); r = r_2(z).$$

Применим линейное отображение [6]:

$$\Phi := \begin{cases} x = 2(j - j_m) / \Delta j - 1; \\ h = 2(z - z_m) / \Delta z - 1; \\ z = 2(r - r_1(z)) / (r_2(z) - r_1(z)) - 1. \end{cases}$$

Тогда отображенный элемент будет единичным кубом (рис. 2):

$$-1 \leq h \leq 1, \quad -1 \leq z \leq 1, \quad -1 \leq x \leq 1.$$

Функции формы в локальной системе координат  $(x, h, z)$  представим в виде [4]:

$$\Phi_b = \frac{1}{8}(1 + x_0)(1 + h_0)(1 + z_0)$$

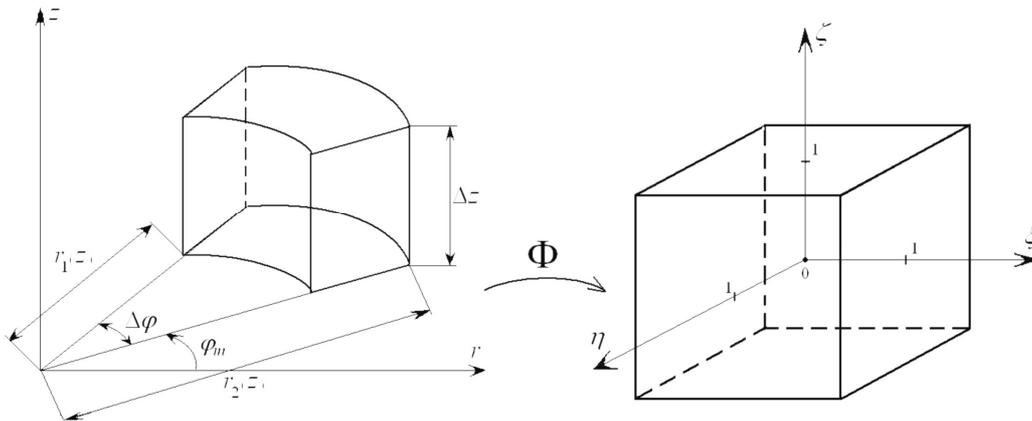


Рис. 2. Общий вид одного элемента при линейном отображении  $\Phi$

Введение локальной системы координат позволяет использовать квадратурные формулы Гаусса при вычислении коэффициентов матрицы жесткости.

Рассмотрим интегральную матрицу вида

$$\int_V [F] dV,$$

где  $[F]$  зависит от  $\Phi_b(j, \bar{z}, \bar{r})$  или их производных по глобальным координатам

$$\frac{\partial \Phi_b}{\partial j}, \frac{\partial \Phi_b}{\partial \bar{z}}, \frac{\partial \Phi_b}{\partial \bar{r}}.$$

Согласно правилу дифференцирования сложной функции имеем

$$\begin{aligned} \frac{\partial \Phi_b}{\partial x} &= \frac{\partial \Phi_b}{\partial j} \frac{\partial j}{\partial x} + \frac{\partial \Phi_b}{\partial \bar{z}} \frac{\partial \bar{z}}{\partial x} + \frac{\partial \Phi_b}{\partial \bar{r}} \frac{\partial \bar{r}}{\partial x}; \\ \frac{\partial \Phi_b}{\partial h} &= \frac{\partial \Phi_b}{\partial j} \frac{\partial j}{\partial h} + \frac{\partial \Phi_b}{\partial \bar{z}} \frac{\partial \bar{z}}{\partial h} + \frac{\partial \Phi_b}{\partial \bar{r}} \frac{\partial \bar{r}}{\partial h}; \\ \frac{\partial \Phi_b}{\partial z} &= \frac{\partial \Phi_b}{\partial j} \frac{\partial j}{\partial z} + \frac{\partial \Phi_b}{\partial \bar{z}} \frac{\partial \bar{z}}{\partial z} + \frac{\partial \Phi_b}{\partial \bar{r}} \frac{\partial \bar{r}}{\partial z}. \end{aligned}$$

Искомые производные по глобальным координатам могут быть получены отсюда по правилу:

$$\begin{bmatrix} \frac{\partial \Phi_b}{\partial j} \\ \frac{\partial \Phi_b}{\partial \bar{z}} \\ \frac{\partial \Phi_b}{\partial \bar{r}} \end{bmatrix} = J^{-1} \begin{bmatrix} \frac{\partial \Phi_b}{\partial x} \\ \frac{\partial \Phi_b}{\partial h} \\ \frac{\partial \Phi_b}{\partial z} \end{bmatrix}, \text{ где } J = \begin{bmatrix} \frac{\partial j}{\partial x} & \frac{\partial \bar{z}}{\partial x} & \frac{\partial \bar{r}}{\partial x} \\ \frac{\partial j}{\partial \bar{z}} & \frac{\partial \bar{z}}{\partial \bar{z}} & \frac{\partial \bar{r}}{\partial \bar{z}} \\ \frac{\partial j}{\partial z} & \frac{\partial \bar{z}}{\partial z} & \frac{\partial \bar{r}}{\partial z} \end{bmatrix},$$

при условии, что матрица Якоби преобразования координат  $J$  не вырождена.

При этом переход к интегрированию по новым координатам осуществляется по формуле  $dV = \det(J) dx dh dz$ , где  $V$  – объем произвольного конечного элемента.

Исходная интегральная матрица преобразуется к виду

$$\int_{-1}^1 \int_{-1}^1 \int_{-1}^1 [\mathbf{F}(x, h, z)] \det(\mathbf{J}) dx dh dz,$$

которая интегрируется с помощью квадратурной формулы Гаусса [6]:

$$\int_{-1}^1 \int_{-1}^1 \int_{-1}^1 [\mathbf{F}(x, h, z)] \det(\mathbf{J}) dx dh dz = \sum_{i=0}^n \sum_{j=0}^n \sum_{k=0}^n W_{ijk} F(x_i, h_j, z_k).$$

При решении уравнений движения для исключения безразмерного параметра давления  $P$  из числа неизвестных используем метод штрафа. Для этого правую нулевую часть уравнения неразрывности заменяем произведением давления на малый штрафной параметр  $\epsilon$  ( $\epsilon \rightarrow 0, Div \vec{V} \rightarrow 0$ ) [7]:

$$\frac{\partial f}{\partial \bar{r}} - \left( R'(z) \frac{\partial H}{\partial \bar{r}} - \bar{R} \frac{\partial H}{\partial \bar{z}} \right) + \frac{N}{R} \frac{\partial G}{\partial j} + \frac{f}{\bar{r}} = -Pe$$

Так как в качестве базисных функций выбраны функции нулевого порядка непрерывности (непрерывна функция, но не её первая производная), то уравнения движения и энергии могут содержать производные порядка не выше первого. Это ограничение преодолевается с помощью формулы Гаусса-Остроградского:

$$\int_V [\Phi]^T \frac{\partial^2 \chi}{\partial x^2} dV = \int_S [\Phi]^T \frac{\partial \chi}{\partial x} l_r dS - \int_V \frac{\partial}{\partial x} [\Phi]^T \frac{\partial \chi}{\partial x} dV,$$

где  $S$  – граница области,  $l$  – внешняя нормаль к границе. А в силу того, что базисные функции  $\Phi_b$  обращаются в нуль на границе элемента, то интеграл по границе области  $S$  равен нулю.

Получившуюся систему уравнений можно представить в виде:

$$K \cdot \begin{Bmatrix} u \\ v \\ w \\ t_{жс} \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} B_1 \\ B_2 \\ B_3 \\ B_4 \end{Bmatrix}, \text{ где } K = \begin{bmatrix} K_{11} & K_{12} & K_{13} & K_{14} \\ K_{21} & K_{22} & K_{23} & K_{24} \\ K_{31} & K_{32} & K_{33} & K_{34} \\ K_{41} & K_{42} & K_{43} & K_{44} \end{bmatrix},$$

где  $K$  – локальная матрица элемента.

Для получения глобальной матрицы жесткости, построенной для всей расчетной области  $\Omega$ , произведем ансамблирование конечных элементов таким образом, чтобы каждая поэлементная составляющая локальной матрицы находилась на своем месте в глобальной матрице жесткости [6].

Для этого строкам и столбцам локальной матрицы элемента приписываются номера соответствующих узлов в глобальной матрице жесткости. Порядок расположения узлов соответствует обходу элемента по часовой стрелке, начиная с  $i$ -го узла [5]. Т.к. мы имеем систему из 4 уравнений с 4 неизвестными, то глобальная матрица будет размером  $4N \times 4N$ , где  $N$  – число узлов в расчетной области. Следовательно, каждый узел имеет 4 степени свободы, в

виде неизвестных значений компонент скоростей и температуры, и глобальную матрицу  $K$  можно представить в следующем виде:

$$\bar{K} = \begin{bmatrix} \bar{K}_{11} & \bar{K}_{12} & \bar{K}_{13} & \bar{K}_{14} \\ \bar{K}_{21} & \bar{K}_{22} & \bar{K}_{23} & \bar{K}_{24} \\ \bar{K}_{31} & \bar{K}_{32} & \bar{K}_{33} & \bar{K}_{34} \\ \bar{K}_{41} & \bar{K}_{42} & \bar{K}_{43} & \bar{K}_{44} \end{bmatrix},$$

где каждый  $\bar{K}_{ij}$  представляет собой матрицу размера  $N \times N$ .

$$K_{ij}^{(e)} = \begin{bmatrix} e_1 & e_2 & \dots & e_8 \\ k_{11} & k_{12} & \dots & k_{18} \\ k_{21} & k_{22} & \dots & k_{28} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ k_{81} & k_{82} & \dots & k_{88} \end{bmatrix} \begin{matrix} e_1 \\ e_2 \\ \dots \\ e_8 \end{matrix} \quad \bar{K}_{ij} = \begin{matrix} 1 & \dots & e_1 & \dots & e_2 & \dots & e_8 & \dots & N \\ \left[ \begin{array}{cccccc} \bar{K}_{11}^{ij} & \dots & \bar{K}_{1e_1}^{ij} & \dots & \bar{K}_{1e_2}^{ij} & \dots & \bar{K}_{1e_8}^{ij} & \dots & \bar{K}_{1N}^{ij} \\ \dots & \dots \\ \bar{K}_{e_11}^{ij} & \dots & \bar{K}_{e_1e_1}^{ij} + k_{11} & \dots & \bar{K}_{e_1e_2}^{ij} + k_{12} & \dots & \bar{K}_{e_1e_8}^{ij} + k_{18} & \dots & \bar{K}_{e_1N}^{ij} \\ \dots & \dots \\ \bar{K}_{e_21}^{ij} & \dots & \bar{K}_{e_2e_1}^{ij} + k_{21} & \dots & \bar{K}_{e_2e_2}^{ij} + k_{22} & \dots & \bar{K}_{e_2e_8}^{ij} + k_{28} & \dots & \bar{K}_{e_2N}^{ij} \\ \dots & \dots \\ \bar{K}_{e_81}^{ij} & \dots & \bar{K}_{e_8e_1}^{ij} + k_{81} & \dots & \bar{K}_{e_8e_2}^{ij} + k_{82} & \dots & \bar{K}_{e_8e_8}^{ij} + k_{88} & \dots & \bar{K}_{e_8N}^{ij} \\ \dots & \dots \\ \bar{K}_{N1}^{ij} & \dots & \bar{K}_{Ne_1}^{ij} & \dots & \bar{K}_{Ne_2}^{ij} & \dots & \bar{K}_{Ne_8}^{ij} & \dots & \bar{K}_{NN}^{ij} \end{array} \right] \end{matrix}$$

Полученная глобальная система уравнений движения и энергии является нелинейной.

$$\begin{bmatrix} \bar{K}_{11} & \bar{K}_{12} & \bar{K}_{13} & \bar{K}_{14} \\ \bar{K}_{21} & \bar{K}_{22} & \bar{K}_{23} & \bar{K}_{24} \\ \bar{K}_{31} & \bar{K}_{32} & \bar{K}_{33} & \bar{K}_{34} \\ \bar{K}_{41} & \bar{K}_{42} & \bar{K}_{43} & \bar{K}_{44} \end{bmatrix} \cdot \begin{Bmatrix} u \\ v \\ w \\ t_{\text{жс}} \end{Bmatrix} - \begin{Bmatrix} B_1 \\ B_2 \\ B_3 \\ B_4 \end{Bmatrix} = 0,$$

Для ее линеаризации применяется метод Ньютона, позволяющий построить эффективный вычислительный алгоритм. Для получения решения обычно требуется всего лишь несколько итераций.

Все полученные интегралы вычисляются численно на равномерной сетке  $2 \times 2 \times 2$  по квадратурным формулам Гаусса.

Для решения линейной системы алгебраических уравнений, возникающей на каждом шаге метода Ньютона, применяется метод сопряженных градиентов.

Представленный алгоритм, реализованный в виде программы в системе MatLab, позволил получить профили и значения безразмерных осевых, радиальных и окружных компонент скоростей в конфузурных и диффузорных элементах, поля температур в проточной части канала, представленные на рис. 3-11.

На рис. 3-8 представлены графики формирования профиля осевой, радиальной и окружной компоненты скорости по длине вращающегося диффузора и конфузуратора с прямолинейной, криволинейной и криволинейной оребренной проточной частью при изменении температуры в радиальном сечении ( $w = 50c^{-1}$ ). Как следует из расчетных данных, во всем диапазоне исследуемых режимов течения наблюдается параболический закон распределения скоростей по сечению трубы (у стенки скорость убывает, а в центре сечения возрастает), что, в целом, справедливо для ламинарного режима движения жидкости в трубах, в том числе и конфузурно-диффузорных. В случае каналов «конфузор-диффузор» с криволинейной теплообменной поверхностью рост скорости на оси (в сравнении с трубой, выполненной в виде чередующихся усеченных прямых конусов) обусловлен общим снижением гидравлического сопротивления за

счет профилирования входной кромки и проточной части канала. В криволинейном канале с оребрением ввиду дополнительного трения жидкости о поверхность ребер происходит снижение скорости у внутренних поверхностей трубы, а поскольку расход жидкости в целом остается постоянным, скорость среды на оси канала возрастает.

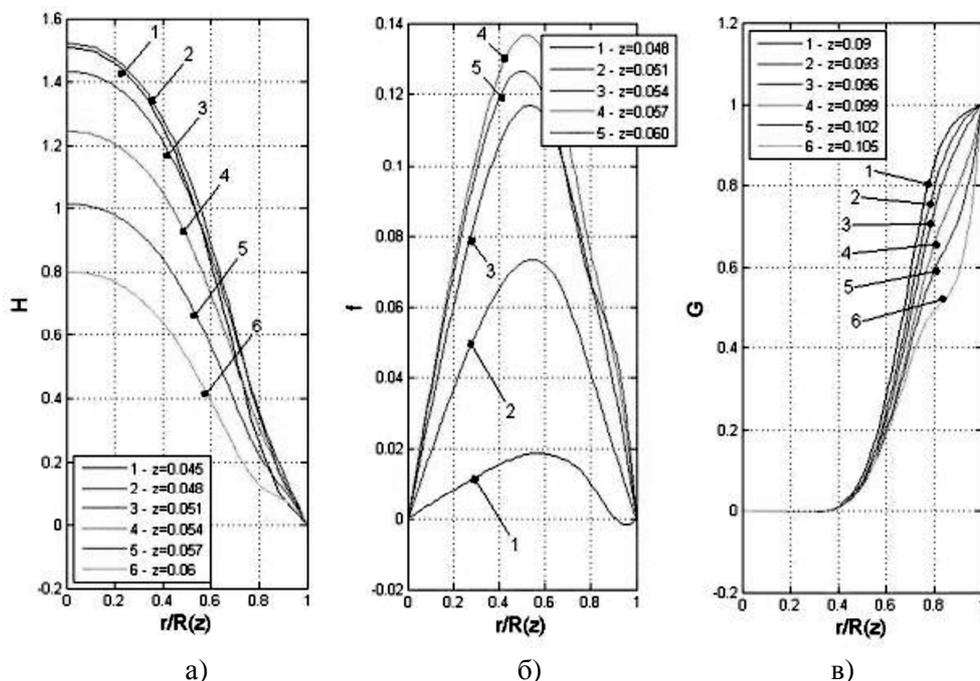


Рис. 3. Формирование профиля: а) осевой; б) радиальной; в) окружной компоненты скорости при изменении температуры в радиальном сечении по длине криволинейного диффузора ( $w = 50c^{-1}$ )

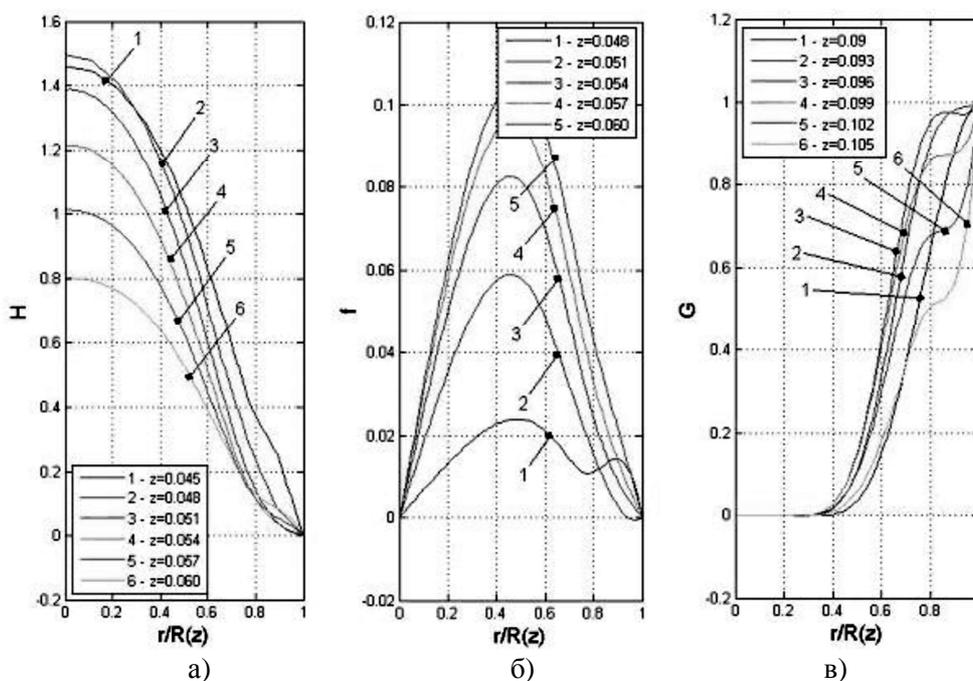


Рис. 4. Формирование профиля: а) осевой; б) радиальной; в) окружной компоненты скорости при изменении температуры в радиальном сечении по длине прямолинейного диффузора ( $w = 50c^{-1}$ )

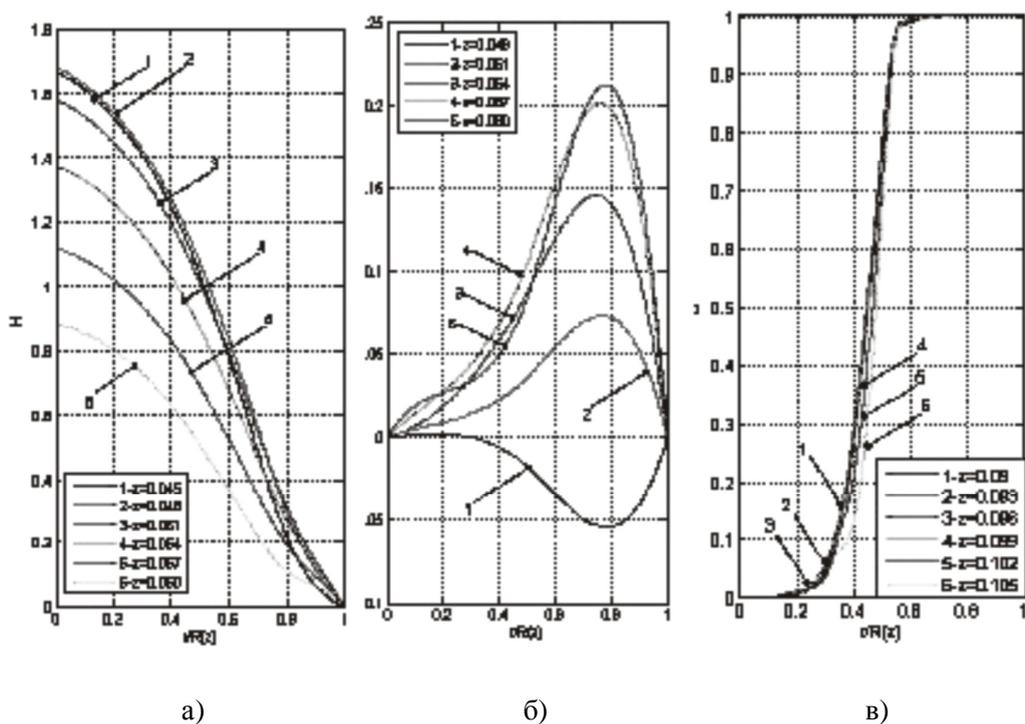


Рис. 5. Формирование профиля: а) осевой; б) радиальной; в) окружной компоненты скорости при изменении температуры в радиальном сечении по длине криволинейного оребренного диффузора ( $w = 50c^{-1}$ )

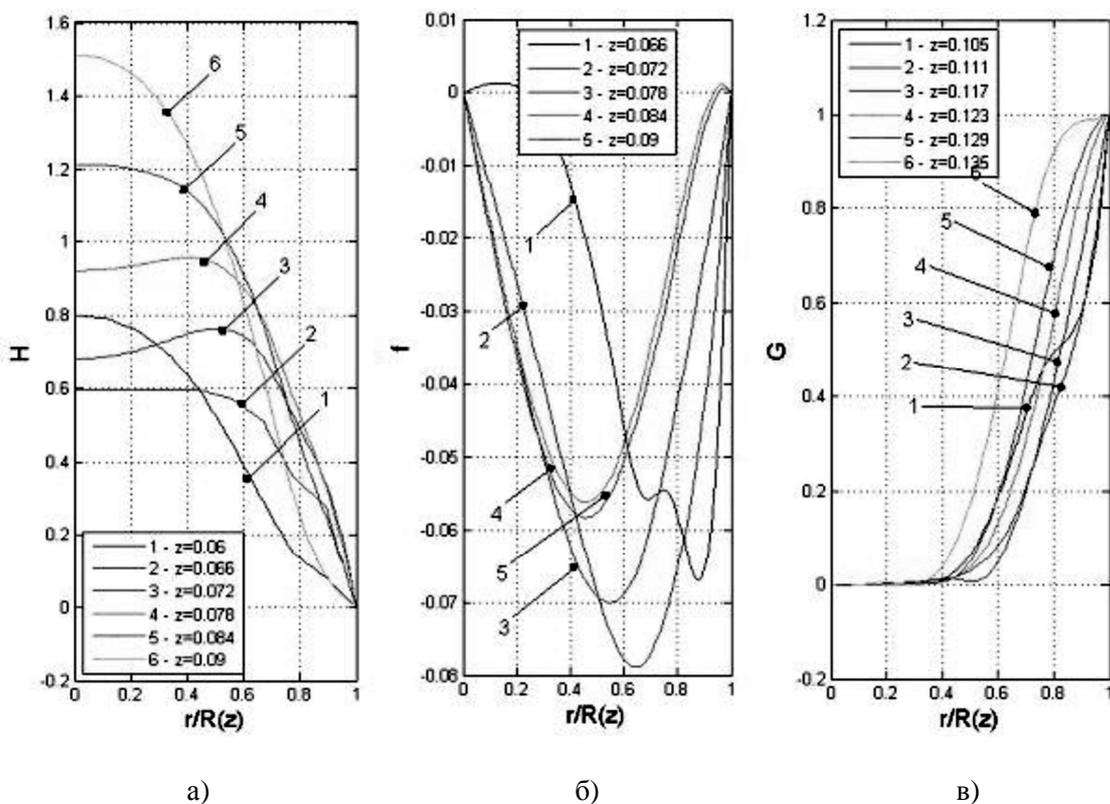


Рис. 6. Формирование профиля: а) осевой; б) радиальной; в) окружной компоненты скорости при изменении температуры в радиальном сечении по длине криволинейного конфузора ( $w = 50c^{-1}$ )

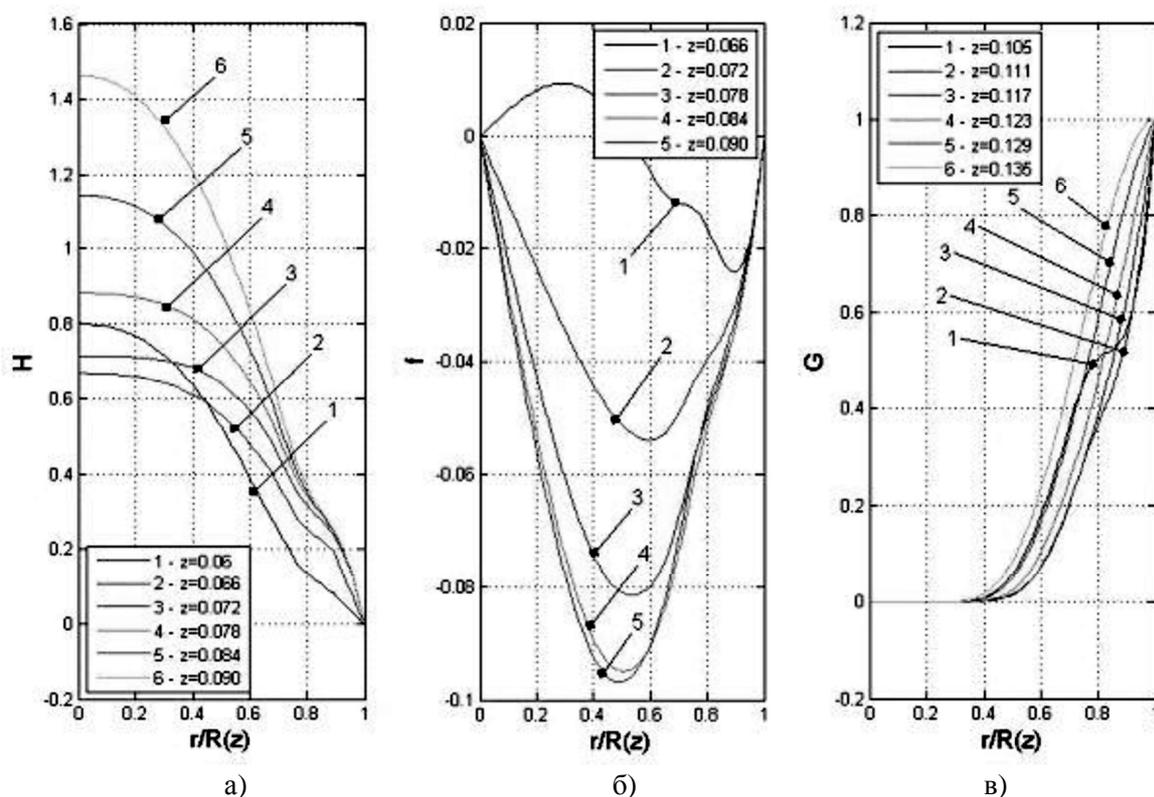


Рис. 7. Формирование профиля: а) осевой; б) радиальной; в) окружной компоненты скорости при изменении температуры в радиальном сечении по длине прямолинейного конфузора ( $w = 50c^{-1}$ )

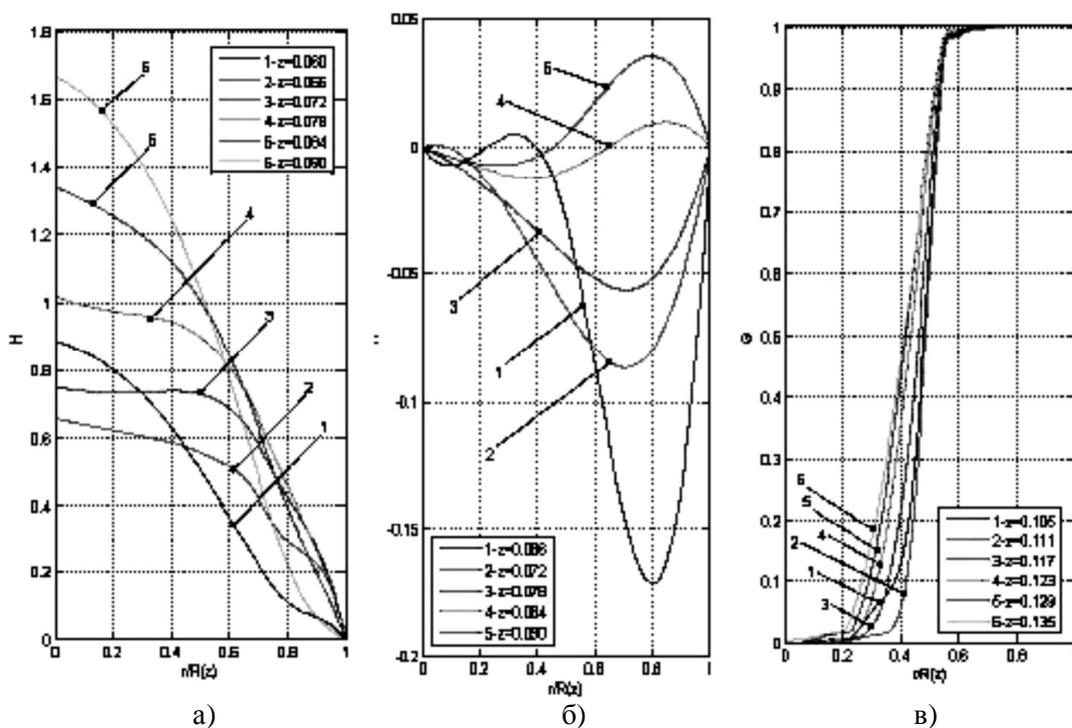


Рис. 8. Формирование профиля: а) осевой; б) радиальной; в) окружной компоненты скорости при изменении температуры в радиальном сечении по длине криволинейного оребренного конфузора ( $w = 50c^{-1}$ )

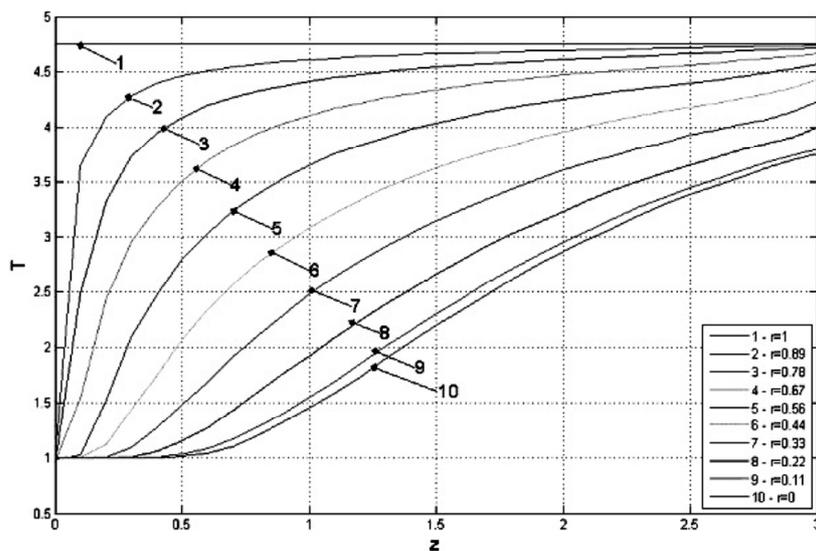


Рис. 9. Формирование профиля температуры жидкости по длине криволинейного канала ( $w = 50c^{-1}$ )

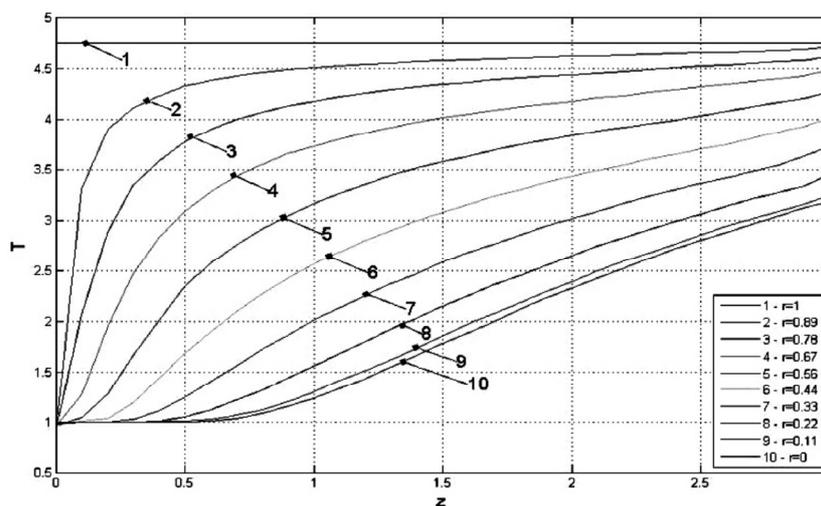


Рис. 10. Формирование профиля температуры жидкости по длине прямолинейного канала ( $w = 50c^{-1}$ )

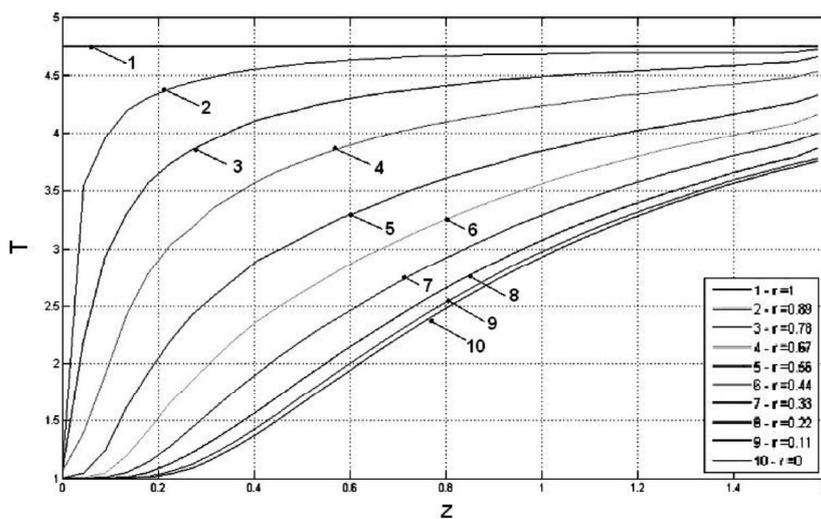


Рис. 11. Формирование профиля температуры жидкости по длине криволинейного ребренного канала ( $w = 50c^{-1}$ )

Более сложный характер распределения поля скоростей в конфузурно-диффузорных каналах наблюдается в радиальном направлении. Так, в диффузоре под влиянием центробежных сил при движении жидкости к выходному сечению имеет место рост численных значений радиальной скорости в канале. В конфузуре по мере возрастания осевой скорости в направлении к выходному сечению и стесненности потока наблюдается увеличение градиента скорости движения жидкости вдоль конически-сходящегося элемента, что вызывает рост сил внутреннего трения. При этом значения компонентов радиальной скорости (по отношению к диффузору) уменьшаются, а вектор скорости меняет направление на противоположный, что согласуется с данными работы [8]. Эта закономерность, наряду с положительным влиянием на теплообмен центробежного поля, дополнительно интенсифицирует конвективный перенос тепла, что определяется оригинальным последовательно повторяющимся расположением системы «диффузор-конфузор» [1, 2], определяющих общую геометрию канала. Следует отметить, что наибольшие значения величины радиальной скорости наблюдаются в конфузурно-диффузорном канале с оребренной проточной частью, так как в этом случае оребрение выполняет роль радиально расположенных лопаток, снижающих эффект проскальзывания среды относительно стенок трубы, ранее подобное явление было описано в работе [8].

Результаты численных расчетов значений окружных скоростей жидкости в исследуемых каналах отвечают общей закономерности изменения окружных скоростей – от нулевых на оси до максимальных, равных окружным скоростям твердой стенки. При этом отмечается характерный минимальный «разгонный» участок в оребренном конфузурно-диффузорном канале, что также объясняется заметным снижением проскальзывания жидкости у стенок канала [9].

На рис. 9-11 представлены результаты численного решения задачи сопряженного теплообмена, позволяющие установить закономерности изменения температуры жидкости по длине исследуемых каналов. Анализ показывает, что за счет профилирования стенок конфузурно-диффузорных элементов растет интенсивность нагрева среды в проточной части канала, причем по отношению к каналу «конфузор-диффузор» с прямыми стенками в среднем в 1,25 раза, а за счет оребрения проточной части практически в 2 раза. Как показали последующие исследования, длина проточной части таких каналов может быть сокращена почти в два раза.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Золотонос А.Я., Золотонос Я.Д. Теплообмен в аппарате типа «труба в трубе» с вращающейся теплообменной поверхностью «конфузор-диффузор» и оребренной проточной частью // Известия КазГАСУ, 2010, № 1 (13). – С. 200-211.
2. Золотонос А.Я. Построение профиля стенок криволинейных теплообменных элементов в трубах «конфузор-диффузор» // Известия КазГАСУ, 2010, № 2 (14). – С. 168-175.
3. Золотонос Я.Д., Золотонос А.Я., Белавина Т.В., Хайруллин М.Р. Математические модели ламинарного течения вязкой жидкости во вращающихся каналах типа «конфузор-диффузор» // Сборник научных трудов КазГАСУ. – Казань, 2010. – С. 221-228.
4. Сегерлинд Д. Применение метода конечных элементов. Пер. с англ. – М.: Изд-во Мир, 1979. – 392 с.
5. Формалев В.Ф., Ревизников Д.Л. Численные методы. – М.: Изд-во ФИЗМАТЛИТ, 2004. – 400 с.
6. Багоутдинова А.Г., Золотонос Я.Д. Численное решение уравнений движения методом конечных элементов в условиях ламинарного течения вязкой жидкости в конвергентном канале // Известия вузов. Проблемы энергетики, 2007, № 3-4. – Казань: Изд-во КГЭУ. – С. 23-27.
7. Темам Р. Уравнения Навье-Стокса. Теория и численный анализ. – М.: Изд-во Мир, 1981. – 408 с.
8. Пантелеева Л.Р. Теплообмен при ламинарном течении вязкой жидкости в теплообменных устройствах типа «труба в трубе» с вращающейся поверхностью «конфузор-диффузор». Дис... канд. техн. наук. – Казань, 2005. – 116 с.
9. Гук Г.А. Процессы и аппараты молочной промышленности. – Промтехиздат, 1995. – 210 с.

## REFERENCES

1. Zolotonosov A.Ya., Zolotonosov Ya.D. Heat Interchange in the type device «pipe in pipe» with rotating heat-exchange surface «confusor-diffusor» and ribbed flowing part // *Izvestiya KazGASU*, 2010, № 1 (13). – P. 200-211.
2. Zolotonosov A.Ya. A construction of profile of walls of curvilinear heat exchange elements of «confusor-diffusor» type pipes // *Izvestiya KazGASU*, 2010, № 2 (14). – P. 168-175.
3. Zolotonosov A.Ya., Zolotonosov Ya.D., Belavina T.V., Khairullin M.R. Mathematical models of the laminar viscous fluid flow in the «pipe in pipe» type revolving channels // *Sbornik nauchnykh trudov KazGASU*. – Kazan, 2010. – P. 221-228.
4. Segerlind D. Application of the finite-element method. Eng. tran. – M.: Izd-vo Mir, 1979. – 392 p.
5. Formalev V.F., Reviznikov D.L. Numerical methods. – M.: Izd-vo FIZMATLIT, 2004. – 400 p.
6. Bagoutdinova AG, Zolotonosov JD The numerical solution of equations of motion of the finite element method in a laminar flow of viscous fluid in the convergent channel // *Proceedings of the universities. Energy problems*, 2007, № 3-4. – Kazan: Izd. KGEU, – P. 23-27.
7. Temam R. Navier-Stokes equations. Theory and numerical analysis. – M.: Publishers Мир, 1981. – 408 p.
8. Panteleyev L.R. Heat transfer in laminar flow of viscous fluid in the heat transfer devices such as the «tube in tube» with a rotating surface, «confuser-cone». Dis ...candidate. tech. Science. – Kazan, 2005. – 116 p.
9. Hooke G.A. Processes and devices dairy industry. Promtehzdat, 1995. – 210 p.



УДК 628.33

**Адельшин А.А.** – кандидат технических наук, доцент

**Адельшин А.Б.** – доктор технических наук, профессор

E-mail: [a566pm@rambler.ru](mailto:a566pm@rambler.ru)

**Казанский государственный архитектурно-строительный университет**

## **ГИДРОДИНАМИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ ПРОЦЕССОВ ОЧИСТКИ НЕФТЕПРОМЫСЛОВЫХ СТОЧНЫХ ВОД\***

### **АННОТАЦИЯ**

Приводятся результаты анализа теоретических и экспериментальных исследований о факторах и свойствах нефтепромысловых сточных вод (НСВ), обуславливающие интенсификацию процесса гидродинамической очистки НСВ.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** очистка, нефтепромысловые сточные воды, капля, устойчивость, оболочка, разрушение, процесс.

**Adelshin A.A.** – candidate of technical sciences, associate professor

**Adelshin A.B.** – doctor of technical sciences, professor

**Kazan State University of Architecture and Engineering**

## **HYDRODYNAMIC FACTORS OF OIL-FIELD WASTEWATER CLEANING PROCESSES**

### **ABSTRACT**

The results of theoretical and experiment investigation about factors an properties of oil-field sewage (OFS), which causes the intensification of the process of hydrodynamic cleaning of OFS.

**KEYWORDS:** cleaning, oil pollut wast, drop, stabilitg, cover, destruction, process.

Нефтедобывающая промышленность является крупным водопотребителем и объектом образования огромного количества нефтепромысловых сточных вод (НСВ). В настоящее время около 90 % нефти добывается на месторождениях, разрабатываемых с использованием методов заводнения нефтяных пластов. Утилизация очищенных НСВ в системах заводнения является экономически и экологически выгодным путем их ликвидации на нефтепромыслах России.

Очистка НСВ для заводнения пластов заключается в удалении из них механических примесей и нефти до требуемых норм.

Основным показателем качества НСВ является их устойчивость, обусловленная свойствами НСВ и содержащихся в них естественных эмульгаторов твердыми механическими примесями, которые образуют на каплях нефти адсорбционные пленки – бронирующие оболочки. При этом сущность и эффективность процесса очистки НСВ заключается в достаточно полном и быстром снижении агрегативной и кинетической устойчивости НСВ путем главным образом предварительного разрушения агрегатов загрязнений, бронирующих оболочек капель нефти и их коалесценции перед подачей НСВ в последующие сооружения, аппараты очистки.

Процессы разрушения, коалесценции осуществляются в аппаратах-гидродинамических каплеобразователях и в общем случае зависят от количественных, качественных параметров, свойств НСВ, содержащихся в них загрязнений, гидродинамических, гидравлических характеристик течения НСВ, конструкциях и геометрии каплеобразователей.

В механизме разрушения нефтяных эмульсий (НСВ) в общем случае различают следующие стадии: 1 – деформация и разрушение бронирующих оболочек на каплях нефти; 2 – сближение, столкновение капель; 3 – слияние капель (коалесценция); 4 – концентрация, осаждение капель; 5 – выделения дисперсной фазы в виде сплошной фазы (расслоение, разделение эмульсии на нефти и воду) [1, 2, 3, 4].

---

\* Работа выполнена в рамках реализации федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 годы. Государственный контракт № П1362 от 11.06.2010 г.

В практике очистки НСВ для эффективной реализации первых трех стадий интенсифицируют движения частиц дисперсной фазы в дисперсной среде различными способами: перемешиванием, центрифугированием, гидродинамическим воздействием в различных каплеобразователях, фильтрацией НСВ через твердые и жидкие контактные массы, электрической, магнитной, ультразвуковой обработкой и т.д. Четвертая и пятая стадии в основном осуществляются в аппаратах отстойного типа.

Исследованиями установлено, что предварительная гидродинамическая обработка НСВ в гидроциклонах, гидроциклонах-каплеобразователях, струйных каплеобразователях, гидродинамических крупнозернистых коалесцирующих фильтрах способствует наиболее полному и быстрому разрушению бронирующих оболочек на каплях дисперсной фазы (нефти, воды), уменьшению полидисперсности, образованию качественно иной «свежей» внутренней инверсирующей фазы, разрушению и коалесценции капель. Все это способствует интенсификации процесса очистки НСВ, в т.ч. последующего отстаивания: увеличивается глубина очистки НСВ по нефти и сокращается продолжительность отстаивания в 1,5-2,0 и более раза [5-9]. При этом технологические процессы очистки НСВ в значительной степени обусловлены их свойствами. На рис. 1 приведены основные сведения о свойствах и систематизированы факторы, обуславливающие процессы гидродинамической очистки НСВ.

При этом рассмотренные выше количественные и качественные параметры, свойства НСВ наиболее эффективно реализуется только при соответствующих режимах течения (движения) потока НСВ в полости аппаратов, сооружений разрушения, очистки НСВ.

Известно, что наиболее эффективна та технологическая схема очистки НСВ, в которой достаточно полно и быстро реализуются наибольшее количество интенсифицирующих факторов. При этом технологические приемы, направленные на интенсификацию процесса разрушения, очистки, делятся на следующие группы [2, 7, 8]: разрушение бронирующих оболочек на каплях нефти; сближение капель друг с другом и другими коалесцирующими объектами; коалесценция капель и переход их в состав жидкостных пленок; флокуляция капель и их контакт и переход в состав жидкостных пленок; флокуляция капель и их контакт с коалесцирующими поверхностями; расслоение эмульсии (НСВ) на нефть и воду.

В работах [7, 8] на основе анализа собранного, систематизированного фактического материала дана сравнительная оценка различных методов очистки НСВ по количеству сил (факторов), интенсифицирующих процесс очистки НСВ: отстаивания – 3 фактора; фильтрация – 4 фактора; флотация – 6 факторов; тонкослойное отстаивание – 5 факторов; отстаивание с жидкостной фильтрацией – 8 факторов; отстаивание с предварительной коалесценцией в гидродинамических каплеобразователях – 8 факторов; отстаивание с предварительной коалесценцией – 7 факторов; по схеме гидроциклон-отстойник – 13 факторов. Все факторы должны действовать в определенной последовательности, в течение определенного времени и определенной величиной.

В технологии очистки воды успешно применяются различные устройства, аппараты (гидроциклоны, турбоциклоны, центрифуги, сепараторы, направляющие лопатки стационарные и с адаптивными блоками и др.), работа которых основана на интенсивной закрутке потока жидкости в полости этих устройств и в трубопроводах обвязки их.

Гидроциклоны относятся к частному виду из многочисленных устройств для получения закрученного потока на сливах-цилиндрических камерах, соединительных трубопроводах обвязки этих аппаратов.

При этом закрученное течение в трубопроводах сливов является результатом тангенциальной подачи жидкости в гидроциклон с формированием в трубопроводах обвязки окружной (тангенциальной, азимутальной) компоненты скорости и поля центробежных массовых сил.

В общем случае закрученные потоки (струи) имеют следующие особенности: имеют большой угол расширения и меньшую дальнебойность; обладают повышенной эжекционной способностью; у корня струи возникает приосевой обратный ток; способствуют удлинению времени пребывания жидкости в объеме аппарата [10].

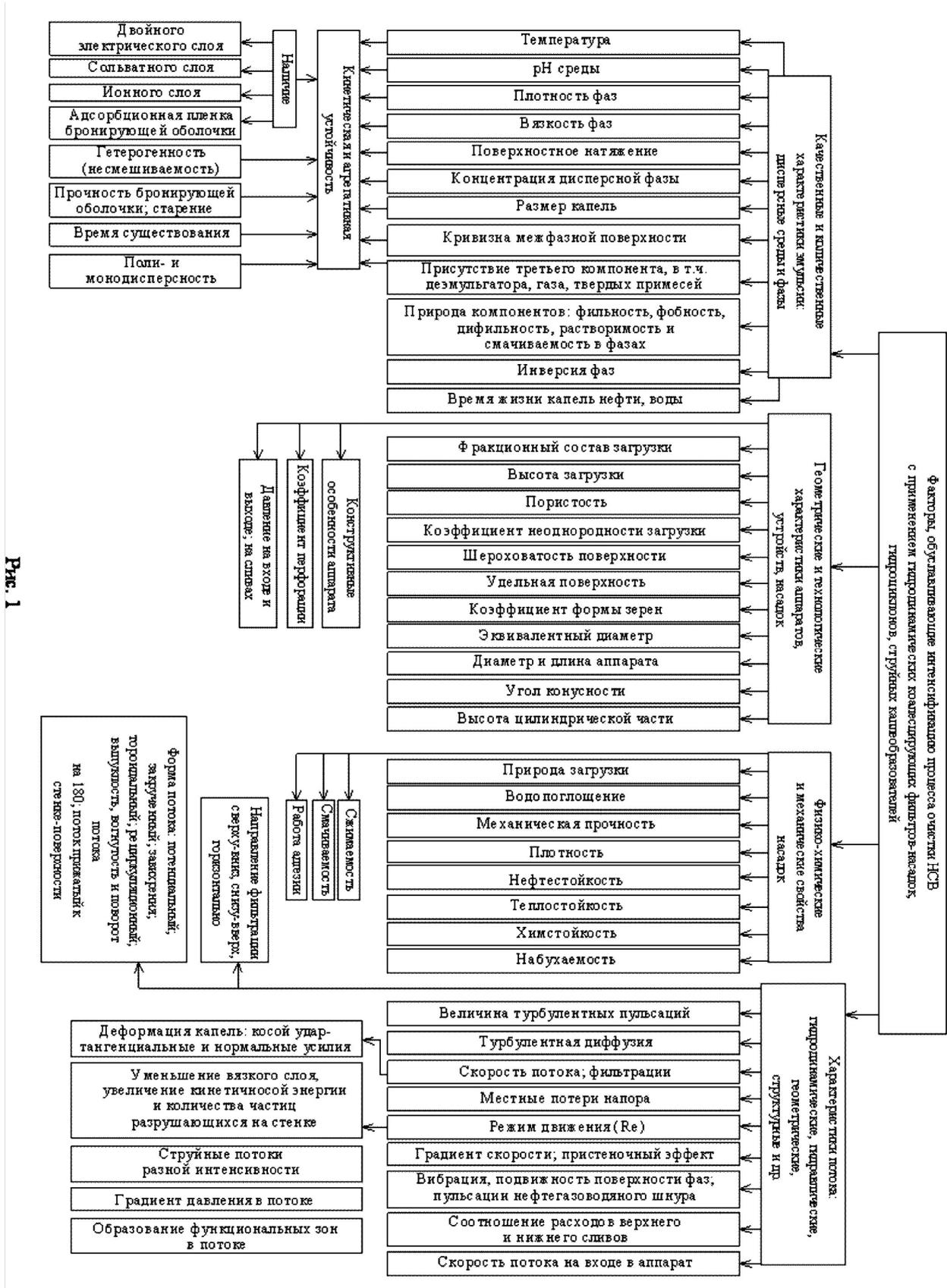


Рис. 1

Известно, что интенсивность закрутки оказывает сильное влияние на инертные и реагирующие течения, на поле течения, расширения струи, процесса перемешивания, затухания скорости в струе, на размеры, форму и структуру вращающегося потока в трубопроводах сливов-обвязки. Интенсивность закрутки характеризуется параметром закрутки  $q$  – безразмерное отношение потока момента количества движения ( $M$ ) в осевом направлении к произведению потока количества движения ( $K$ ) в осевом направлении на радиус трубопровода ( $r_0$ ) [11, 12], а в случае с гидроциклоном, трубопровода слива-обвязки.

Закрученное движение может сохраниться на относительно больших расстояниях в трубопроводах сливов гидроциклона со значительно превышающими потерями напора по сравнению с потенциальным осевым течением [11, 12].

Закрученный поток в трубопроводах сливов обладает весьма большим запасом остаточной энергии. Так, для эффективного разрушения нефтяных эмульсий (очистки НСВ) требуемое давление питания составляет 0,4 МПа, при противодавлениях на сливах – 0,2 МПа [5, 8]. При этом количество подаваемой НСВ в гидроциклон, давление питания можно регулировать и тем самым степень закрутки в трубопроводах слива можно изменить от нулевой до достаточно высокой, приводящей к формированию сильно закрученных струй с обратными токами. Однако эффективный режим разделения в гидроциклоне происходит при определенном количестве подаваемой НСВ, давлении питания, перепаде давления, противодавления на сливах для принятой геометрии аппарата. При этом определенный, достаточно высокий уровень закрутки в трубопроводах сливов, очевидно, следует создавать при относительно низком перепаде давления (потерь напора) в гидроциклоне. Это дает возможность снизить энергоемкость гидроциклона, при необходимости перебросить максимум энергии для создания необходимого уровня интенсивности закрутки в трубопроводах сливов аппарата, а следовательно, достичь высокого уровня разрушения НСВ. Тем более 1,5-2-кратное увеличение давления питания выше оптимального (0,4 МПа) с целью повышения эффективности разделения не дает увеличение эффекта разрушения в среднем более чем на 10 % [5, 8]. Энергоемкость гидроциклона растет неадекватно эффекту разделения.

При выборе геометрии и технологических параметров гидроциклона для разрушения НСВ необходимо иметь в виду его эффективность и как закручивающего устройства, так как только часть давления питания в гидроциклоне, получающегося в аппарате закрученного потока, переходит в кинетическую энергию, а весьма большая часть этого давления теряется как потеря напора в аппарате. Разная геометрия гидроциклона даже при одинаковой интенсивности закрутки может создавать неэквивалентные поля течения в трубопроводе слива обвязки гидроциклона, а следовательно, эффективность закрутки с точки зрения полноты процесса разрушения НСВ в трубопроводах сливов гидроциклона будет различной.

На рис. 2 дана классификация сил, действующих на частицу нефти в полости гидроциклона по предполагаемому результату, вклад их в процесс разрушения эмульсии (НСВ). Интерес представляют силы, способствующие разрушению частиц ( $F_{\text{разр}}$ ) и противодействующие разрушению ( $F_{\text{сопрот}}$ ). Соотношение этих сил характеризуется коэффициентом разрушения ( $y$ ) [12]. При  $y > 1$  происходит разрушение частиц, при  $y < 1$  происходит перенос частиц в полости гидроциклона.

Сила, противодействующая разрушению частиц (нефти или воды), обусловлена структурно-механической прочностью поверхностных адсорбционных слоев дисперсной фазы, т.е. бронирующих оболочек на частицах.

Структура этих слоев сложна и многообразна по компонентному составу; слои обладают аномальной вязкостью, возрастающей во времени в сотни и тысячи раз и после 24 ч. формирования слои могут приобретать вязкость, соответствующую вязкости каменноугольного пека, т.е. по свойствам приближаются к прочным твердым телам [2, 13].

Расчеты показали, что прочность межфазных адсорбционных пленок на границе «нефть-вода» по удельному давлению  $P_{\text{кр}}$  (критическое или минимальное давление) деванских нефтей достигает 500-700 дин/см<sup>2</sup>, а для угленостных-800 дин/см<sup>2</sup>; для девонских нефтей при  $t=200$  и при времени формирования  $T=1-24$  ч  $P_{\text{кр}}$  находится в пределах 600-1100 дин/см<sup>2</sup>. При этом, как показали расчеты, необходимое и достаточное для разрыва пленки значение силы составляет 4,7-34,6 дин [5].

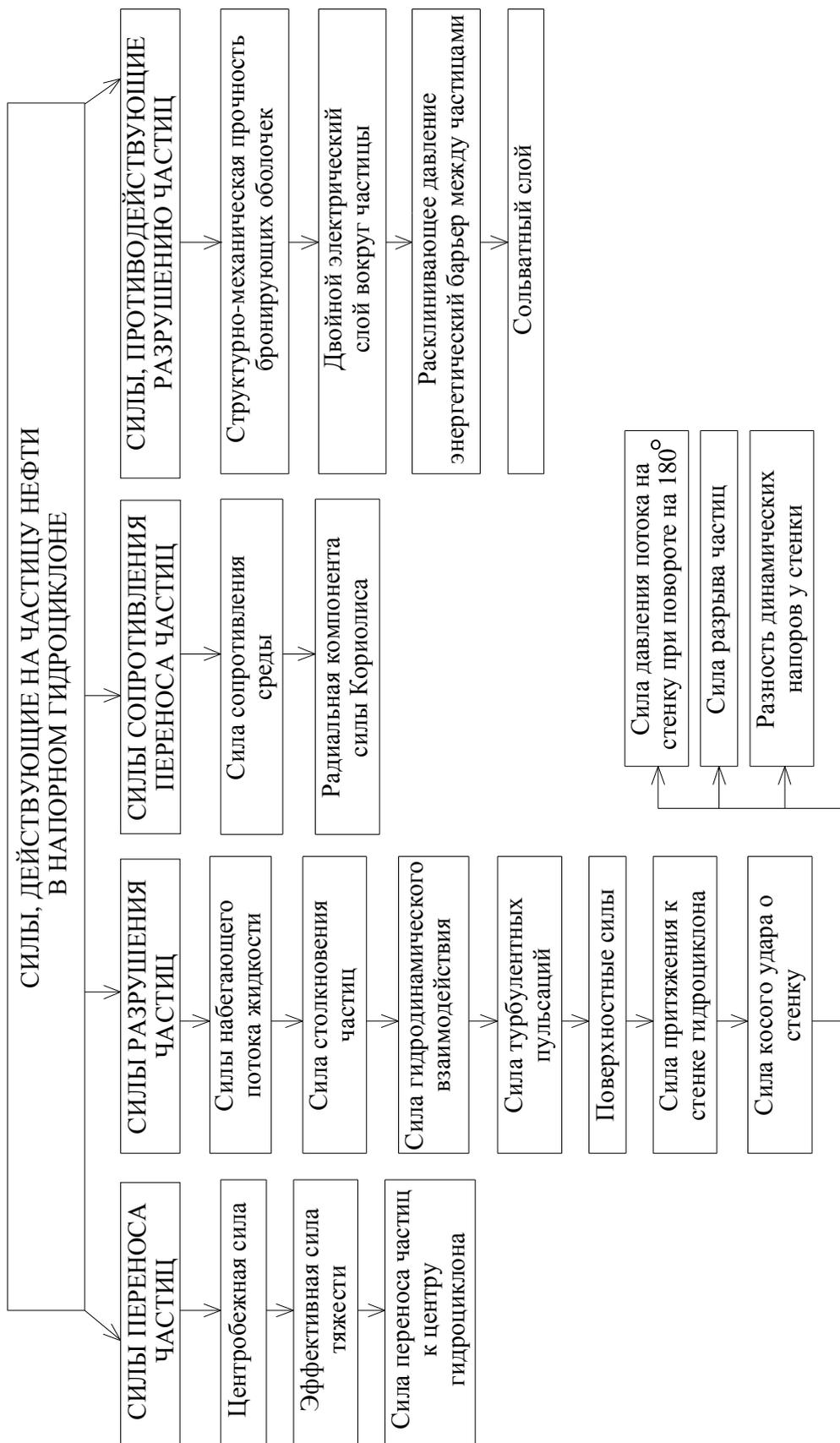


Рис. 2

В тех зонах в полости гидроциклона, где суммарная разрушающая сила превысит это значение, очевидно, будет происходить разрушение бронирующих оболочек на частицах нефти. В других же зонах аппарата будет происходить деформация бронирующих оболочек и коалесценция частиц нефти разрушенной броней. Силы, разрушающие частицы нефти в полости гидроциклона, можно определить как действующие во всей полости его и действующие у стенки аппарата.

В общем случае все основные факторы, обуславливающие процесс очистки НСВ (в т.ч. с применением гидродинамических эффектов закрученных потоков), можно условно разделить на две группы (рис. 3): I – технологические управляющие параметры и II – конструктивные управляющие параметры. Приведенное разделение позволяет упростить анализ вопроса оптимизации технологии гидродинамической очистки НСВ.

Основными факторами, обуславливающими эффективность процессов разрушения, очистки НСВ, являются гидродинамические силы воздействия на НСВ, которые превышают на 2-3 и более порядка действия других факторов [8]. При этом коалесценция в процессе интенсификации разрушения, очистки НСВ совершенно необходима; чем выше глубина коалесценции, тем выше эффект и скорость разрушения, очистки НСВ.

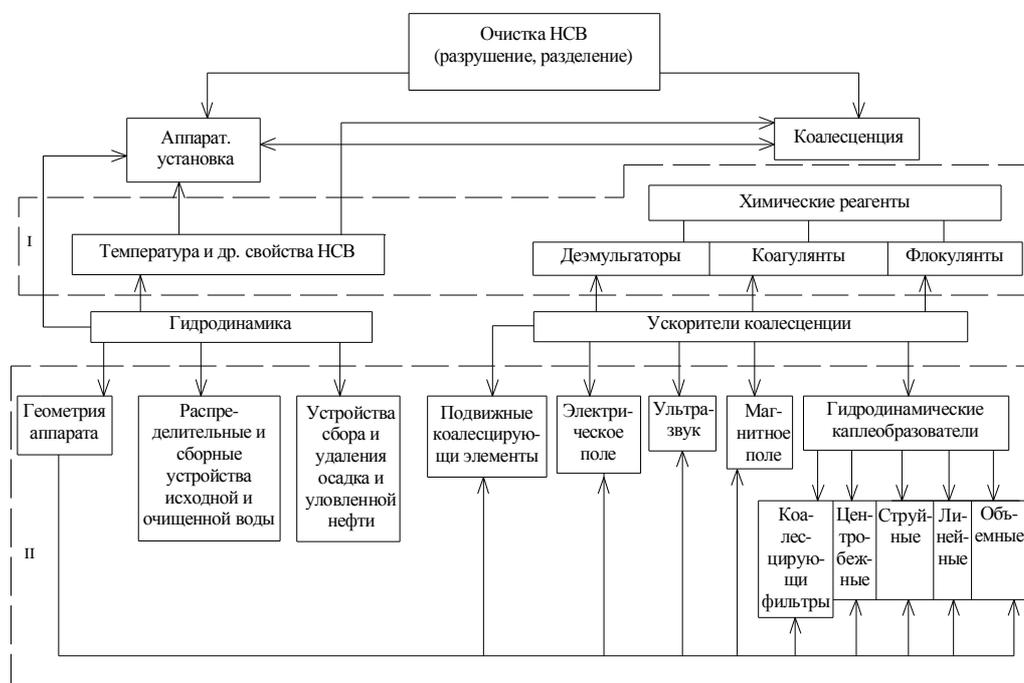


Рис. 3. Основные управляющие факторы, определяющие процессы коалесценции капель нефти и очистки НСВ в аппаратах (установках) с использованием гидродинамических эффектов

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тронов В.П., Тронов А.В. Очистка вод различных типов для использования в системе. – Казань: ФЭН, 2001. – 560 с.
2. Тронов В.П. Промысловая подготовка нефти. – М.: Недра, 1974. – 272 с.
3. Лутошкин Г.С. Сбор и подготовка нефти, газа и воды. – М.: Недра, 1979. – 319 с.
4. Монгайт И.Л., Родзиллер И.Д. Методы очистки сточных вод. – М.: Государственное научно-техническое изд., 1958. – 251 с.
5. Адельшин А.Б. Энергия потока в процессах интенсификации очистки нефтесодержащих сточных вод. Часть 1. Гидроциклоны. – Казань, 1996. – 200 с.

6. Адельшин А.Б., Урмитова Н.С. Использование гидродинамических насадок с крупнозернистой загрузкой для интенсификации очистки нефтесодержащих сточных вод. – Казань: КГАСА, 1997. – 249 с.
7. Адельшин А.Б., Потехин Н.И. Интенсификация очистки нефтесодержащих сточных вод на основе применения струйно-отстойных аппаратов. – Казань: КГАСА, 1997. – 208 с.
8. Адельшин А.Б. Интенсификация процессов гидродинамической очистки нефтесодержащих сточных вод: Автореф... докт. техн. наук. – СПб., 1998. – 73 с.
9. Адельшин А.Б., Бусарев А.В., Потехин Н.И., Селюгин А.С., Адельшин А.А. К проблеме интенсификации процессов гидродинамической очистки нефтесодержащих сточных вод. // Известия КазГАСУ, 2003, № 2 (1). – С. 91-96.
10. Гольдштик М.А. Вихревые потоки. – Новосибирск: Сиб. отделение АН СССР. Наука, 1981. – 368 с.
11. Гунта А., Лилли Ф., Сайдер Н. Закрученные потоки. – М.: Мир, 1987. – 588 с.
12. Жизняков В.В. Исследования гидродинамически закрученного потока в трубопроводах технологических аппаратов систем очистки воды. Дисс... канд. техн. наук. – Горький, 1980. – 195 с.
13. Позднышев Г.Н. Стабилизация и разрушение нефтяных эмульсий. – М.: Недра, 1982. – 221 с.

### REFERENCES

1. Tronov V.P., Tronov A.V. Purification of different types for use in system of maintenance of sheeted pressure. – Kazan: FEN, 2001. – 560 p.
2. Tronov V.P. Trade preparation of oil abroad. – M.: Nedra, 1983. – 224 p.
3. Lutoshkin G.S. Collecting and processing of oil, gas and water. – M.: Nedra, 1979. – 319 p.
4. Mongait I.L. Methods of wastewater cleaning. – M.: State science and technology publ., 1958. – 251 p.
5. Adelshin A.B. Energy of stream in processes of intensification of clearing of petrocontaining sewage. The monography. Part 1. Hydrocyclones. – Kazan: KSABA, 1996. – 200 p.
6. Adelshin A.B. Use of a coarse-grained hydrodynamic nozzle boot for the intensification of oily waste-water cleaning. – Kazan: KSABA, 1997. – 249 p.
7. Adelshin A.B. Intensification of oily wastewater cleaning based on the use of yet-settlers. – Kazan: KSABA, 1997. – 208 p.
8. Adelshin A.B. Intensification of processes of hydrodynamic clearing petrocontaining sewage//Dissertation of a Dr. sei. tech. – St.-Petersburg, 1998. – 73 p.
9. Adelshin A.B. To the problem of intensification of the hydrodynamic cleaning of oily wastewater. // Izvestija KGASU, 2003 № 2 (1). – P. 91-96.
10. Goldshtik M.A. Whirling flows. – Novosibirsk: Siberian branch of AS USSR. Science, 1981. – 368 p.
11. Gunta A. Swirling flows. – M.: Mir, 1987. – 588 p.
12. Jiznyakov V.V. Research of hydrodynamic swirling flow in a pipelines of technological devices water cleaning systems. / Cand. of tech. sc. Diss. – Gorky, 1980. – 195 p.
13. Pozdnyshv G.N. Stabilization and disruption of oil emulsion. – M.: Nedra, 1982. – 221 p.

УДК 628.1+725.74

**Адельшин А.Б.** – доктор технических наук, профессор**Леонтьева С.В.** – старший преподавательE-mail: [sv-leonteva@yandex.ru](mailto:sv-leonteva@yandex.ru)**Казанский государственный архитектурно-строительный университет**

## **ОСНОВНЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ВЫБОР СХЕМЫ ВОДОПОДГОТОВКИ ПЛАВАТЕЛЬНЫХ БАССЕЙНОВ**

### **АННОТАЦИЯ**

Выбор технологии процесса очистки и состава водоочистных установок диктуется санитарно-гигиеническими требованиями, предъявляемыми к воде плавательного бассейна, размерами насосно-фильтровальной станции, объёмом ванны бассейна, качеством исходной воды, технико-экономическими показателями и другими параметрами. Поэтому существует множество вариантов технологических схем, с различными фильтрами и методами обеззараживания. Проанализированы способы определения оптимального циркуляционного расхода с учётом различных факторов. Проведен анализ основных технологических параметров, влияющих на выбор схемы и основного оборудования водоподготовки плавательных бассейнов различных объёмов и назначения.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** плавательные бассейны, очистка технологической воды, фильтры, циркуляционный расход.

**Adelshin A.B.** – doctor of technical sciences, professor**Leonteva S.V.** – senior lecturer**Kazan State University of Architecture and Engineering**

## **THE MAIN TECHNOLOGICAL PARAMETERS INFLUENCED ON SELECTION OF WATER-CONDITIONING SCHEME OF SWIMMING-POOLS**

### **ABSTRACT**

The choice of cleaning process technology and water treatment plants is dictated by the sanitary requirements for water of swimming pools, the size of pumping-filter, the volume of the bath basin, quality of initial water, technical and economic indices and other parameters. Therefore, there are many options of technological schemes, with different filters and methods of decontamination. Analyzed how to determine the optimal circulation flow rate, taking into account various factors. The main technological parameters influencing the selection scheme and the main equipment of water treatment of swimming pools, various volumes and destinations were analyzed.

**KEYWORDS:** swimming-baths, technology of water conditioning, filters, circulating rate.

Вода плавательного бассейна должна быть эпидемически безопасной, что достигается эффективным фильтрованием, обеспечивающим высокую степень очистки воды и дающим бактерицидный эффект, а также использованием современных схем водоподготовки с новыми надежными методами обеззараживания.

Выбор технологии процесса очистки и состава водоочистных установок диктуется санитарно-гигиеническими требованиями, предъявляемыми к воде плавательного бассейна, технико-экономическими показателями, площадью насосно-фильтровальной станции, качеством исходной воды, объёмом ванны бассейна и другими параметрами. Поэтому существует множество вариантов технологических схем.

Одним из основных факторов повышения эффективности капитальных вложений является экономически обоснованный выбор проектных решений, с применением современных технологий.

Искусственные плавательные бассейны по назначению можно классифицировать на следующие типы: учебные, учебно-спортивные, демонстрационно-спортивные, оздоровительные (купальные для взрослых и детей), лечебно-оздоровительные и комплексного

назначения. От назначения бассейна зависит график движения посетителей и технологический режим работы бассейна, основными показателями которого являются перечни видов занятий, соревнований, процедур и т.п. Основными элементами бассейнов являются: ванна, станция водоподготовки, вспомогательные технологические и технические помещения. Только строгое соблюдение технологических и санитарно-гигиенических требований к бассейну и его основным элементам позволит обеспечить высокое качество эксплуатации объекта.

При проектировании систем водоснабжения и водоотведения плавательных бассейнов необходимо учитывать:

1) Качество исходной воды, поступающей в бассейн: вода питьевого качества, подземный или поверхностный источник; даже в городском водопроводе вода может несколько отличаться, т.к. качество воды в городском водопроводе зависит от источника, качества очистки и изношенности сетей;

2) Контингент купающихся: предполагается ли купание детей (требование к температурному режиму; повышенные требования к очистке по некоторым микроэлементам, например, железу, вызывающему сухость кожи, раздражение и аллергические реакции, особенно у детей младшего возраста; период водообмена, связанный с возможным загрязнением воды соединениями аммиака);

3) Если в спортивном бассейне купающиеся проходят обязательный медицинский контроль, то проводить обследование или сбор медицинских справок у посетителей аквапарка, бани или гостиницы не представляется возможным, а не прошедшая необходимую очистку вода может стать источником многих заболеваний: туберкулез кожи, эпидермофития, гепатит А, дизентерия, грибковые заболевания кожи и др. [1]. Выход один – надежная технология очистки и обеззараживания;

4) На следующую проблему очень часто не обращают внимания, принимая решение о строительстве бассейна – зависимость от инженерной инфраструктуры. Даже оборотная система водоснабжения не бывает бессточной, при эксплуатации бассейна возникает значительный расход сточных вод (гигиенический – от работы душевых; хозяйственный – от мытья дорожек и чаши бассейна, технологический – от промывки фильтров и другого оборудования). Очень часто построенные ранее канализационные сети не рассчитывались на подобную дополнительную нагрузку. В случае строительства бассейна в не канализованных населенных пунктах ситуация существенно усложняется. Снова единственным выходом может быть только правильно выбранная технология;

5) Применение энерго- и ресурсоэкономных проектов в случае плавательных бассейнов – это применение оборотной системы водоснабжения и отказ от устаревших типовых проектов 30-40-летней давности, в которых сброс воды с поверхности бассейна осуществляется в ливневую канализацию, в настоящее время это непозволительная роскошь из-за высокой стоимости воды;

6) Внедрение рациональных архитектурно-строительных решений, для плавательных бассейнов – это соблюдение санитарно-гигиенических требований, обеспечения поточности движения посетителей, что скажется на качестве воды, уменьшит нагрузку на фильтровальные установки, что в свою очередь отразится в снижении расхода промывной воды и количестве дезинфектанта.

Требуемое качество воды в плавательном бассейне обеспечивается эффективной работой системы технологического водоснабжения. В зависимости от типа системы и режима её работы плавательные бассейны бывают наливными – с периодической сменой воды, с проточной системой водоснабжения и с системой оборотного или рециркуляционного водоснабжения. Выбор типа системы зависит от назначения бассейна, его объема и ряда других факторов [2].

Наливная система применяется для бассейнов с ванной небольшого объема (до 20-50 м<sup>3</sup>) и имеет ряд существенных недостатков:

- количество загрязнений в процессе эксплуатации непрерывно возрастает;
- частые смены воды (продолжительность эксплуатации ванны с момента окончания её наполнения до начала опорожнения должна быть не более 6 часов) приводят к значительным затратам воды, тепла для её подогрева и дезинфектанта;
- температура воды в ванне непрерывно снижается;
- появляется возможность возникновения хлоростойчивой патогенной микрофлоры [2].

Проточная система технологического водоснабжения рекомендуется для бассейнов объемом до 200 м<sup>3</sup>. В данных бассейнах подача очищенной, обеззараженной и подогретой воды в ванну производится постоянно в течение всего периода эксплуатации. Серьезным

недостатком проточной системы является большой расход воды (три-пять объемов ванны в сутки) и теплоты для её подогрева.

В настоящее время наиболее широкое распространение получила система оборотного водоснабжения бассейнов, благодаря непрерывной очистке и дезинфекции, что обеспечивает высокое качество воды в бассейне и экономное расходование исходной воды.

Одним из основных параметров водного режима ванны бассейна является циркуляционный расход, влияющий на качество воды и функционирование оборотной системы водообмена в целом. На определение оптимального циркуляционного расхода воды влияют многие факторы, для чего в [2] рассматривается ряд формул по определению этого расхода.

Основным фактором, определяющим количество воды, необходимой для подачи в ванну при оборотной схеме водообмена, считается период полного обновления воды в ванне бассейна. Так, если задаться периодом полного водообмена  $T$  (ч), то, зная объем воды в ванне  $V_b$  (м<sup>3</sup>) можно определить циркуляционный расход  $Q_{ц}$  по формуле [2]:

$$Q_{ц} = V_b / T, \text{ м}^3/\text{ч}. \quad (1)$$

Существующие сведения о периоде полного водообмена, по мнению авторов [2], очень разноречивы. В пункте 3.5 [1] нормируется период водообмена в малых бассейнах с площадью зеркала воды не более 100 м<sup>2</sup> (при школьных, дошкольных и оздоровительных учреждениях, банных комплексах, саунах и др.) с непрерывным протоком водопроводной воды в ваннах для детей – не более 8 часов, а в остальных – не более 12 часов. Таблица 1 [1] указывает время полного водообмена в спортивных бассейнах – не более 8 часов, оздоровительных – 6 часов, детских учебных для детей до 7 лет – 0,5 часа, для детей старше 7 лет – 2 часа. В то же время пункт 3.5 [1] допускает «при невозможности обеспечения непрерывного протока водопроводной воды, ежедневную полную смену воды в ваннах бассейнов школьных и дошкольных учреждений, а также малых бассейнов в саунах и банных комплексах». Различие существенно, один документ одновременно рекомендует для определения периода водообмена в бассейнах детских садов от 0,5 до 24 часов, а в школьных от 2 до 24 часов. Ежедневная смена воды в бассейнах бань и саун, где посетители не предъявляют медицинских справок, может привести к инфицированию купающихся. В данном случае, необходимо опорожнение бассейна после каждого сеанса купания. В пункте 4.12 [3] рекомендуется принимать водообмен в ваннах бассейнов с рециркуляцией для детей 7-14 лет не свыше 8 часов, а в остальных – не свыше 12 часов. Систему водообмена непрерывным потоком [3] рекомендуется применять в ваннах объемом не более 70 м<sup>3</sup>. В пункте 3.3 [4] указывается, что «время полного водообмена бассейнов оборотного и проточного типов не должно превышать 4 часов», не указывая возраст купающихся. А технические условия МЖКХ РСФСР [2] предлагают принимать 6 ч для оздоровительных бассейнов и от 1 до 3 ч для детских (в зависимости от возраста детей). Данные ТУ, предъявляющие более жесткие требования, позволяют получить воду лучшего качества, а также учитывают возраст купающихся, и представляется обоснованным использование требований техусловий, тем более, что это касается качества воды и охраны здоровья населения.

Оптимальным циркуляционным расходом воды в [2] рекомендуется принимать наибольшее значение  $Q_{ц}$  из определенных по формулам (2)-(5). Исходя из полученного наибольшего расхода воды, производят расчет и подбор оборудования водоподготовки (циркуляционные насосы, фильтры, установки обеззараживания) и трубопроводы распределительной сети.

Исследованиями было установлено, что оптимальный циркуляционный расход воды  $Q_{ц}$ , м<sup>3</sup>/ч должен определяться тремя условиями: режимом эксплуатации, эффектом гидравлического смешения и водным режимом с учетом качества обработки воды [2].

Из условия режима эксплуатации была получена следующая формула [2]:

$$Q_{ц}^I = \frac{F \cdot N \cdot \tau}{f \cdot V_b \cdot \Delta t \cdot m} \ln \frac{K_u - K_o}{K_u - K_o} \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (2)$$

где  $F$  – площадь поверхности воды в ванне, м<sup>2</sup>;  $N$  – число купающихся в сутки, чел.;  $\tau$  – время работы бассейна в сутки, ч;  $f$  – площадь водной поверхности, приходящаяся на 1 чел, м<sup>2</sup>;  $V_b$  – объем ванны бассейна, м<sup>3</sup>;  $\Delta t$  – время, в течение которого качество воды в ванне улучшается до требований стандарта (2-3 ч);  $m$  – показатель неравномерности пребывания посетителей в ванне бассейна, ( $m = N_{\max}/N_{\text{ср}}$ );  $N_{\max}$  – максимальное число одновременно

купающихся, чел;  $N_{cp}$  – среднее число одновременно купающихся, чел;  $K_{ц}$ ,  $K_0$ ,  $K_6$  – показатели, характеризующие качество воды (табл. 5.1 [1]).

В формуле приводятся показатели качества воды в ванне до циркуляции  $K_0$ , по истечении времени  $\Delta t$  –  $K_6$  и впускаемой в ванну после обработки, оценку качества воды [1] рекомендуется производить по концентрации обеззараживающего реагента (остаточного хлора), взвешенных веществ или цветности. Однако в практике проектирования воспользоваться приведенными в [1] показателями качества воды не представляется возможным. При оборотной системе водообмена качество воды в ванне бассейна постоянно должно соответствовать нормативам, т.е. формула (2) справедлива только для периода наполнения ванны после опорожнения.

Расчеты показали, что применение формулы (2) дает наименьшее значение для бассейнов с объемом ванны  $V_b = 3000 \div 345 \text{ м}^3$  и наибольшее значение для оздоровительных бассейнов с  $V_b = 95,4 \div 66 \text{ м}^3$ , когда  $Q_{ц}$  приблизительно равно значениям, полученным при  $T=3$  ч, что для оздоровительных бассейнов является завышенным значением. Также наибольшее значение по формуле (2) получено для детских бассейнов, для ванн с  $V_b = 50 \text{ м}^3$   $Q_{ц}$  приблизительно равно значению, полученному при  $T=2$  ч, что соответствует рекомендациям технических условий [2] для детей в возрасте 7-10 лет; для ванн с  $V_b = 14,7 \text{ м}^3$  полученное  $Q_{ц}$  превышает объем ванны, т.е. также является завышенным значением. Таким образом, применение формулы (2) приведет к ошибочному решению при проектировании установок и либо не позволит получить воду высокого качества, либо значительно превысит капитальные и эксплуатационные затраты на оборудование.

Из условия гидравлического режима, обеспечивающего полное смешение поступающей воды с водой ванны бассейна, формула для определения циркуляционного расхода имеет вид [2]:

$$Q_{ц}^{II} = 209 V_b \cdot d_0 \cdot K / (b^2 + 6,9 \cdot d_0 \cdot b), \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (3)$$

где  $d_0$  – диаметр впускных циркуляционных отверстий, м;  $K$  – коэффициент скорости [1];  $b$  – величина, равная для малых ванн ширине ванны  $B$ , для больших ванн ( $B > 15 \text{ м}$ ) –  $b = (0,5-0,75)B$ , м.

Расчеты показали, что применение формулы (3) дает наибольшее значение  $Q_{ц}$  для бассейнов оздоровительного назначения при банях и саунах с объемом ванн  $V_b = 23,76 \div 6,75 \text{ м}^3$ . Полученное  $Q_{ц}$  превышает объем ванны от 0,35 до 3,34 раза, т.е. является значительно завышенным (период полного водообмена для подобных бассейнов составляет от 6 до 12 часов [1-3]).

Из условия водного режима с учетом качества воды были получены формулы определения циркуляционного расхода для спортивных и демонстрационных бассейнов [2]:

$$Q_{ц}^{III} = V_b \cdot C_0^{0,23} \cdot v_{ф}^{0,17} \cdot P^{0,12} / 18,43; \quad (4)$$

для оздоровительных бассейнов

$$Q_{ц}^{IV} = V_b \cdot C_0^{0,1} \cdot v_{ф}^{0,16} \cdot P^{0,17} / 13,6, \quad (5)$$

где  $C_0$  – цветность воды из источника водоснабжения, град;  $v_{ф}$  – средняя расчетная скорость фильтрования, равная для сверхскоростных фильтров 25-30 м/ч, для скорых 6-12 м/ч;  $P$  – загруженность ванны в сутки принимается равной 0,1-2 чел/м<sup>3</sup>.

Использование в практических расчетах формул (4) и (5) позволило получить наибольшее значение  $Q_{ц}$  для бассейнов различного назначения с ванной  $V_b = 3000 \div 300 \text{ м}^3$ . Полученные значения  $Q_{ц}$  практически равны вычисленным по формуле (1) с периодом водообмена, равным 6 ч. В этих формулах учитывается качество добавляемой в ванну воды, режим фильтрования, который зависит от выбранного типа оборудования. Поэтому формулы (4) и (5) позволяют получить оптимальное значение циркуляционного расхода.

Для ориентировочных расчетов циркуляционный расход  $Q_{ц}$  для ванны бассейна имеет еще несколько формул [2]:

$$Q_{ц}^{V} = q_{ц} \cdot n_n, \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (6)$$

$$Q_{ц}^{VI} = 6,5 \cdot F \cdot n_n / f \cdot V_b, \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (7)$$

где  $q_{ц}$  – удельный расход циркуляционной воды, принимается равным 1,1-1,5 м<sup>3</sup>/чел; для малых бассейнов и для больших 0,6-1,1 м<sup>3</sup>/чел [1];  $F$  – площадь зеркала воды в ванне, м<sup>2</sup>;  $n_n$  – число посетителей ванны в 1 час, чел;  $f$  – норма площади воды, м<sup>2</sup>/чел [1, 2];  $V_b$  – объем воды в ванне, м<sup>3</sup>;

Однако практическое применение этих формул, как показали расчеты, может привести к ошибочному решению при проектировании, т.к. значения  $Q_{ц}$ , близкие к оптимальным, по формулам (6)-(7) получаются только для малых ванн при банях и саунах. Для ванн с большим объемом  $V_{в} = 3000 \div 300 \text{ м}^3$   $Q_{ц}$  получается в 2-10 раз меньше оптимального.

Результаты расчета циркуляционных расходов для бассейнов различного назначения приведены в таблице.

Таблица

Результаты расчета циркуляционных расходов для бассейнов различного назначения

Объем бассейна, $\text{м}^3$	Расчетный циркуляционный расход воды, $\text{м}^3/\text{ч}$								
	$Q_{ц}^I$	$Q_{ц}^{II}$	$Q_{ц}^{III}$	$Q_{ц}^{IV}$	$Q_{ц}^{V}$	$Q_{ц}^{VI}$	$Q_{ц} = V_{в}/T$ при		
							T=12	T=8	T=6
Демонстрационно-спортивный бассейн									
3000	14,4	197,88	531,76	-	20,8	105,6	250	375	500
Учебно-оздоровительные бассейны									
875	40,25	36,87	155,1	144,95	25,13	68,3	72,92	109,37	145,83
670	5,92	35,36	119,5	111,49	26,27	57,2	55,83	83,75	111,66
Оздоровительные бассейны									
450	19,2	25,75	-	74,54	36,11	55	37,5	56,25	75
345	8,69	77,95	-	57,15	11,77	27,5	28,75	43,12	57,5
300	15,94	30,38	-	49,69	13,8	27,5	25	37,5	50
95,4	29,6	14,62	-	15,8	12,05	14,3	7,95	12	15,9
66	21,82	21,33	-	10,93	11,24	12,1	5,5	8,25	11
Бассейны в банях и саунах									
23,76	4,8	32,19	-	3,93	3,61	4,4	1,98	2,97	3,96
10,2	11,52	19,65	-	1,68	8,66	4,4	0,85	1,27	1,7
6,75	13,06	22,57	-	1,11	3,61	2,2	0,56	0,84	1,12
Детские бассейны									
Школьный/80,62	17,01	18,2	-	13,3	28,72	20,9	6,72	10,08	13,45
Учебный/50	26,58	25,04	-	8,25	21,12	14,3	-	6,25	8,33
Детский сад/14,7	16,96	12,9	-	2,42	9,28	12,1	-	1,84	2,45

Учитывая то, что циркуляционный расход влияет не только на качество воды в ванне, но и на расход электроэнергии, реагентов, стоимость оборудования, т.е. на все эксплуатационные и капитальные затраты, из произведенного анализа формул (1)-(7) было установлено, что циркуляционный расход, принимаемый по формулам (4)-(5), является наиболее оптимальным и приближенным к реальным условиям.

Состав и компоновку основных и вспомогательных сооружений, помещений, площадок и оборудования принимают с учетом графика движения посетителей и технологических требований эксплуатации [2].

По существующим нормативам [1], ванны для оздоровительного плавания и для обучения не умеющих плавать, со вспомогательными помещениями для их обслуживания, могут проектироваться в отдельно стоящих зданиях, входить в состав зданий спортивных бассейнов, а также быть пристроенными или встроенными в здания другого назначения.

При проектировании плавательных бассейнов уделяется большое внимание архитектурно-строительному решению, дизайну помещений, однако нельзя забывать о гигиенических и технологических аспектах планировочных решений.

В специальной литературе уделяется недостаточное внимание определению необходимой площади технических помещений, обычно они размещаются в подвальном или цокольном этаже здания.

При заглубленной в грунт ванне насосно-фильтровальную станцию располагают на цокольном или первом этаже здания, рядом с залом бассейна, что позволяет выделить необходимую площадь с достаточной высотой. К сожалению, в современных крытых бассейнах заглубленные ванны применяются редко, обычно только для детских бассейнов. При устройстве ванны на опорах помещение под оборудование водоподготовки чаще размещается

непосредственно под ванной бассейна. Под глубокой частью бассейна устанавливаются префильтры и насосы, под мелкой – фильтры, реагентное и бачное хозяйства. Случай, с большим перепадом глубин в бассейне, позволяет разместить оборудование большой высотой на меньшей площади. Строительство ванны на опорах небольшой высоты вынуждает проектировщиков располагать оборудование вокруг ванны, что приводит к увеличению площади технических помещений, площади под ванной не функционируют. Подобное размещение, к тому же, затрудняет эксплуатацию оборудования.

Наибольшее распространение как в нашей стране, так и за рубежом получила технологическая схема плавательных бассейнов, включающая в себя коагулирование, фильтрование на скорых напорных фильтрах с кварцевой загрузкой и обеззараживание хлором или его производными.

К достоинствам этих фильтров можно отнести доступность оборудования, загрузки, простоту эксплуатации. Отечественной и зарубежной промышленностью выпускаются фильтры различных диаметров от 400 до 3400 мм, что позволяет рекомендовать данные фильтры в бассейны любого объема от погружных в саунах до 50-метровых спортивных или в аквапарках. Стоимость зарубежного оборудования от 600 до 3500 долларов и выше, отечественное оборудование значительно дешевле. Отличий в качестве водоподготовки в зависимости от страны изготовителя не имеется. Кварцевые фильтры могут эксплуатироваться по 15-20 лет, при ежегодной замене песка. Фильтрующую способность загрузки напорных фильтров восстанавливают водной или воздушно-промывкой. Получение воды требуемого качества на зернистых фильтрах возможно только при постоянном коагулировании циркуляционной воды.

Вода из ванны бассейна, через переливные желоба и донный, оборудованный решеткой выпуск, поступает для предварительного фильтрования в сетчатый префильтр (волошеловку), затем циркуляционными насосами подается в скорый напорный фильтр, предварительно пройдя первичное обеззараживание (газообразным хлором, раствором гипохлорита натрия), подщелачивание и коагулирование. Очищенная вода подается на подогрев и окончательное обеззараживание, чаще хлорсодержащими препаратами или бактерицидным облучением. После чего через впускные отверстия, расположенные в нижней части боковых стенок, подготовленная вода поступает в плавательный бассейн. Промывка фильтров осуществляется промывным насосом из бака промывной воды.

К недостаткам этой схемы следует отнести:

1. Необходимость организации реагентного хозяйства, высокая стоимость коагулянта, что на практике приводит к коагулированию только добавочной воды или периодическому коагулированию, что приводит к снижению качества воды в ванне бассейна. Реагентное хозяйство состоит из растворных, расходных баков, насосов дозаторов, складов реагента (коагулянта, реже флокулянтов, для подщелачивания применяется обычно сода). Это увеличивает площади технических помещений.

2. Применение для обеззараживания хлора необходимо в общественных бассейнах, однако хлор раздражает слизистые оболочки и кожу купающихся. Образуется хлоростойчивая микрофлора, что может привести к инфицированию посетителей. Хлор – сильно действующее ядовитое вещество, требует строгого соблюдения техники безопасности и правил проектирования хлораторной, в случае аварии возможно отравление персонала и посетителей. Комбинированное обеззараживание с УФ повышает надежность обеззараживания и стоимость как объекта, так и себестоимость водоподготовки.

3. Для промывки фильтров требуется установка бака промывной воды и промывного насоса. Это приводит к увеличению площади насосно-фильтровальной. Большой расход промывной воды ведет к увеличению себестоимости водоподготовки, эксплуатационных расходов. Иногда вызывает сложность в эксплуатации объекта, так как существующие сети канализации не способны пропустить данный расход.

4. Если по данной схеме построен бассейн 30-40 лет назад, когда по нормативам 50 % воды (из переливных желобов) отводилось в ливневую канализацию, а не на циркуляцию, то при реконструкции бассейна часто бывает невозможно установить дополнительные фильтры из-за нехватки площадей в насосно-фильтровальной.

Часть этих проблем решает применение в технологическом водоснабжении плавательных бассейнов сверхскоростных фильтров. Применение сверхскоростных фильтров со скоростью

фильтрации 25-30 м/ч позволяет разместить компактное оборудование на небольших площадях. Во избежание резкого изменения скоростей фильтрации при промывке одного из фильтров количество фильтров принимается равным 6-8 независимо от циркуляционного расхода (в зависимости от расчетного расхода изменяют диаметр сверхскоростных фильтров). Для небольших бассейнов установка отличается удобной компактностью, может быть автоматизированной, а периодическое отключение одного из фильтров не сказывается на качестве воды в бассейне.

Циркуляционную воду очищают на открытых (безнапорных) установках.

Скорые открытые фильтры с зернистой загрузкой могут быть рекомендованы для открытых бассейнов сезонного действия (летних). К их преимуществам относится простота и надежность эксплуатации, они легко автоматизируются. Недостатком схем с открытыми скорыми фильтрами является необходимость больших площадей под водоподготовительное оборудование. Вместо открытых фильтров могут применяться контактные осветлители.

Для плавательных бассейнов предпочтительнее применение напорных установок, имеющих меньшие габаритные размеры.

В качестве альтернативы классическим песчаным фильтрам можно назвать мембранные фильтры, нашедшие применение в бассейнах Франции, Японии и ряда других стран и появившиеся и на российском рынке, как в зарубежном, так и в отечественном исполнении. Фильтрационные мембраны позволяют получить воду очень высокого качества, однако в некоторых случаях вода отечественных источников (вода городского водопровода в некоторых городах нашей страны оставляет желать лучшего) требует тщательной предочистки, что в сумме с самой установкой делает этот метод не всегда экономически обоснованным. Вдобавок данный метод требует внимания квалифицированного обслуживающего персонала. Неправильная эксплуатация может привести к необратимым последствиям для установки.

Альтернативой сложным в эксплуатации установкам можно считать картриджные фильтры. Если монтаж систем фильтрации по какой-то причине невозможен, легкая навесная установка с картриджными фильтрами избавит от строительных работ. Она проста в эксплуатации. Однако следует учесть, что средний официальный срок эксплуатации картриджа 3 месяца (бумажные-одноразовые, синтетические выносят 3-4 промывки). А в некоторых случаях их придется менять каждый день, особенно если бассейн открытый и в чашу попадает пыль, тополиный пух и т.д.

В случае, если к качеству воды бассейнов предъявляются особенно высокие требования, а также существуют некоторые другие технические и технологические особенности объекта, могут быть рекомендованы к применению намывные фильтры, которые прекрасно зарекомендовали себя за рубежом. Применение намывных фильтров в водоподготовке плавательных бассейнов рекомендовано [3].

Применение намывных фильтров позволяет отказаться от использования дефицитного коагулянта и получить воду высокого качества, в том числе и от бактериальных загрязнений. Сметная стоимость оборудования насосно-фильтровальной станции с намывными фильтрами, по сравнению со скорыми напорными, меньше в 1,8 раза, а себестоимость водоподготовки ниже в 2 раза [2, 5, 6].

Это объясняется меньшим числом фильтров, по сравнению со схемой со скорыми напорными фильтрами, упрощенной обвязкой трубопроводов, отсутствием необходимости в коагулировании и подщелачивании воды и незначительным расходом промывной воды.

Применение в водоподготовке бассейна намывного фильтра решает несколько проблем:

1. Высокое качество профильтрованной воды позволяет рекомендовать эту схему для спортивно-демонстративных и коллективных бассейнов. Высокие показатели по мутности и цветности, содержанию железа и марганца обеспечивают необходимую прозрачность для фото-видеосъемки, позволяют видеть дно на всю глубину, независимо от глубины бассейна. Высокое качество воды по бактериологическим показателям позволяет снизить дозу хлора, что благоприятно скажется на здоровье спортсменов [5].

2. Установка с намывными фильтрами компактна, занимает небольшую площадь, а возможность применения фильтров, как вертикально, так и горизонтально расположенных, снимает ограничения по высоте помещения насосно-фильтровальной станции.

3. Сокращается необходимое количество промывной воды, а применение водовоздушной «шоковой» промывки минимизирует ее расход, что позволяет строить объекты с данной схемой в районах с высоконагруженной системой канализации или небольшими

диаметрами, без необходимости реконструкции уличной сети или организации дополнительного оборудования с баками усреднителями расхода сточных вод и насосами.

4. Установка может быть автоматизирована, что упрощает ее эксплуатацию.

5. Сметная стоимость объекта с намывными фильтрами, по сравнению со скорыми напорными, меньше в 1,8 раза, а себестоимость водоподготовки ниже в 2 раза.

6. Установка позволяет использовать различные вспомогательные вещества, учитывая меняющиеся условия эксплуатации: изменение качества исходной воды (по сезонам года, в случае аварии), повышение требований к качеству воды во время проведения соревнований, изменения возрастной категории купающихся (дети) [6].

Таким образом, применение сверхскоростных или намывных фильтров позволит сократить затраты на оборудование, упростить процесс эксплуатации, который полностью автоматизируется, а также за счет сокращения площадей, занимаемых оборудованием для водоподготовки, использовать освободившиеся площади для оказания дополнительных услуг населению.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СанПиН 2.1.2.1188-03. Плавательные бассейны. Гигиенические требования к устройству, эксплуатации и качеству воды. Контроль качества. – М.: Информационно-издательский центр Минздрава России, 2003. – 27 с.
2. Кедров В.С., Рудзский Г.Г. Водоснабжение и водоотведение плавательных бассейнов. 2-е изд. – М.: Стройиздат, 1991. – 160 с.
3. Справочное пособие к СНиП. Проектирование бассейнов. /Центр. науч.-исслед. и проект. институт типового и экспериментального проектирования комплексов и зданий культуры, спорта и упр. им. Б.С. Мезенцева. – М.: Стройиздат, 1991. – 64 с.: ил.
4. СанПиН 2.1.2.1331-03. Гигиенические требования к устройству, эксплуатации и качеству воды аквапарков. – М.: Информационно-издательский центр Минздрава России, 2003. – 12 с.
5. Адельшин А.Б., Леонтьева С.В. Перспективы использования намывных фильтров в техническом водоснабжении плавательных бассейнов. // Известия КазГАСУ, 2008, № 1 (9). – С. 145-151.
6. Адельшин А.Б., Леонтьева С.В., Ежова К.А. Очистка технологической воды плавательного бассейна на намывных фильтрах. // Известия КазГАСУ, 2009, № 1 (11). – С. 206-210.

### REFERENCES

1. SanPiN 2.1.2.1188-03. Swimming-baths. Hygiene requirements to mechanism, exploitation and quality of water. Inspection to quality. – M.: Inform-centre Minzdrava of Russia, 2003. – 27 p.
2. Kedrov V.S., Rudzsky G.G. Water-supply and water-drainage of swimming-baths. – M.: Stroiizdat, 1991. – 160 p.
3. Inquiry textbook for SNIP. Projecting swimming-baths. / Centre of research and project institute standard and experimental projecting complexes and building of culture, sport and management B.S. Mezenceva. – M. Stroiizdat, 1991. – 64 p.
4. SanPiN 2.1.2.1331-03. Hygiene requirements to mechanism, exploitation and quality of water aquapark. – M.: Inform-centre Minzdrava of Russia, 2003. – 12 p.
5. Adelshin A.B., Leonteva S.V. The prospects of precoat filters usage in technological water supply of swimming baths. // Izvestija KSUAE, 2008, № 1 (9). – P. 145-151.
6. Adelshin A.B., Leonteva S.V., Ezhova K.A. Purification of swimming pool process water by using precoat filters. // Izvestija KSUAE, 2009, № 1 (11). – P. 206-210.



УДК 691.32

**Минаков Ю.А.** – доктор технических наук, профессор

E-mail: [ksmts@marstu.net](mailto:ksmts@marstu.net)

**Краснов А.М.** – кандидат технических наук, доцент

**Кононова О.В.** – кандидат технических наук, доцент

**Черепов В.Д.** – аспирант

**Солдатова Е.А.** – аспирант

**Марийский государственный технический университет**

## **ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ БЕТОНОВ НА ОСНОВЕ ОСАДОЧНЫХ ПОРОД**

### **АННОТАЦИЯ**

Получены бетоны с улучшенными техническими свойствами за счет модифицирования и рационального регулирования зернового состава заполнителей из осадочных пород.

Предложено корректировать зерновой состав мелкого и среднего песка введением отсевов дробления карбонатных пород фракции 1,25-5 мм. Изучено влияние рецептурно-технологических факторов на формирование прочности, морозостойкости и водостойкости тяжелого бетона на карбонатном щебне.

Внедрение результатов исследования будет способствовать решению проблемы рационального использования минеральных ресурсов.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** бетон, мелкозернистый бетон, отсевы дробления карбонатных пород, зерновой состав, химическая модификация, прочность, морозостойкость, водостойкость.

**Minakov Y.A.** – doctor of technical sciences, professor

**Krasnov A.M.** – candidate of technical sciences, associate professor

**Kononova O.V.** – candidate of technical sciences, associate professor

**Cherepov V.D.** – post-graduate student

**Soldatova E.A.** – post-graduate student

**Mari State Technical University**

## **STUDY ON PROPERTIES OF CONCRETE BASED ON SEDIMENTARY ROCKS**

### **ABSTRACT**

Concrete with the improved technical properties at the expense of sedimentary rocks fillers grain structure modifying and rational regulation developed.

It is offered to correct the fine-grained sand structure by introducing of 1,25-5 mm crushed carbonate rock fraction screenings. The influence of composition and technological factors on crushed-stone screenings based concrete durability, frost and water resistance formation studied.

Implementation of the research results will contribute to solving the problem of rational use of mineral resources.

**KEYWORDS:** concrete, fine-grained concrete, crushed carbonate rock screenings, grain structure, chemical modification, durability, frost resistance, water resistance.

Рациональное использование местных сырьевых ресурсов в строительстве является одной из актуальных задач [1, 2, 3]. Отсутствие высокопрочного крупного заполнителя для производства бетонов характерно для многих регионов России. Применение привозного крупного заполнителя приводит к значительному удорожанию бетонов. В то же время широко распространены месторождения осадочных карбонатных пород и кварцевых средних и мелкозернистых песков. Исследования показывают, что применение этой сырьевой базы при традиционном подходе не позволяет получать качественный конструкционный бетон [5, 6].

Проведены исследования по оценке возможности улучшения технических свойств бетонов методом корректировки их зернового состава при комплексном использовании местных осадочных пород.

Исследована возможность повышения физико-механических свойств мелкозернистого бетона за счет улучшения зернового состава песка введением отсевов дробления карбонатных пород Коркатовского карьера Республики Марий Эл (РМЭ). В качестве вяжущего применялся бездобавочный портландцемент Ульяновского цементного завода с удельной поверхностью 350 м<sup>2</sup>/кг, который имел следующий минералогический состав: C<sub>3</sub>S = 59 %, C<sub>2</sub>S = 16 %, C<sub>3</sub>A = 8 %, C<sub>4</sub>AF=13 %. В качестве мелкого заполнителя применялся песок Студенковского карьера РМЭ. Зерновой состав природного песка приведен в табл. 1.

Таблица 1

**Зерновой состав природного кварцевого песка Студенковского карьера РМЭ**

Наименование остатков	Остатки на ситах с размером отверстий, мм						
	5	2,5	1,25	0,63	0,315	0,14	Менее 0,14
Частный, %	0	2,05	6,60	24,25	35,35	27,40	4,35
Полный, A <sub>i</sub> %	0	2,05	8,65	32,9	68,25	95,65	100

Исследования зернового состава местного кварцевого песка Студенковского карьера показали, что по модулю крупности это средний песок, близкий к мелкому (M<sub>кр</sub>= 2,07), с пониженным содержанием частиц крупностью 1,25-5,0 мм. Соответственно, для улучшения зернового состава из отсевов дробления карбонатных пород использовались фракции с размером зерен 1,25-5,0 мм. Корректировка зернового состава проведена в соответствии с рекомендациями по требованиям к непрерывному зерновому составу [6]. В результате было установлено, что близкий к непрерывному зерновой состав заполнителя может быть получен при совмещении 42 % отсевов дробления карбонатных пород фракций 1,25-5,0 мм и 58 % применяемого природного кварцевого песка. В табл. 2 приведен расчет состава песка, обогащенного отсевами дробления карбонатных пород.

Таблица 2

**Расчет состава обогащенного песка**

Фракция, мм	Частные остатки, %		Частные остатки при выборе зернового состава:		Сумма частных остатков, %	Сумма полных остатков, %	Сумма полных проходов, %	Рекомендуемый размер зерен, мм, мельче	
	Отсевов	Песка	42 % 58 %						
			Отсевов	Песка					
5	0,00	0,00	0	0	0	0	100	80-100	80-100
2,5	57,00	2,05	23,94	1,19	25,13	25,13	74,87	65-82	60-93
1,25	43,00	6,60	18,06	3,83	21,89	47,02	52,98	45-65	45-85
0,63	0	24,25	0	14,07	14,07	61,09	38,91	30-50	30-75
0,315	0	35,35	0	20,50	20,50	81,59	18,41	20-36	20-55
0,14	0	27,40	0	15,89	15,89	97,48	2,52	15-25	25-33
0,071	0	4,35	0	2,52	2,52	100,00	0,00	8-16	10-16

Анализ полных остатков обогащенного песка показал, что его модуль крупности повысился до 3,12. Таким образом, по модулю крупности, согласно ГОСТ 8736-93, песок из группы средних (близкий к границе с мелким) благодаря обогащению попадает в группу повышенной крупности.

Для оценки эффективности обогащения природного песка отсевами дробления карбонатных пород в соответствии с планом эксперимента, приведенным в табл. 3, приготавливались смеси мелкозернистого бетона состава 1: 3 и 1: 4.

Таблица 3

**План эксперимента**

№ состава	Подготовка заполнителя	Соотношение Цемент / Заполнитель	
		1/4	1/3
1	Песок без обогащения с M <sub>кр</sub> = 2,07 (контрольный состав)	+	+
2	Песок с M <sub>кр</sub> = 3,12, обогащенный отсевами дробления карбонатных пород	+	+

Из равноподвижных смесей были заформованы образцы – кубы размером 70,7×70,7×70,7 мм, которые уплотнялись в течение 40 с на виброплощадке с частотой колебаний 50 Гц и амплитудой 0,35 мм. Равноподвижность смесей проверялась на встряхивающем столике типа ЛВС по аналогии с методикой ГОСТ 310.4-81 после 15 встряхиваний. Водоцементное отношение подбиралось так, чтобы расплыв смесей находился в пределах 115-120 мм. Прочность при сжатии контролировалась через 28 суток хранения в нормальных условиях. В табл. 4 приведены результаты испытаний.

Таблица 4

**Влияние обогащения природного песка отсевами дробления карбонатных пород на свойства мелкозернистого бетона**

№ состава	Подготовка заполнителя	Соотношение Цемент / Заполнитель			
		1:4		1:3	
		В/Ц	R <sub>сж</sub> , МПа	В/Ц	R <sub>сж</sub> , МПа
1	Песок без обогащения с M <sub>кр</sub> = 2,07 (контрольный состав)	0,60	25,1	0,50	26,9
2	Песок с M <sub>кр</sub> = 3,12, обогащенный отсевами дробления карбонатных пород (ОДКП)	0,59	28,5	0,49	33,3

Анализ результатов, приведенных в табл. 4, показывает, что обогащение песка отсевами дробления карбонатных пород при соблюдении принципа равноподвижности смесей снижает водоцементное отношение и способствует приросту прочности при сжатии в среднем на 15-20 %.

Другими факторами, которые могут быть использованы для дальнейшего повышения качества мелкозернистого бетона, как показали исследования, выполненные ранее, являются использование химических модификаторов и более интенсивных технологических приемов уплотнения мелкозернистых бетонных смесей. В данной серии опытов уплотнение равноподвижных смесей, включая контрольный состав, выполнялось вибрированием с пригрузом 0,005 МПа, при частоте колебаний 50 Гц. В качестве физико-химического модификатора применялся суперпластификатор поликарбоксилатного типа Glenium<sup>®</sup>51 фирмы BASF в количестве 0,3 % от массы цемента [7]. Из мелкозернистых бетонных смесей формовались образцы – балочки размером 40х40х160 мм, которые до испытания также твердели 28 суток в нормальных условиях. Результаты испытания образцов приведены в табл. 5.

Таблица 5

**Влияние обогащения природного песка отсевами дробления карбонатных пород в присутствии суперпластификатора Glenium-51<sup>®</sup> на свойства мелкозернистого бетона**

№ состава	Glenium-51 <sup>®</sup> , % от массы цемента	Подготовка заполнителя	Соотношение Цемент / Заполнитель					
			1:4			1:3		
			В/Ц	R <sub>сж</sub> , МПа	R <sub>изг</sub> , МПа	В/Ц	R <sub>сж</sub> , МПа	R <sub>изг</sub> , МПа
1	0	Песок без обогащения, (контрольный состав)	0,64	21,6	5,5	0,52	23,3	7,2
2	0,3	Песок обогащенный ОДКП, M <sub>кр</sub> =3,12	0,58	31,5	6,3	0,48	36,1	8,2

Пробные испытания показали, что при увеличении содержания воды в бетонной смеси в присутствии суперпластификатора поликарбоксилатного типа происходит качественное резкое изменение консистенции смеси от жесткой к литой. Задача исследования потребовала определения граничного значения В/Ц, при котором совершается переход смеси в область литой консистенции. Расплыв смесей при испытании на встряхивающем столике ЛВС после 15 встряхиваний поддерживался на уровне 120-130 мм.

Анализ полученных результатов подтверждает целесообразность использования в комплексе обогащения песка ОДКП и применения поликарбоксилатного суперпластификатора для повышения прочности при сжатии и изгибе в рамках выбранной технологии. В сравнении с контрольными составами при соотношении Ц:П = 1:4 прирост прочности при сжатии R<sub>сж</sub>

составил 45,8 %. Соответственно, для составов с соотношением Ц:П = 1:3 прочность при сжатии возросла на 54,9 %. При этом прочность при изгибе возросла в среднем на 14 %.

Применение карбонатного щебня местных карьеров Республики Марий Эл в производстве бетонов ограничено в силу низкой прочности, неоднородности и пониженной водостойкости карбонатных пород. Принято решение при разработке составов ограничить его содержание в бетоне с целью повышения водостойкости бетонов. Изучено влияние содержания карбонатного щебня в пределах от 0,9 до 0,7 м<sup>3</sup> на 1 м<sup>3</sup> бетона на предел прочности при сжатии и водостойкость бетона. Зерновой состав щебня был также подобран с учетом технических требований к зерновому составу крупного заполнителя и с учетом более полного использования продукта дробления карбонатной породы и характеризовался наличием двух фракций: 5-10 мм и 10-20 мм в процентном соотношении по массе 40:60.

Результаты исследования бетонов, приготовленных из равноподвижных смесей жесткостью 20 с, приведены в табл. 6.

Таблица 6

#### Влияние состава бетона на карбонатном щебне на прочность при сжатии и водостойкость

№ состава	Расходы материалов на 1 м <sup>3</sup> бетона					Средний предел прочности при сжатии образцов, МПа		Коэффициент водостойкости
	Цемент, кг	Щебень, л	Щебень, кг	Песок, кг	Вода, л	в сухом состоянии	в насыщенном состоянии	
1	450	0,9	1000	700	225	45,33	45,30	1,00
2	450	0,7	780	920	235	44,47	44,40	1,00
3	250	0,9	1000	900	210	24,01	23,76	0,99
4	250	0,7	780	1105	220	23,31	23,17	0,99
5	450	0,8	890	810	230	43,88	43,60	0,99
6	250	0,8	890	1010	215	25,51	24,98	0,98
7	350	0,9	1000	810	210	38,56	37,90	0,98
8	350	0,7	780	1010	220	37,65	36,90	0,98
9	350	0,8	890	910	215	38,03	37,98	1,00

Приведенные в табл. 6 результаты исследования показали, что бетон на карбонатном щебне Коркатовского карьера РМЭ при использовании щебня в количестве 0,9-0,7 м<sup>3</sup> на 1 м<sup>3</sup> бетона водостоек и позволяет получать конструкционные бетоны классов В15-В30.

Выполнены исследования, направленные на повышение морозостойкости бетона на карбонатном щебне за счет применения гидрофобно-пластифицирующего модификатора СДО. При постоянном расходе цемента 350 кг/м<sup>3</sup> изучено влияние содержания карбонатного щебня и модифицирующей добавки СДО на формирование пористости, водопоглощения и морозостойкости бетона. Добавка СДО 50 %-ной концентрации вводилась с водой затворения. Ее содержание варьировалось от 0 до 0,06 % от массы цемента. Содержание щебня по объему варьировалось в пределах от 0,7 до 0,9 м<sup>3</sup>. Из равноподвижных бетонных смесей жесткостью 20 с на виброплощадке с частотой колебаний 50 Гц и амплитудой 0,35 мм формовались образцы – кубы размером 100x100x100 мм. Результаты эксперимента приведены в табл. 7.

Результаты влияния физико-химического модификатора СДО на водопотребность равноподвижных смесей показали, что введение 0,03 % добавки СДО от массы цемента снижает водопотребность бетона в среднем на 15 %. Дальнейшее увеличение количества вводимой добавки до 0,06 % от массы цемента приводит к дополнительному снижению требуемого объема воды затворения не более, чем на 5 %.

Морозостойкость бетона определялась ускоренным методом по структурно-механическим характеристикам в соответствии с ГОСТ 10060.4-95 «Бетоны. Структурно-механический метод ускоренного определения морозостойкости» [8].

Таблица 7

## Влияние добавки СДО в составе бетона на карбонатном щебне на морозостойкость

№ состава	Расходы материалов на 1 м <sup>3</sup> бетона					Предел прочности при сжатии, МПа		Капиллярно-открытая пористость, %
	Цемент, кг	Щебень, кг	Песок, кг	Вода, л	СДО, л	в насыщенном состоянии	замороженные	
1	350	1000	810	180	0,42	32,81	54,59	13,94
2	350	1000	810	200	0	29,95	52,54	14,43
3	350	780	1010	185	0,42	30,36	52,26	13,43
4	350	780	1010	220	0	28,78	52,17	14,50
5	350	1000	810	195	0,21	35,56	52,24	14,36
6	350	780	1010	185	0,21	31,80	52,48	14,08
7	350	890	910	165	0,42	38,11	59,42	14,21
8	350	890	910	210	0	35,03	62,28	14,80
9	350	890	910	180	0,21	35,43	51,81	14,17

Результаты, приведенные в табл. 7, показывают, что присутствие добавки СДО понижает водопоглощение и капиллярно-открытую пористость бетона. Модификатор СДО способствует снижению коэффициента повышения прочности при замораживании, что согласуется с результатами определения водопоглощения и капиллярно-открытой пористости.

Сводный расчет морозостойкости М исследуемых составов бетона приведен в табл. 8.

Таблица 8

## Влияние содержания карбонатного щебня и модификатора СДО на морозостойкость бетона

№ состава	План эксперимента		Морозостойкость, циклов по ГОСТ 10060.4		Коэффициент повышения прочности по ГОСТ 10060.4		Результаты испытания на морозостойкость	
	Щебень м <sup>3</sup>	СДО, % Ц	M <sub>min</sub>	M <sub>max</sub>	K <sub>max</sub>	K <sub>min</sub>	K <sub>i</sub>	M, циклов
1	0,9	0,06	74,4	231	1,976	1,158	1,66	135
2	0,9	0	66,6	224,4	1,988	1,160	1,75	112
3	0,7	0,06	81,6	236	1,956	1,150	1,72	127
4	0,7	0	65	223	1,990	1,160	1,81	99
5	0,9	0,03	66,6	224,4	1,988	1,160	1,47	165
6	0,7	0,03	71,4	228,6	1,982	1,160	1,65	135
7	0,8	0,06	61,4	221,2	2,014	1,160	1,56	146
8	0,8	0	69,8	227,2	1,984	1,160	1,78	108
9	0,8	0,03	69,8	227,2	1,984	1,160	1,46	163

Анализ результатов исследований морозостойкости бетона, приведенных в табл. 8 и на рисунке, показал, что оптимальное содержание модификатора СДО 0,03 % от массы цемента при содержании щебня 0,8-0,9 м<sup>3</sup> повышает морозостойкость бетона от F100 до F150.

## ВЫВОДЫ

1. Исследования показали, что комплексное применение местных осадочных пород может способствовать получению качественных бетонов. Так, выявлены условия эффективного применения карбонатных пород Коркатовского карьера РМЭ: щебня фракции 5-20 мм в качестве крупного заполнителя, отсевов дробления фракции 1,25-5 мм – в качестве продукта обогащения природного кварцевого песка Студенковского карьера РМЭ в мелкозернистом бетоне и отсевов дробления фракции менее 1,25 мм – в качестве карбонатного наполнителя в тяжелом бетоне.

2. Для бетона на местном карбонатном щебне фракций 5-20 мм следует рекомендовать пределы варьирования содержания щебня по комплексу исследованных свойств – морозостойкости,

водопоглощения, капиллярно-открытой пористости и водостойкости от 0,8 до 0,9 м<sup>3</sup> на 1 м<sup>3</sup> бетона и применение физико-химического модификатора СДО в количестве 0,03 % от массы цемента.

3. Исследования подтверждают целесообразность использования в комплексе обогащения песка отсевами дробления карбонатных пород фракций 1,25-5,0 мм до получения непрерывного зернового состава и применения физико-химического модификатора – поликарбоксилатного суперпластификатора Glenium®51 для повышения прочности мелкозернистого бетона при сжатии и изгибе.

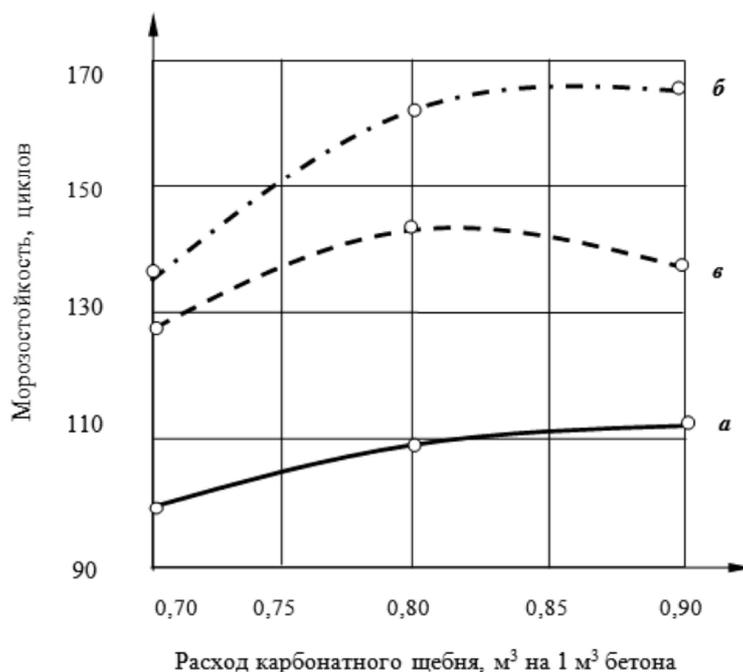


Рис. Формирование морозостойкости бетона при постоянном расходе цемента 350 кг/м<sup>3</sup> в зависимости от расхода карбонатного щебня и содержания добавки СДО, % от массы цемента:  
а) контрольный состав без добавки; б) СДО – 0,03; в) СДО – 0,06

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Калашников В.И. Промышленность нерудных строительных материалов и будущее бетонов // *Строительные материалы*, 2008, № 3. – С. 23-25.
2. Кононова О.В., Черепов В.Д., Солдатова Е.А. О комплексном использовании местных сырьевых ресурсов // *Программа. Тезисы докладов 62-й Респ. конф. по пробл. арх-ры и стро-ва.* – Казань: КГАСУ, 2010. – 144 с.
3. Лазуткин А.В., Эрих В.И., Жуков В.П. Использование отсева дробления – важный фактор экономического роста предприятий нерудной промышленности // *Строительные материалы*, 2003, № 11. – С. 6-7.
4. Шелихов Н.С., Рахимов Р.З. Комплексное использование карбонатного сырья для производства строительных материалов // *Строительные материалы*, 2006, № 9. – С. 42-44.
5. Салихов М.Г., Кононова О.В., Вайнштейн В.М. К вопросу о комплексном использовании карбонатных пород в производстве бетонов // *Композиционные строительные материалы. Теория и практика: сб науч. тр. междунар. науч.-практ. конф.* – Пенза, 2002. – С. 301-303.
6. ГОСТ 9128-97 Смеси асфальтобетонные дорожные, аэродромные и асфальтобетон. Технические условия: Введ. 1999.01.01. – М.: Госстандарт России, Изд-во стандартов, 1997. – 24 с.
7. Добавки в бетон: Технический каталог; ноябрь, 2009. – М.: «BUSF Construction Chemicals», 2009. – 136 с.
8. ГОСТ 10060.4-95 Бетоны. Методы определения морозостойкости. Введ. 1996-09-01. – М.: Госстандарт России. – 72 с.

## REFERENCES

1. Kalashnikov V.I. Article about the nonmetallic minerals industry and the future of concrete // Building materials, 2008, № 3. – P. 23-25.
2. Kononova O.V., Cherepov V.D., Soldatova E.A. Article about multipurpose use of local raw material resources // Scientific conference abstracts of the 62nd republic conference of architectural and construction problems. – Kazan: KSUAE, 2010. – 144 p.
3. Lazutkin A.V. Using of screening dust is important factor of economic advance of nonmetallic minerals industry // Building materials, 2003, № 11. – P. 6-7.
4. Shelikhov N.S., Rakhmov R.Z. The complex using of carbonate raw material for building materials production // Building materials, 2006, № 9. – P. 42-44.
5. Salikhov M.G., Kononova V.V., Vainshtein V.M. To the question of carbonate raw material complex using in concrete production // Composite building materials. Theory and practice: collection of scientific papers of international research-to-practice conference. – Penza, 2002. – P. 301-303.
6. Federal standard 9128-97 Bitumen concrete mix for roads, airdromes and asphalt-concrete. Technical standards: activated 1999.01.01. – Moscow: Government standard of Russia, 1997. – 24 p.
7. Concrete addition: technical catalog; November, 2009. – Moscow «BUSF Construction Chemicals», 2009. – 136 p.
8. Federal standard 10060.4-95 Concrete. Definition methods of freeze-thaw resistance. Activated 1996-09-01. – M.: Government standard of Russia, 1997. – 72 p.

УДК 691.327

**Морозов Н.М.** – кандидат технических наук

E-mail: [nikola\\_535@mail.ru](mailto:nikola_535@mail.ru)

**Боровских И.В.** – кандидат технических наук

E-mail: [borigor@list.ru](mailto:borigor@list.ru)

**Хозин В.Г.** – доктор технических наук, профессор

E-mail: [khozin@kgasu.ru](mailto:khozin@kgasu.ru)

**Авксентьев В.И.** – аспирант

E-mail: [vlad80889@yandex.ru](mailto:vlad80889@yandex.ru)

**Мугинов Х.Г.** – соискатель

**Казанский государственный архитектурно-строительный университет**

## **ВЛИЯНИЕ КОМПОНЕНТОВ ПЕСЧАНОГО БЕТОНА НА ВОЗДУХОВОВЛЕЧЕНИЕ ПРИ ЕГО ПРИГОТОВЛЕНИИ**

### **АННОТАЦИЯ**

В статье показан эффект снижения воздухововлечения песчаной бетонной смеси при сочетании различных факторов. Так, например, показано, что воздухововлечение существенно снижается при использовании суперпластификатора MELFLUX 2651F, но только при использовании крупных песков. Показана зависимость снижения воздухововлечения бетонной смеси при увеличении модуля крупности песчаного заполнителя. Также высокий эффект снижения воздухововлечения достигается за счет дополнительного введения в состав бетонной смеси молотого кварцевого песка.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** воздухововлечение, песчаный бетон, суперпластификатор.

**Morozov N.M.** – candidate of the technical sciences, assistant

**Borovskikh I.V.** – candidate of the technical sciences

**Khozin V.G.** – doctor of technical science, professor

**Avksentiev V.I.** – post-graduate student

**Muginov H.G.** – researcher

**Kazan State University of Architecture and Engineering**

## **THE INFLUENCE OF FINE GRAIN CONCRETE COMPONENTS ON AIR ENTRAINMENT DURING ITS BATCHING**

### **ABSTRACT**

The article shows the influence of different factors on the reduction of air entrainment in the fine grain concrete. For example, it is indicated that air entrainment decreases significantly in case of using MELFLUX 2651F super plasticizer but only with the use of coarse sand. Dependence of the reduction of air entrainment in case of the increasing granularity of the sand filler is shown. High effect of decreasing of air entrainment is achieved due to additional introduction of the grind silica sand in the composition of the concrete mix as well.

**KEYWORDS:** air entrainment, Fine grain concrete, super plasticizer.

Песчаные бетоны, обладая целым рядом достоинств и, естественно, своими недостатками, становятся все более привлекательными экономически для европейской части нашей страны (и не только) как конструкционные бетоны [1], поскольку высокая стоимость доставки высокопрочного щебня с Урала, из Карелии превращается в серьезную проблему. Например, в Татарстане при дефиците крупного заполнителя (КЗП) его замена местными кварцевыми песками позволит значительно снизить себестоимость ЖБ-конструкций. Весьма перспективны высокопрочные и морозостойкие дорожные песчаные бетоны [2], которые в ближайшем будущем должны вытеснить асфальтобетон в автомобильных дорогах федерального назначения ввиду его низкой эксплуатационной долговечности (3-5 лет) [3]. Однако замена песком щебня или гравия приведет к увеличению общей удельной поверхности заполнителя и его межзерновой пустотности. А это потребует увеличения содержания цемента

в бетонных смесях для обеспечения обмазки зерен песка цементным тестом и заполнения всех пустот, заполненных воздухом, вызывающих повышенное воздухововлечение бетонной смеси.

«Дополнительный» объем пор в песчаном бетоне приведет к негативному влиянию на его прочность и долговечность [4]. В целом механическая прочность бетона, как изотропного материала, прямо связана с его плотностью, которую можно увеличить снижением объема замкнутых пор, образующихся в результате воздухововлечения в бетонную смесь его мелких пузырьков в процессе перемешивания всех компонентов.

Для получения одинаковых показателей воздухововлечения песчаных бетонов и крупнозернистых бетонов необходимо добиться одинаковой монолитности структуры этих бетонов, за счет увеличения на 15-25 % расхода цемента и воды. Но это при последующем твердении приведет к увеличению усадки бетона. Одним из путей решения этой проблемы является введение в бетонную смесь суперпластификаторов, которые позволяют снизить расход цемента и воды, при сохранении прочности бетона [1].

Как известно, применение суперпластификаторов является наиболее эффективным способом увеличения подвижности бетонной смеси и уменьшения пористости за счет уменьшения объема воды затворения. Однако, будучи поверхностно активными веществами суперпластификаторы могут повысить воздухововлечение за счет снижения поверхностного натяжения воды. Цель настоящей работы состоит в оценке влияния широко применяемых разжижителей бетонных смесей – суперпластификатора С-3 и гиперпластификатора Melflux на воздухововлечение и «сопутствующие» свойства цементно-песчаных бетонов.

«ПОЛИПЛАСТ СП-1» (С-3) – суперпластификатор, который представляет собой несслеживающийся порошок коричневого цвета, легкорастворимый в воде. В соответствии с ТУ 6-36-0204229-625-90\* содержание активного вещества в С-3 в пересчете на сухой продукт не менее 69 %, содержание золы не более 38 %, рН (2,5 %-ного водного раствора) 7-9, содержание воды не более 10 %.

«MELFLUX 2651 F» (MF) – суперпластификатор, который представляет порошокобразный продукт, полученный методом распылительной сушки из водного раствора модифицированного полиэфиркарбоксилата. Технические данные: форма – желтоватый порошок; насыпная плотность – 400-600 г/л; потери при нагревании – макс. 2,0 мас. %; 20 % раствор при 20 °С имеет рН = 6,5-8,5. Особенности: высокоэффективный диспергатор; снижает усадку; эффективен в широком диапазоне температур.

Для приготовления песчаных бетонных смесей использовали мордовский портландцемент ПЦ 500 Д0 и две группы песка – крупный (Мк=2,8) и средний (Мк=1,7). Подвижность бетонных смесей задавалась равной ПЗ. Полученные результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1

## Составы бетона и свойства бетонной смеси с суперпластификаторами

№ состава бетона	Расход компонентов бетона, кг/м <sup>3</sup>				Воздухововлечение, %	Плотность бетонной смеси, кг/м <sup>3</sup>	Прочность на сжатие в возрасте 7 сут, МПа	
	Ц	Мелкий заполнитель		СП				
		П Мк=2,8	П Мк=1,7					
1	500	1500	–	–	290	5,8	2170	34
2				2,5(С-3)	250	9,2	2145	42
3				2,5(MF)	189	4,9	2205	58
4		–	1500	–	400	6,8	2060	15
5				2,5(С-3)	358	9,2	2035	18
6				2,5(MF)	293	8,9	1975	25

Видно, что если в бетонах на крупном песке при введении С-3=0,5 % воздухововлечение увеличивается на 36 % по сравнению с бездобавочным (контрольным) составом (с 5,8 % до 9,2 %), то при той же дозировке с MF наблюдается обратная картина: воздухововлечение снижается на 15 % (с 5,8 % до 4,9 %). На среднем песке оба СП С-3 и MF ведут себя одинаково: увеличивая воздухововлечение на 26 % (с 6,8 % до 9,2 %) и на 23 % (с 6,8 % до 8,9 %) соответственно.

Водоредуцирующая способность MF в бетонной смеси с мелким песком на 8 % меньше таковой в бетоне на крупном песке.

Таким образом, суперпластификатор MF позволяет снизить воздухововлечение в бетонной смеси на крупном песке. Далее определяли оптимальную дозировку MF в этой смеси. Результаты представлены в таблице 2.

Таблица 2

Составы бетона и свойства бетонной смеси с суперпластификатором MF

№	Ц, кг	П, кг Mк=2,8	В, кг	MF, кг	Плотность бет. смеси, кг/м <sup>3</sup>	Возд. вовл., %	Водопоглощение, %
1	500	1500	290	–	2170	6,5	9,9
2			209	1,25	2190	6,4	8,2
3			189	2,5	2205	4,9	7,2
4			176	3,75	2210	4,7	6,8

Из таблицы 2 видно, что увеличение дозировки MF с 0,25 % до 0,75 % (от цемента) уменьшает воздухововлечение на 25 %. Наилучший результат снижения воздухововлечения достигается при дозировках MF 0,75 и 0,5 % от массы цемента. При этом водопоглощение песчаного бетона с добавкой MF снижается на 31 %, что обусловлено уменьшением макро- и микропористости бетона.

Помимо пластифицирующих добавок на воздухововлечение влияет и качество заполнителя. Крупность, качество поверхности, прочность зерен, гранулометрический состав и водопоглощение в известной степени определяют плотность и прочность упаковки зерен песка, сцепление между ними и цементным камнем и, следовательно, свойства мелкозернистого бетона [2]. Как было показано выше (табл. 1), при изменении Mк песка изменяется и воздухововлечение. В связи с этим в следующих экспериментах определялось влияние модуля крупности песка на воздухововлечение бетонной смеси.

Таблица 3

Составы бетона и свойства бетонной смеси с песком различного модуля крупности

№	Ц, кг	П, кг	Модуль крупности, Mк	В, кг	Плотность бет. смеси, кг/м <sup>3</sup>	Возд. вовл. %	Водопо- глощение, %	Прочность на сжатие в возрасте 7 сут, МПа
1	500	1500	2,26	250	2130	5,8	3,19	32,9
2			2,08	265	2180	6,3	4,68	26,9
3			1,78	327	2110	7,5	5,87	18,1
4			0,99	360	2080	7,8	6,46	15,0

Таким образом, уменьшая модуль крупности с 2,26 до 0,99, возрастает воздухововлечение (с 5,8 % до 7,8 %), водопоглощение (с 3,19 % до 5,87 %) и уменьшается прочность (с 32,9 до 15,0 МПа). Наименьшее воздухововлечение, водопоглощение и наибольшую прочность показал состав с модулем крупности 2,26. Это объясняется меньшей удельной поверхностью крупного песка, приводящей к снижению водопотребности мелкозернистой бетонной смеси, что, в результате, позволяет сократить пористость затвердевшего бетона и тем самым способствовать увеличению прочности [1].

Известно, что одним из путей увеличения плотности структуры бетонной смеси при равном расходе цемента является введение наполнителей, которые также в значительной степени снижают капиллярную пористость бетона и, следовательно, уменьшают водопоглощение. Кроме того, кремнеземистые наполнители участвуют в реакции с гидратной известью, что дополнительно повышает прочность бетона. В качестве наполнителя мы использовали молотый кварцевый песок с удельной поверхностью 600 м<sup>2</sup>/кг, известняковую муку 600 м<sup>2</sup>/кг, микрокремнезем. В качестве заполнителя использовался песок с модулем крупности 1,75. Использовали также суперпластификатор С-3, так как он больше, чем MF,

увеличивает воздухововлечение. В таблице 4 представлены результаты влияния вида наполнителей на свойства бетонной смеси.

Таблица 4

## Составы бетона и бетонной смеси с наполнителями

№ состава бетона	Расход компонентов бетона, кг/м <sup>3</sup>					В/Ц	Воздухововлечение, %	Плотность бетонной смеси, кг/м <sup>3</sup>
	Цемент	Песок	Вода	Наполнитель	С-3			
1	500	1500	246	–	2,5	0,49	9,2	2143
2	500	1500	253	50 (известняк)	2,5	0,5	11,8	2128
3	500	1500	252	50 (микрокремнезем)	2,5	0,5	10	2139
4	500	1500	256	50 (молотый кварцевый песок)	2,5	0,5	8	2153

Введение в состав известняковой муки и микрокремнезема увеличивает воздухововлечение на 22 % и на 8 % соответственно, а молотого кварцевого песка позволяет снизить воздухововлечение на 13 %. В последующих опытах определялась оптимальная дозировка молотого кварцевого песка.

Таблица 5

## Составы бетона и свойства бетонной смеси с наполнителем

№	Ц, кг	П, кг	В, кг	С-3, кг	Молотый кварцевый песок, кг	Плотн. бет. Смеси, кг/м <sup>3</sup>	Возд. вовл. %	Водопоглощение, %	Прочность на сжатие в возрасте 7 сут, МПа
1	500	1500	246	4	–	2143	9,2	9,9	40,8
2	500	1500	256		50	2153	8	8,7	40,2
3	500	1500	258		75	2160	7,2	8,5	40
4	500	1500	265		100	2160	7	7,9	38
5	500	1500	267		125	2165	6,2	7,2	37,8
6	500	1500	265		150	2167	6,4	7,5	34,3
7	500	1500	273		200	2170	4,9	8	24

Как видно из табл. 5, введение молотого кварцевого песка «в довесок» к цементу, с дозировкой 15 %, 25 %, 40 % от массы вяжущего, уменьшает воздухововлечение бетонной смеси. Наилучший результат по снижению воздухововлечения на 34,6 %, в сравнении с бездобавочным составом, показал состав с дозировкой 40 % молотого кварцевого песка. Увеличение дозировки наполнителя ведет к уменьшению водопоглощения бетона, но к снижению его прочности в возрасте 7 суток.

**Выводы:**

- Применение суперпластификатора С-3 в песчаном бетоне приводит к увеличению воздухововлечения, MELFLUX 2651 F уменьшает воздухововлечение на 25 % (табл. 2) только при использовании крупного песка. Кроме того, добавка MELFLUX 2651 F снижает водопоглощение и повышает прочность бетона;

- воздухововлечение песчаного бетона зависит от модуля крупности песка, возрастая с его уменьшением;

- эффективным способом снижения воздухововлечения является применение молотого кварцевого песка. Его введение снижает этот показатель на 30 %, при его введении до 40 % от цемента.

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Морозов Н.М., Хозин В.Г., Боровских И.В., Степанов С.В. Высокопрочные цементные бетоны для дорожного строительства. // Строительные материалы, 2009, № 11. – С. 15-17.
2. Морозов Н.М., Хохряков О.В., Морозова Н.Н., Хозин В.Г. Мелкозернистый бетон для ремонта бетонных оснований нефтедобывающих станций. // Известия КазГАСУ, 2006, № 1 (5). – С. 28-29.
3. Носов В.П. Цементобетон в дорожном строительстве. Состояние. Проблемы. Перспективы. // Тезисы докладов Международного семинара «Перспективы и эффективность применения цементобетона в дорожном строительстве». – М.: Московский автомобильно-дорожный институт (государственный технический университет), 2002. – С. 5-9.
4. Баженов Ю.М. Технология бетона. Учебник. – М.: Изд-во АСВ, 2007. – 258 с. с илл.

**REFERENCES**

1. Morozov N.M., Hozin V.G., Borovskih I.V., Stepanov S.V. High-strength cement concrete for road building. // Building materials, 2009, № 11. – P. 15-17.
2. Morozov N.M., Hoxrjakov O.V., Morozova N.N., Hozin V.G. Fine-grained concrete for repair of the concrete bases of oil-extracting stations.//News KazGASU, 2006, № 1 (5). – P. 28-29.
3. Nosov V.P. Cement concrete in road building. A condition. Problems. Prospects.//Theses of reports of the International seminar «Prospects and efficiency of application cement concrete in road building», – М.: the Moscow auto-road institute (the state technical university), 2002. – P. 5-9.
4. Bazhenov J.M.. Technology of concrete. The textbook. TH.: ASV, 2007. – 258 p. with ill.

УДК 691.327:666.972

**Морозов Н.М.** – кандидат технических наук

E-mail: [nikola\\_535@mail.ru](mailto:nikola_535@mail.ru)

**Хохряков О.В.** – кандидат технических наук

E-mail: [olvik@list.ru](mailto:olvik@list.ru)

**Морозова Н.Н.** – кандидат технических наук, доцент

E-mail: [ninamor@mail.ru](mailto:ninamor@mail.ru)

**Хозин В.Г.** – доктор технических наук, профессор

E-mail: [khozin@kgasu.ru](mailto:khozin@kgasu.ru)

**Казанский государственный архитектурно-строительный университет**

**Сагдатуллин Д.Г.** – кандидат технических наук

E-mail: [Dinar.Sagdatullin@tatar.ru](mailto:Dinar.Sagdatullin@tatar.ru)

**Министерство строительства, архитектуры и жилищно-коммунального хозяйства  
Республики Татарстан**

### **ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЦЕОЛИТСОДЕРЖАЩИХ МЕРГЕЛЕЙ В ЦЕМЕНТНЫХ БЕТОНАХ**

#### **АННОТАЦИЯ**

В работе предложено использование цеолитсодержащего мергеля (ЦСМ) Татарско-Шатрашанского месторождения в качестве минерального наполнителя с целью замены части портландцемента в тяжелых бетонах. Мергель рассматривается как минеральный наполнитель для бетонов на цементах различных заводов производителей. Выполнена оценка минерального и химического составов ЦСМ, исследована их размолоспособность, гранулометрия на лазерном анализаторе и активность по поглощению СаО. По результатам оценки физико-механических свойств бетонов показано, что снижение расхода портландцемента в них может достигать 45 %.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** бетоны, гранулометрия, активность, прочность.

**Morozov N.M.** – candidate of technical science

**Khokhryakov O.V.** – candidate of technical science

**Morozova N.N.** – candidate of technical science, senior lecturer

**Khozin V.G.** – doctor of technical science, professor

**Kazan State University of Architecture and Engineering**

**Sagdatullin D.G.** – candidate of technical science

**Ministry of Construction, Architecture and Housing of the Republic of Tatarstan**

### **EFFICIENCY ZEOLITCONTAINING MARL IN CEMENT CONCRETE**

#### **ABSTRACT**

The paper suggested the use of zeolitecontaining marl (UCM) of Tatar-Shatrashansk deposit as a mineral additive to replace part of portland cement in concretes. Marl is considered as mineral additive for concrete on cement of the various manufacturing plants. The estimation of mineral and chemical compositions of the ZCM, investigated their grindability, grain structure on the laser analyzer and activity on absorption of СаО. The assessment of physical and mechanical properties of concrete is shown that the decrease in consumption of portland cement in them can reach 45%.

**KEYWORDS:** concrete, grain structure, activity, durability.

Существует немало способов уменьшения стоимости бетонных и железобетонных изделий, но самым простым остается использование недорогих местных минеральных наполнителей природного происхождения. Благодаря наполнителям возможна частичная замена портландцемента в составе бетона без ухудшения его технологических свойств и марочной прочности [1, 2].

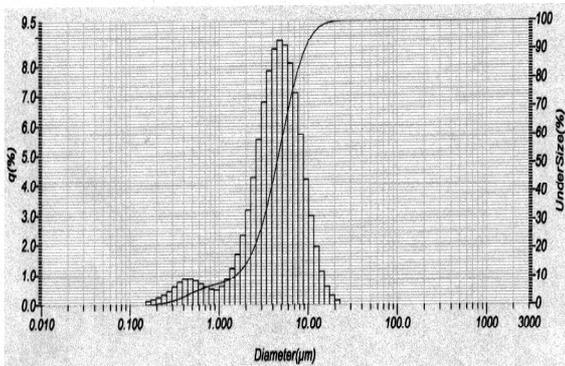
С этой целью нами исследован цеолитсодержащий мергель (ЦСМ) Татарско-Шатрашанского месторождения. Это полиминеральная порода, состоящая из цеолита, кальцита, опал-кристоболита и монтмориллонита. Цеолит в породе представлен клиноптилом – алюминатный кристаллический минерал с микропористой каркасной структурой [3]. Он имеет

волокнистую и призматическую морфологию частиц, содержащих на поверхности кристаллов большое количество активных центров. Он обладает особой структурой – открытой трехмерной канальной пористостью с максимальным размером входных отверстий, равным 0,4 нм. Химико-минералогический и гранулометрический состав использованного ЦСМ приведен в табл. 1.

Особенностью ЦСМ, с одной стороны, являются наличие в нем аморфного кремнезема, а с другой, большой средний размер частиц (5 мкм), который в четыре раза меньше среднего размера частиц портландцемента (20 мкм). Благодаря различию их размеров, можно ожидать уплотнения микроструктуры бетона за счет заполнения межзернового пространства портландцемента мелкими частицами ЦСМ [4].

Таблица 1

Химико-минералогический и гранулометрический состав ЦСМ

Химико-минералогический состав		Гранулометрический состав*
Наименование компонента	Содержание компонентов, %	
Клиноптилолит	19±4	 <p>Средний размер частиц 5,0 мкм Удельная поверхность 1700 м<sup>2</sup>/кг</p> <p>* - анализ выполнен на лазерном анализаторе Horiba LA-950 с подготовкой препарата в водной среде</p>
Кальцит	22±4	
Кварц	6±1	
Опал-кристобалит-тридимитовая фаза	31	
Глинистые минералы, в т.ч. монтмориллонит	16±4	
Слюда	5	
Полевой шпат	1±0,5	
SiO <sub>2</sub>	50,1	
TiO <sub>2</sub>	0,35	
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	7,01	
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,21	
CaO	16,55	
MgO	11,21	
K <sub>2</sub> O	1,24	
Na <sub>2</sub> O	0,41	
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,19	
SO <sub>3</sub>	0,04	
п.п.п.	10,69	

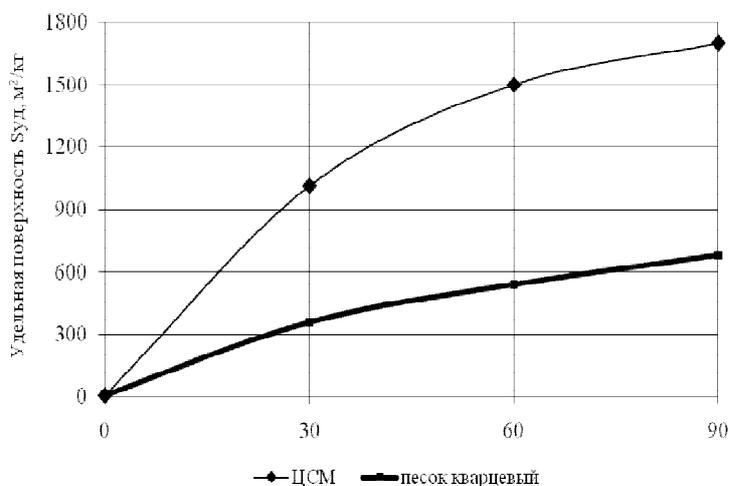


Рис. 1. Размолоспособность ЦСМ и песка кварцевого

Существенным преимуществом ЦСМ является его хорошая размолоспособность (рис. 1). Приведенные энергозатраты (Э/С<sub>уд</sub>) на помол ЦСМ в вибрационно-шаровой мельнице через 1 час в сравнении с кварцевым песком [5], соответственно, составляют 0,52 и 1,33 Вт·ч/м<sup>2</sup>.

Положительная роль ЦСМ в твердении цемента заключается в высокой активности при взаимодействии с Са(ОН)<sub>2</sub>, выделяющейся в процессе гидратации алита [6], что приводит к образованию дополнительного количества ГСК, причем доля устойчивых ГСК возрастает за счет

наименее стойкого компонента цементного камня – Са(ОН)<sub>2</sub>, а также стабилизирует количество образовавшегося этtringита после 28 суток твердения [7].

Таблица 2

## Кинетика изменения СаО в системе цемент+ЦСМ+вода

Кол-во ЦСМ взамен цемента*, %	Количество СаО в жидкой фазе, ммоль/л, при времени твердения, сут				Общая щелочность на 28 сут, ммоль/л
	7	14	21	28	
0	44,37	25,05	13,55	10,15	59,6
20	39,49	19,05	8,07	6,13	37,2
30	29,35	16,10	7,81	5,17	34,0
40	30,22	15,32	5,17	3,83	22,8

\* - портландцемент ОАО «Ульяновскцемент»

Как видно из табл. 2, ЦСМ обладает высокой реакционной способностью по поглощению СаО из раствора, что должно положительно отразиться и на прочности цементных бетонов.

Значительная пористость частиц ЦСМ закономерно отражается на ухудшении его реологических характеристик. В связи с этим целесообразно совместно с ЦСМ использовать химические добавки с водоредуцирующим эффектом. Нами выполнена оценка влияния трех различных добавок-пластификаторов, а именно С-3, ЛСТ и Melflux 2651F, на водопотребность водно-дисперсных систем, приготовленных на основе ЦСМ. Результаты исследования, выполненные по методике [8], представлены в табл. 3.

Таблица 3

## Водоредуцирующая активность химических модификаторов в ЦСМ-водных системах

Наименование пластификатора	В/Т	ВИ	ΔВд, %	φн	φп	Δφ, %	Кч	ρ п, кг/м <sup>3</sup>
С-3	1,4	0,95	-5,0	0,265	0,255	-4,0	-10	1325
Melflux 2651F	1,533	0,87	-15,0	0,265	0,239	-10,9	-30	1304
ЛСТ	1,233	1,08	7,5	0,265	0,280	5,3	15,0	1358

Как следует из табл. 3, наибольшее снижение В/Т ЦСМ-водных систем достигается при введении ЛСТ. Значение показателя водоредуцирующего индекса (ΔВд) для ЛСТ составило 7,5 %, а коэффициент чувствительности (Кч) – 15. На 5,3 % возросла объемная концентрация твердой фазы (Δφ) относительно непластифицированной системы. По отношению к действию пластификаторов С-3 и Melflux 2651F эти системы оказались индифферентны.

Результаты изучения влияния ЦСМ на свойства тяжелого бетона, приготовленного с использованием портландцементов различного химико-минералогического состава (ЦЕМШ/А-К(Ш-П)32,5 ОАО «Ульяновскцемент», ПЦ500Д0 ОАО «Вольскцемент» и ПЦ400Д20 ОАО «Мордовцемент»), приведены в табл. 4 и 5. Замещение портландцемента на ЦСМ принято в количестве 20, 30 и 40 % от его массы. Для препятствия повышению водопотребности бетонной смеси за счет введения ЦСМ использовали суперпластификатор С-3 в количестве 1,2 % от общей массы портландцемента и ЦСМ. Режим тепловлажностной обработки (ТВО) образцов бетона принят: 4+3+6+3=16 часов. Температура изотермической выдержки составляла t=80 °С.

Как видно из табл. 5, независимо от вида портландцемента его замена на ЦСМ без снижения марочной прочности бетона целесообразна до 20 %. В условиях ТВО наблюдается рост прочности бетона на 29,1 и 18 % при использовании портландцемента ОАО «Ульяновскцемент» и ОАО «Мордовцемент», соответственно. Поэтому доля ЦСМ, замещающей часть портландцемента, может быть увеличена до 30 %. Прочность бетона с ЦСМ и портландцементом ОАО «Вольскцемент» оказалась сопоставима с прочностью контрольного состава. В этом случае введение более 20 % ЦСМ нецелесообразно.

Таблица 4

## Составы тяжелых бетонов с ЦСМ

№ состава	Содержание ЦСМ, %	Расход материалов, кг/м <sup>3</sup>				Осадка конуса бетонной смеси, см
		портландцемент	песок	гравий	С-3	
1	-	350	800	1050	-	2-4
2	20	280				
3	30	245				
4	40	210			4,2	

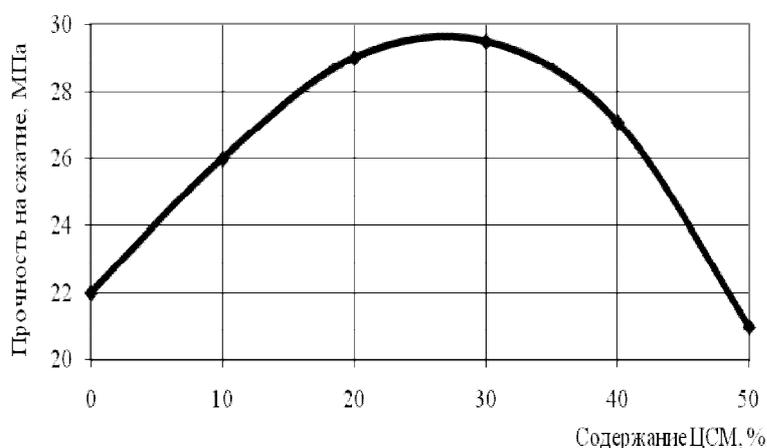
Таблица 5

## Результаты испытаний составов тяжелых бетонов на различных цементах

№ состава	Плотность бетонной смеси, кг/м <sup>3</sup>	Средняя прочность бетона после ТВО, МПа	Прирост прочности после ТВО, %	Средняя прочность бетона в возрасте 28 суток н.тв., МПа	Прирост прочности после 28 суток н.тв., %
ЦЕМШ/А-К(Ш-П)32,5 ОАО «Ульяновскцемент»					
1	2330	17,9	-	29,5	-
2	2370	23,1	29,1	29,5	0
3	2290	19,7	10,1	23,4	-20,7
4	2230	15,1	-15,6	20,1	-32
ПЦ500Д0 ОАО «Вольскцемент»					
1	2320	33,7	-	46,1	-
2	2335	34,0	0,9	46,8	1,5
3	2280	30,4	-8,9	41,0	-11,1
4	2240	27,2	-19,3	28,2	-38,8
ПЦ400Д20 ОАО «Мордовцемент»					
1	2320	24,5	-	33,0	-
2	2340	29	18	34,6	4,8
3	2270	25,1	2	31,0	-6,1
4	2220	22,9	-6,5	27,9	-15,5

Главным выводом из этой части работы является то, что оптимальные условия твердения бетона с ЦСМ – тепловлажностная обработка. Такие условия легко реализуются на заводах ЖБИ и КПКД.

С учетом полученных результатов проведено исследование по установлению эффективности ЦСМ в составе тяжелого бетона, твердеющего при ТВО с температурой изотермической выдержки  $t=95-100^{\circ}\text{C}$ . В качестве вяжущего использовали портландцемент ПЦ400Д20 ОАО «Мордовцемент».

Рис. 2. Влияние ЦСМ на прочность бетона после ТВО при  $t=95^{\circ}\text{C}$ 

Как видно из рис. 2, увеличение температуры изотермической выдержки до  $95^{\circ}\text{C}$  привело к существенному повышению прочности тяжелого бетона. Наибольший прирост прочности (22 %) бетона обеспечивается при введении ЦСМ в количестве 20-30 %. Замена части портландцемента на ЦСМ может достигать 45 %.

Полученные результаты наглядно свидетельствуют о ЦСМ как пуццоланической добавке, которая наиболее эффективна при производстве сборного железобетона с ТВО, где повышение прочности пока не является основной задачей, а экономия вяжущего весьма актуальна.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Звездов А.И., Малинина Л.А., Руденко И.Ф. Технология бетона и железобетона в вопросах и ответах. – М.: НИИЖБ, 2005. – 446 с.
2. Баженов Ю.М., Демьянова В.С., Калашников В.И. Модифицированные высокопрочные бетоны. – М.: АСВ, 2006. – 368 с.
3. Цицишвили Г.В. Клиноптилолит и другие природные цеолиты // Труды симпозиума по вопросам исследования и применения клиноптилолита. – Тбилиси: Мецниереба, 1977. – С. 12-21.
4. Морозова Н.Н. Модификация портландцемента цеолитсодержащей породой для получения смешанного вяжущего / Авторефер. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук. – Казань, 1997. – 20 с.
5. Морозов Н.М., Хохряков О.В., Хозин В.Г. Сравнительная оценка мельниц по размолоспособности кварцевого песка и его эффективности в цементных бетонах // Известия КазГАСУ, 2011, № 1. – С. 177-181.
6. Дмитриев А.М., Юдович Б.Э., Власова М.Т. и др. Гидратация цементов с крентами // Гидратация и твердение вяжущих. – Львов, 1981. – С. 234-237.
7. Клавини З.В., Алкснис Ф.Ф., Кауке А.К. и др. Влияние активного кремнезема на взаимодействие трехкальциевого алюмината с гипсом // Неорганические стекла, покрытия и материалы, 1979, № 4. – С. 117-124.
8. Калашников В.И. Основы пластифицирования минеральных дисперсных систем для производства строительных материалов/Дисс. д-ра техн. наук (в форме науч. докл.). – Воронеж, 1996. – 89 с.

## REFERENCES

1. Zvezdov A.I., Malinina L.A., Rudenko I.F. Technology of concrete and ferro-concrete in questions and answers. – M: NIIZHB, 2005. – 446 p.
2. Bazhenov J.M., Demyanov V.S., Kalashnikov V.I. The modified high-strength concrete. – M.: ACB, 2006. – 368 p.
3. Tsitsishvili G.V. Klinoptilolit and other natural zeolites//Works of a symposium concerning research and application klinoptilolit. – Tbilisi: Metsnieereba, 1977. – P. 12-21.
4. Morozova N.N. Updating portland cement zeolite breed for reception mixed knitting / The master's thesis author's abstract on competition of degree of a Cand. Tech.Sci. – Kazan, 1997. – 20 p.
5. Morozov N.M., Hohrjakov O.V., Khozin V.G. Comparative estimation of mills on ability to a grinding quartz sand and its efficiency in cement concrete //Izvestija KazGASU, 2011, № 1. – P. 177-181.
6. Dmitriev A.M., Judovich B.E., Vlasova M.T., etc. Hydration of cements with krenty//Hydration and hardening the knitting. – Lvov, 1981. – P. 234-237.
7. Klavini Z.V., Alksnis F.F., Cauca A.K., Etc. Influence active silica on interaction tricalcium aluminate with plaster // Inorganic glasses, coverings and materials, 1979, № 4. – P. 117-124.
8. Kalashnikov V.I. Bases of plasticizing of mineral disperse systems for manufacture of building materials/diss. Dr. Sci. Tech. (in the form of scientific reports). – Voronezh, 1996. – 89 p.

УДК 691.175.664.034.92

**Низина Т. А.** – доктор технических наук, профессор

E-mail: [nizinata@yandex.ru](mailto:nizinata@yandex.ru)

**Зимин А.Н.** – аспирант

**Селяев В.П.** – академик РААСН, доктор технических наук, профессор

**Низин Д.Р.** – студент

**Мордовский государственный университет**

### **АНАЛИЗ ДЕКОРАТИВНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЭПОКСИУРЕТАНОВЫХ ПОКРЫТИЙ, РАБОТАЮЩИХ В УСЛОВИЯХ ВОЗДЕЙСТВИЯ УЛЬТРАФИОЛЕТОВОГО ОБЛУЧЕНИЯ**

#### **АННОТАЦИЯ**

Приведены результаты анализа декоративных характеристик эпоксипуретановых покрытий, работающих в условиях воздействия ультрафиолетового облучения. Разработана методика оценки изменения насыщенности цвета в зависимости от технологических и эксплуатационных воздействий.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** эпоксипуретановые композиты, эпоксидное и уретановое связующее, декоративные характеристики, насыщенность цвета, ультрафиолетовое облучение.

**Nizina T.A.** – doctor of technical sciences, professor

**Zimin A.N.** – post-graduate student

**Selyaev V.P.** – academic of RAACS, doctor of technical sciences, professor

**Nizin D.R.** – student

**Mordvinian State University**

### **ANALYSIS OF THE DECORATIVE CHARACTERISTICS EPOXYURETHANE COATINGS, WORKING UNDER THE INFLUENCE OF ULTRA-VIOLET IRRADIATION**

#### **ABSTRACT**

The results of the analysis of decorative characteristics of epoxyurethane coatings working in conditions of exposure to ultraviolet radiation. The technique of assessing changes in color saturation, depending on the technological and operational impacts.

**KEYWORDS:** epoxyurethane composites, epoxy and urethane binder, decorative features, color saturation, ultraviolet irradiation.

Полимерные составы на основе эпоксидных связующих активно применяются в качестве защитно-декоративных покрытий на объектах гражданского и промышленного строительства. Однако покрытия, получаемые на основе низковязких эпоксидных связующих и аминных отвердителей, имеют низкую эластичность, что приводит к необходимости их дополнительной модификации. Одним из наиболее перспективных направлений получения эффективных защитных покрытий с повышенными деформационно-прочностными характеристиками является модификация эпоксидных связующих уретановыми олигомерами. Получаемые в процессе совмещения эпоксидов и уретанов эпоксипуретановые связующие обладают комплексом улучшенных характеристик. Анализ проведенных исследований на основе метода последовательного симплекс-планирования [1] показал, что введение в состав эпоксидных композитов уретановых модификаторов позволяет повысить предел прочности при растяжении и изгибе, а также относительное удлинение при растяжении на  $27 \div 34$  %.

Учитывая, что разрабатываемые эпоксипуретановые покрытия относятся к защитно-декоративным, было проведено исследование влияния соотношения уретанового и эпоксидного связующих (У:ЭО) на цветовые характеристики ненаполненных композитов, а также изучено изменение цветовой насыщенности в процессе воздействия УФ-облучения.

Качество декоративных покрытий принято определять по внешнему виду, цвету, блеску. На

сегодняшний день существует три основных способа определения и описания цвета покрытия [2]:

- визуальное определение и соответствующее ему описание;
- сравнение с контрольным образцом (эталонном);
- количественное измерение и числовое выражение.

Необходимо отметить, что два первых метода являются условными и субъективными, так как напрямую связаны с состоянием нервной системы человека и зависят от личных особенностей зрения исследователя. Для количественного измерения цвета была создана колориметрическая система, утвержденная Международной осветительной комиссией (МОК) в 1931 году. Кроме колориметрической системы, цвет можно измерить с помощью цветового тона, чистоты цвета, коэффициента отражения и яркости [2]. При одинаковых значениях доминирующей длины волны, чистоты цвета и коэффициента яркости или отражения покрытия должны иметь один и тот же цвет. Однако установлено, что между цветовым ощущением человека и спектральным составом цвета нет прямой связи. Исследования цвета лакокрасочных покрытий показали, что данные цветовые характеристики не всегда дают правильное представление о его цветовом тоне, насыщенности и светлоте. Если расположить образцы в ряд по возрастанию длин волн, то оказывается, что они не воспроизводят равномерный ряд цветов покрытий, получаемый в результате визуального осмотра [2]. К тому же, использование колориметров и спектрофотометров при приемочном контроле качества покрытий и проведении исследовательских работ представляет определенные трудности, связанные с длительностью и дефицитом средств измерения [3].

В последние годы для измерения цвета все чаще предлагается использовать компьютерные технологии. В основе предлагаемых подходов лежит возможность получения растрового изображения структуры материала при сканировании изучаемой поверхности, выражаемой в виде функции цвета. При цветном варианте сканирования, используя определенную цветовую модель, под которой подразумевается способ формального описания цвета на основе составляющих его компонентов, появляется возможность разложить каждый цвет на составляющие его спектры определенной частоты и получить объективные данные о декоративных характеристиках лакокрасочного покрытия.

Несмотря на схожесть подходов к оценке свойств лакокрасочных покрытий методом прямого сканирования поверхности образцов, для описания цвета используются различные цветовые модели: Lab, CMYK, HSB, RGB и т.д. При этом, на наш взгляд, несомненно, что пигментные краски, используемые в строительстве, так же, как и краски, используемые в полиграфии, отражают световое излучение и должны описываться субтрактивной моделью CMYK.

На основе проведенного анализа различных цветовых моделей был создан программный продукт «Статистический анализ цветовых составляющих лакокрасочных покрытий» [4] и разработана методика комплексных исследований декоративных характеристик защитных покрытий. Программный комплекс позволяет разбивать отсканированное изображение на CMYK-составляющие и определять их значения в каждой точке (пикселе) исследуемой поверхности. Для оценки каждой цветовой составляющей (голубой, пурпурной, желтой и черной) и яркости применялась цветовая палитра с 256 цветами (рис. 1). Для реализации математической модели использовался язык программирования Borland Delphi 7, поддерживаемые операционные системы – Windows 98/Me/2000/XP/7.

Согласно разработанной методике, на основе полученных с помощью программного комплекса кривых распределения цветовых составляющих (рис. 1) предлагается определять [5]: цветовые различия по насыщенности соответственно для голубой, пурпурной, желтой, черной составляющих, яркости (рис. 2) и цветовую насыщенность покрытия в целом.

Количественное описание цветового различия по насыщенности выполняется путем сравнения исследуемого состава с абсолютно белым, имеющим максимальную ( $f(X) = 100\%$ ) плотность распределения при  $X = 255$ :

$$S_p = \frac{\sum_{i=0}^{255} (255 - X_{pi}) \cdot f(X_{pi})}{255 \cdot 100}, \quad (1)$$

где  $X_{pi}$  – уровень цветовой составляющей, изменяющийся от 0 до 255;

$f(X_{ip})$  – плотность распределения.

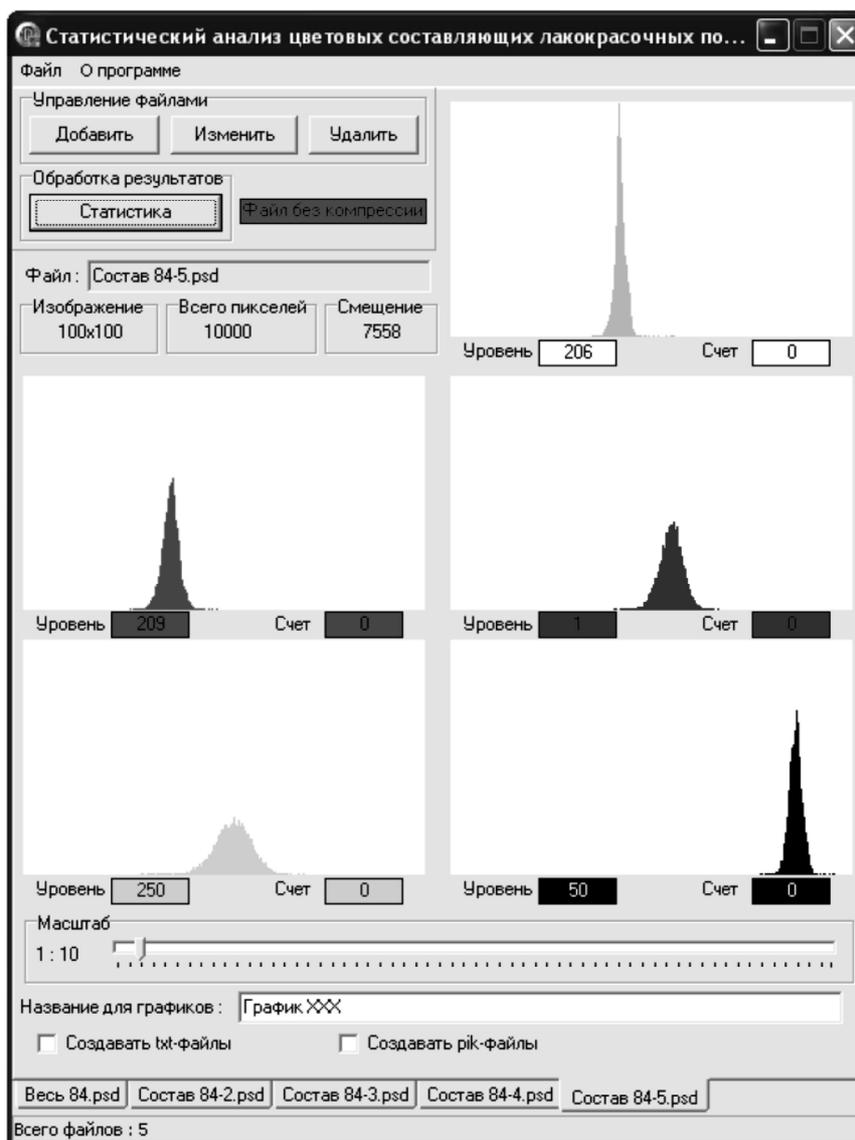


Рис. 1. Интерфейс программного комплекса «Статистический анализ цветовых составляющих лакокрасочных покрытий»

Цветовая насыщенность покрытия в целом по 4-м цветовым составляющим и с учетом яркости определяется соответственно по формулам:

$$E_{SMYK} = \sqrt{S_C^2 + S_M^2 + S_Y^2 + S_K^2}, \quad (2)$$

$$E_{SMYKH} = \sqrt{S_C^2 + S_M^2 + S_Y^2 + S_K^2 + S_H^2}, \quad (3)$$

где  $S_C$ ,  $S_M$ ,  $S_Y$ ,  $S_K$  и  $S_H$  – цветовое различие по насыщенности для голубой, пурпурной, желтой, черной составляющих и яркости.

С помощью разработанного программного продукта появляется возможность проанализировать не только среднее значение насыщенности цвета исследуемого покрытия, но и распределение данной характеристики, что позволяет оценить однородность окраски.

В ходе проведенного исследования установлено (рис. 2), что с увеличением в составе эпоксиуретанов доли уретанового связующего происходит значительное снижение насыщенности цвета, наиболее ярко проявляющееся в интервале  $0 \div 0,2$  отн. ед. Дальнейшее повышение соотношения У:ЭО не приводит к существенному изменению декоративных параметров эпоксиуретановых композитов.

Визуально снижение насыщенности цвета характеризуется повышением белизны разрабатываемых покрытий. Проведенный анализ показал, что введение 10 и более процентов уретанового связующего позволяет достичь необходимой для пигментирования составов белизны, что открывает дополнительные возможности для расширения цветовой гаммы эпоксиуретановых покрытий.

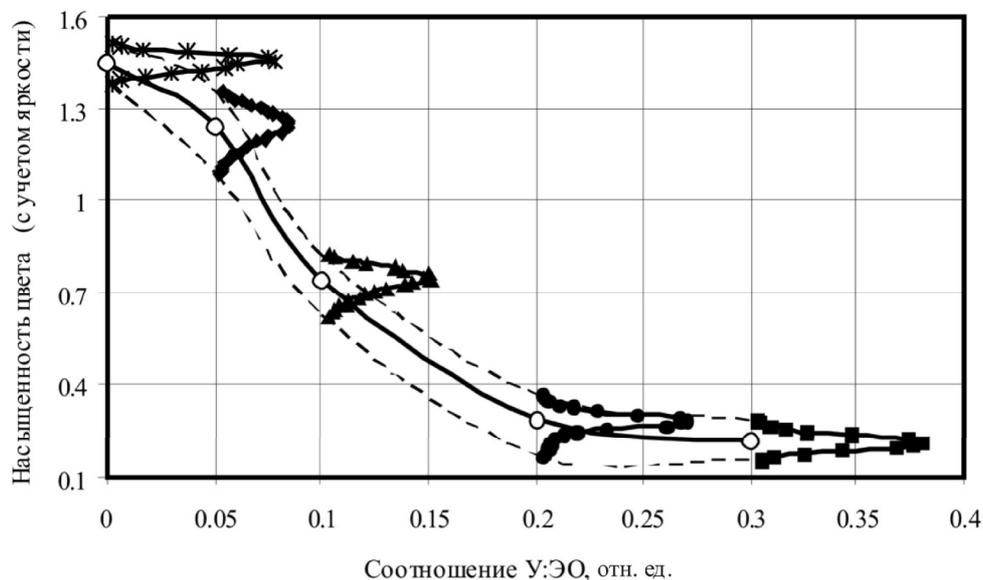


Рис. 2. Изменение кривых плотности распределения цветовой насыщенности эпоксиуретановых покрытий в зависимости от соотношения У:ЭО

Одним из основных способов описания результатов экспериментальных исследований является закон распределения, который показывает, с какой частотой значения переменной попадают в определенные интервалы. При этом разброс упруго-прочностных характеристик достаточно часто подчиняется нормальному закону распределения. Плотность вероятности нормального распределения определяется выражением:

$$f(x) = \frac{1}{s \cdot \sqrt{2 \cdot \pi}} \cdot \exp\left\{-\frac{1}{2} \cdot \left(\frac{x-a}{s}\right)^2\right\}, \tag{4}$$

где  $x$  – абсцисса;  $a$  – математическое ожидание;  $s$  – среднее квадратическое отклонение.

Сканирование исследуемых образцов выполнялось с разрешением 2400 dpi. Размер анализируемой поверхности на одном образце составлял 15x50 мм. Учитывая, что для каждого состава параллельно исследовалось не менее 5 образцов, объем суммарной выборки составлял не менее 33 млн. пикселей. Для проверки гипотез о нормальном распределении применяли критерий согласия Пирсона [6]. Параметры кривых распределения приведены в таблице.

Таблица

**Параметры кривых нормального распределения**

Параметры кривой нормального распределения (4)	Соотношение У:ЭО, отн. ед.				
	0	0,05	0,1	0,2	0,3
Математическое ожидание ( $a$ )	1,455	1,248	0,745	0,28	0,21
Среднее квадратическое отклонение ( $s$ )	0,027	0,057	0,04	0,028	0,025

Для исследования влияния стойкости цвета разработанных эпоксиуретановых покрытий были проведены исследования по изменению декоративных характеристик под действием ультрафиолетового облучения. Интенсивность УФ-облучения составляла 60 Вт/м<sup>2</sup> в диапазоне длин волн 250 ÷ 400 нм. В качестве источника света была использована ртутная лампа марки ДРТ-400, спектральное распределение энергии излучения которой наиболее близко к

солнечной в УФ области. Для выявления изменения цветовой окраски в ходе экспериментального исследования фиксировалось изменение цветовых составляющих и яркости полиуретановых покрытий через 500, 1000 и 2000 часов УФ-облучения.

Проведенный анализ показал, что наибольшая стабильность цвета наблюдается для немодифицированных эпоксидных покрытий (рис. 3). Введение в состав композита уретанового связующего приводит к значительному повышению насыщенности цвета до 1000 часов УФ облучения с последующим снижением данного параметра (рис. 4). С увеличением соотношения У:ЭО эффект повышения насыщенности возрастает.

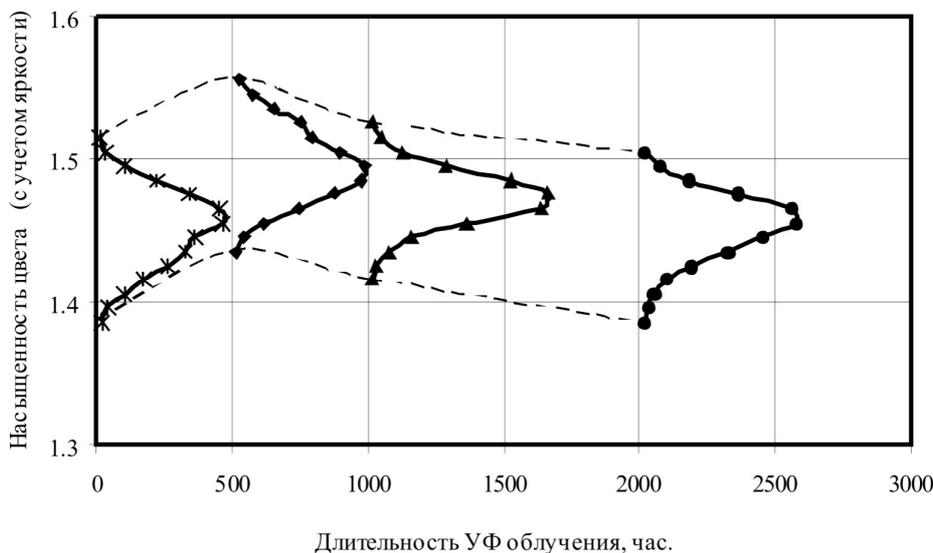


Рис. 3. Изменение кривых плотности распределения цветовой насыщенности эпоксиуретановых покрытий (соотношение У:ЭО = 0) под действием УФ-облучения

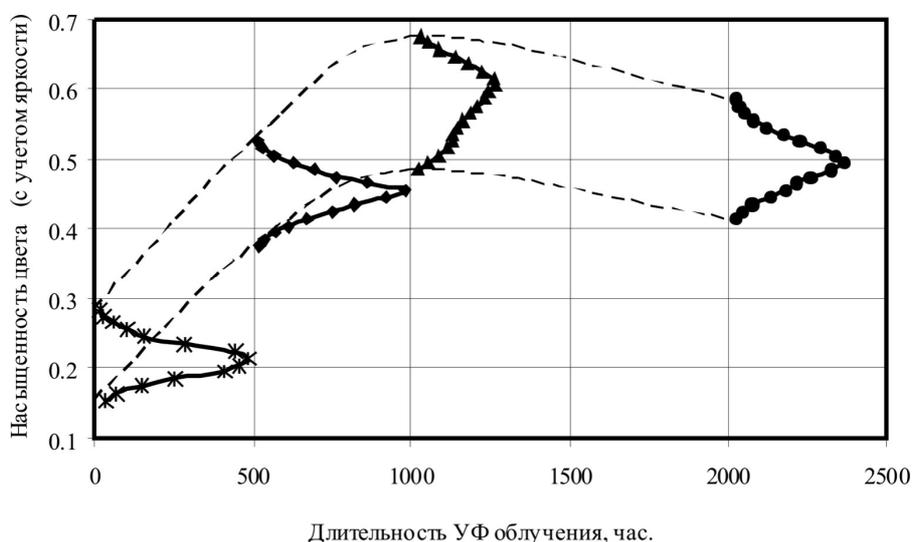


Рис. 4. Изменение кривых плотности распределения цветовой насыщенности эпоксиуретановых покрытий (соотношение У:ЭО = 0,3) под действием УФ-облучения

Использование программного комплекса «Статистический анализ цветowych составляющих лакокрасочных покрытий» и разработанной методики оценки декоративных характеристик с помощью насыщенности цвета дает возможность проанализировать влияние технологических параметров, компонентов покрытий (наполнителей, пигментов, красителей и т.д.), выявить однородность окраски, а также оценить изменение цвета защитно-декоративных покрытий под действием эксплуатационных факторов. Применение методов статистической обработки позволяет получить объективную информацию по изменению декоративных характеристик покрытий.

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Низина Т.А. Результаты экспериментальных исследований эпоксипропановых композитов // Актуальные вопросы строительства: материалы Междунар. науч.-техн. конф. – Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2008. – С. 123-128.
2. Карякина М.И. Испытание лакокрасочных материалов и покрытий. – М.: Химия, 1988. – 272 с.
3. Оценка декоративных свойств лакокрасочных покрытий / В.И. Логанина, В.А. Смирнов, С.Н. Кислицына [и др.] // Лакокрасоч. материалы и их применение, 2004, № 8. – С. 10-12.
4. Селяев В.П. Статистический анализ цветовых составляющих лакокрасочных покрытий // Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ № 2006610820 от 28.02.2006 г. в Роспатенте по заявке №2005613472 от 29.12.2005 г.
5. Низина Т.А. Защитно-декоративные покрытия на основе эпоксидных и акриловых связующих. – Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2007. – 258 с.
6. Степнов М.Н. Статистические методы обработки результатов механических испытаний: справочник. – М.: Машиностроение, 2005. – 400 с.

**REFERENCES**

1. Nizina T.A. The results of experimental studies of epoxyurethane composites // Actual questions of construction: materials of the International scientific.-tekh. konf. – Saransk: Publ. Mordvinian State University, 2008. – P. 123-128.
2. Karyakina M.I. Test of paint materials and coatings. – M.: Chemistry, 1988. – 272 p.
3. Assessment of the decorative properties of the paint and varnish coats / V.I. Loganina, V.A. Smirnov, C.N. Kislitsina [and etc.] // Varnish. materials and their application, 2004, № 8. – P. 10-12.
4. Selyaev V.P. Statistical analysis of the color components of paint and varnish coats // Certificate of official registration of computer program no.2006610820 from 28.02.2006, in Rospatent under the application № 2005613472 of 29.12.2005.
5. Nizina T.A. Protective-decorative coatings on the basis of epoxy and acrylic binder. – Saransk: Publ. Mordvinian State University, 2007. – 258 p.
6. Stepnov M.N. Statistical methods of processing of the results of mechanical tests: reference. – M.: Machinery, 2005. – 400 p.

УДК 691.263.5

**Рязанов Р.Р.** – аспирант

E-mail: [109224@mail.ru](mailto:109224@mail.ru)

**Мухаметрахимов Р.Х.** – аспирант

E-mail: [muhametrahimov@mail.ru](mailto:muhametrahimov@mail.ru)

**Изотов В.С.** – доктор технических наук, профессор

E-mail: [v\\_s\\_izotov@mail.ru](mailto:v_s_izotov@mail.ru)

**Казанский государственный архитектурно-строительный университет**

## ДИСПЕРСНО-АРМИРОВАННЫЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ ГИПСОВОГО ВЯЖУЩЕГО

### АННОТАЦИЯ

Разработаны составы эффективных гипсо-волоконного и гипсоцементно-волоконного материалов, модифицированных активными минеральными добавками и гиперпластификатором. Проведены исследования влияния типа и длины армирующего волокна, условий твердения и формования на физико-механические свойства образцов.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** гипс, волокна, модифицированное смешанное вяжущее.

**Ryazanov R.R.** – post-graduate student

**Mukhametrakhimov R.Kh.** – post-graduate student

**Izotov V.S.** – doctor of technical sciences, professor

**Kazan State University of Architecture and Engineering**

## FIBROUS CONSTRUCTION COMPOSITE MATERIALS BASED ON GYPSUM BINDERS

### ABSTRACT

Developed effective compositions gypsum fiber and sheetrock-fibrous materials modified with active mineral additives and hypersoftener. Investigated the influence of the type and length of the reinforcing fibers, curing and molding conditions on mechanical properties of the samples.

**KEYWORDS:** gypsum, fiber, a modified mixed binder.

Наряду с множеством положительных технических свойств гипс обладает значительной хрупкостью, что особенно сказывается при использовании тонкостенных листовых материалов и изделий (гипсовая сухая штукатурка). Для устранения хрупкости изделия искусственно упрочняют армирующими материалами (волокнами), вводимыми в состав формовочной массы или являющимися частями конструкции самого изделия [1].

В настоящее время отечественная промышленность обладает технологиями производства плит и панелей из гипсоволокнистых масс. Здесь арматурой является равномерно распределенное в гипсовой массе растительное волокно. Состав гипсоволокнистой массы следующий: гипс, волоконистое вещество, проклеивающие добавки. Технологический процесс производства гипсоволокнистых панелей состоит из следующих операций: подготовки сырья - строительного гипса и волоконистой массы, смешения массы, отливки изделия на сетке с последующим удалением из него избытка воды, уплотнения гипсоволокнистых панелей под прессом с доведением их толщины до заданной, сушки, обрезки и укладки панелей в штабеля. Таким образом, исходя из вышеизложенного, можно сделать вывод, что данная технология имеет ряд существенных недостатков, а именно:

- строительный гипс малоприспособлен для приготовления изделий, так как он быстро прилипает к сетке, закрывает отверстия и затрудняет вакуумирование массы;
- необходимость введения проклеивающих добавок;
- сложность технологического процесса;
- низкая водостойкость гипсового вяжущего.

Также использование растительных волокон в производстве гипсоволокнистых панелей вызывает существенные проблемы с биологической коррозией и плесенеобразованием на поверхности изделий в процессе эксплуатации.

Целью настоящей работы является разработка составов гипсоволокнистых и гипсоцементно-волоконных композиций, имеющих высокие физико-механические показатели при нормальной густоте затворения и естественных условиях твердения на основе низкомарочного гипса сырьевой базы Республики Татарстан.

Для достижения поставленной цели необходимо определить влияние вида, длины и объемного содержания волокон в гипсовом тесте на прочностные характеристики изделий.

В настоящей работе в качестве исходного вяжущего применялся строительный гипс ГББП производства ООО «Аракчинский гипс», произведенный по ГОСТ 125-79 в качестве активной минеральной добавки, использовали промышленный отход металлургической промышленности – ферросилиций, размолотый до удельной поверхности 391 м<sup>2</sup>/кг, портландцемент Вольского цементного завода ПЦ 400 Д20, гиперпластификатор «Одолит-К» (ТУ 5745-01-96326574-08).

В качестве волокон использовались:

- целлюлозные волокна (длиной 3-15 мм);
- рубленные базальтовые волокна (длиной 10-15 мм);
- стеклянные волокна (длина 20 мм);
- полипропиленовые волокна марки ВСМ-II (длина 6, 12, 18, 24 и 32 мм).

Таблица 1

## Результаты испытаний

№ состава	Марка волокна	Объемное содержание волокна, %	В/Г	Средняя плотность, г/см <sup>3</sup>	R <sub>изг</sub> , МПа	ККК	R <sub>изг отн</sub> , %
1	ВСМ-II-6 (6 мм)	0	0,56	1,29	6,42	49,94	100,00
2		0,25	0,44	1,44	7,27	50,60	113,24
3		0,5	0,46	1,43	7,87	56,02	124,48
4		1	0,48	1,37	6,86	50,11	106,97
5		2	0,49	1,36	6,56	48,09	102,27
6		3	0,5	1,35	6,46	47,71	100,68
7	ВСМ-II-12 (12 мм)	0	0,56	1,29	6,42	49,94	100,00
8		0,25	0,44	1,46	6,94	47,44	108,10
9		0,5	0,46	1,44	7,96	55,36	124,13
10		1	0,48	1,38	8,05	58,46	125,50
11		2	0,49	1,36	7,32	53,79	114,06
12		3	0,5	1,36	7,15	52,48	111,38
13	ВСМ-II-18 (18 мм)	0	0,56	1,29	6,42	49,94	100,00
14		0,25	0,44	1,46	7,76	53,32	120,96
15		0,5	0,46	1,42	8,13	57,31	126,75
16		1	0,48	1,40	8,20	58,53	127,79
17		2	0,49	1,37	7,89	57,79	123,00
18		3	0,5	1,34	7,61	56,94	118,55
19	ВСМ-II-24 (24 мм)	0	0,56	1,29	6,42	49,94	100,00
20		0,25	0,44	1,48	7,61	51,46	118,62
21		0,5	0,46	1,42	6,27	42,12	94,39
22		1	0,48	1,39	5,56	39,44	86,69
23		2	0,49	1,36	4,75	34,89	74,06
24		3	0,5	1,37	4,29	31,39	66,93
25	ВСМ-II-32 (32 мм)	0	0,56	1,29	6,42	49,94	100,00
26		0,25	0,44	1,45	6,96	47,85	108,45
27		0,5	0,46	1,42	6,05	44,59	98,89
28		1	0,48	1,41	5,53	42,41	92,93
29		2	0,49	1,35	4,94	36,57	77,03
30		3	0,5	–	–	–	–

Испытания проводились на стандартных образцах-балочках размерами 4x4x16 см, из формовочной смеси нормальной густоты по методике, описанной в ГОСТ 23789-79. Результаты ранее проведенных исследований позволили установить оптимальное содержание гиперпластификатора «Одолит-К», равное 1 % от массы вяжущего.

Выполненные исследования показали высокую эффективность целлюлозных волокон, увеличивающие прочностные характеристики пластифицированного высокопрочного гипса марки Г16 на 75-78 %. Однако аналогичные испытания на гипсе марки Г6 не имели аналогичного эффекта, так как повышение прочности на изгиб составило лишь 3-5 %.

Испытания с применением базальтового и стеклянного волокна (дозировки от 0,5 до 5 %) не показали эффективности в связи со слабой адгезией волокон к гипсовому камню на основе низкомарочного гипса.

Положительный эффект при использовании низкомарочного гипса был получен при использовании полипропиленового волокна (длиной 6, 12, 18, 24 и 32 мм). Результаты исследования влияния полипропиленового волокна на физико-механические характеристики гипса представлены в табл. 1.

Как видно из табл.1, максимальные физико-механические показатели достигаются при объемном содержании полипропиленового волокна марки ВСМ-П-18 (18 мм) в количестве 0,5-1 %. Дальнейшее увеличение длины и объемного содержания волокон приводит к их комкованию и снижению прочности.

Исследования деформаций усадки, выполненные по ГОСТ 24544-81, показали, что образцы, армированные полипропиленовыми волокнами в количестве 0,5-1 %, не имеют усадки, в то время как усадка контрольных образцов составила 0,5-0,6 %.

С целью повышения водостойкости вводились добавки портландцемента в количестве 15, 20, 25 % и ферросилиция – 5 % от массы вяжущего. Результаты исследований представлены в табл. 2.

Таблица 2

## Результаты испытаний

№	Содержание гипса, %	Содержание цемента, %	В/Г	Содержание АМД, %	Плотность, г/см <sup>3</sup>	Р <sub>изг</sub> , МПа	R <sub>сж</sub> , МПа		Коэффициент размягчения
							Сухих образцов	Водонасыщенных	
1	85	15	0,56	5	1,70	3,33	185,2	145,8	0,79
2	80	20	0,53	5	1,75	3,90	220,9	195,1	0,88
3	75	25	0,5	5	1,73	4,25	213,1	191,6	0,90

Как видно из табл. 2, повышение содержания цемента в составе гипсоцементного вяжущего повышает прочностные характеристики и водостойкость образцов в семисуточном возрасте, выдержанных во влажных условиях.

Также определено оптимальное содержание портландцемента в составе гипсоцементного вяжущего, модифицированного полипропиленовым волокном и гиперпластификатором «Одолит-К». Во избежание комкования и равномерного распределения волокон в объеме формовочной массы применялось двухстадийное диспергирование. Результаты экспериментальных исследований гипсоцементно-волокнистых образцов представлены в табл. 3.

Таблица 3

## Результаты испытаний

№ п/п	Содержание волокна ВСМ-П-18, %	В/Г	Содержание гипса, %	Содержание цемента, %	Содержание АМД, в % к цементу	Плотность образцов, г/см <sup>3</sup>	R <sub>изг</sub> , МПа	R <sub>сж</sub> , МПа
1	0,7	0,43	85	15	5	1,79	5,31	334,98
2	0,7	0,4	80	20	5	1,80	5,58	318,27
3	0,7	0,37	75	25	5	1,80	4,45	243,55

Как видно из табл. 3, наиболее оптимальное значение содержания цемента в гипсоцементно-волокнистых изделиях составляет 20 %.

В табл. 4 представлены результаты испытаний гипсоцементно-волоконистых образцов в семисуточном возрасте следующего состава: гипс – 80 %; (цемент + АМД) – 20 %; волокно (длиной от 18 до 24 мм) – 0,7 % по объему смеси; Одолит-К – 1 % от массы сухого вяжущего.

Таблица 4

## Результаты испытаний

№ п/п	Содержание пластификатора, %	В/Г	Длина волокна, мм	Плотность образцов, г/см <sup>3</sup>	R <sub>изг</sub> , МПа	R <sub>сж</sub> , МПа
1	1	0,4	18	1,65	5,31	344,62
2	1	0,4	24	1,69	5,72	321,29
3	1	0,4	32	1,48	5,21	256,57

Как видно по результатам испытаний, представленным в табл. 4, прочность на изгиб с увеличением длины волокна от 18 до 24 мм изменяется незначительно, следовательно, наиболее оптимальным для изготовления гипсоцементно-волоконистых образцов будет волокно длиной 18 мм, так как это позволит уйти от двухстадийной диспергации и облегчить тем самым технологию производства готовых изделий.

Так как механизмы процессов гидратации гипсового и цементного вяжущего существенно различаются, необходимо определить, какой из компонентов в гипсоцементно-волоконистых образцах в большей степени влияет на физико-механические свойства. Пропаривание образцов применяется, исходя из предположений, что портландцемент может наиболее активно взаимодействовать с АМД при более высоких температурах и в среде насыщенного водяного пара, что в принципе может положительно отразиться на прочностных характеристиках образцов в более поздние сроки. Для решения этой задачи были изготовлены четыре серии образцов одинакового состава, три из которых подвергли пропариванию в течение 12 часов при температуре 80 °С, 90 °С и 100 °С, а затем сушке при 60 °С до постоянной массы. Четвертая серия выдерживалась в течение трех часов в естественных условиях, а затем также сушилась до постоянной массы при температуре 60 °С в течение 24 часов. Состав образцов: гипсовое вяжущее Г-6 – 80 % по массе; портландцемент – 19 %; АМД – 1 %. Результаты испытаний данных образцов представлены в табл. 5.

Таблица 5

## Результаты испытаний

№ п/п	Условия твердения	В/Г	Плотность, г/см <sup>3</sup>	R <sub>изг</sub> , МПа	R <sub>изг</sub> , %
1	Проп. 80 °С + сушка 60 °С	0,53	1,41	8,93	144,6
2	Проп. 90 °С + сушка 60 °С	0,53	1,39	8,87	143,6
3	Проп. 100 °С + сушка 60 °С	0,53	1,34	8,5	137,5
4	Выдерж. + сушка 60 °С	0,53	1,32	6,18	100

Из табл. 5 видно, что прочность при изгибе гипсоцементно-пуццолановых образцов, подвергшихся сушке после выдержки в естественных условиях, существенно ниже прочности образцов, подвергшихся пропариванию. Очевидно, это связано с удалением влаги в процессе сушки, что нарушает оптимальные условия гидратации портландцемента в составе гипсоцементно-пуццоланового вяжущего.

Совершенно иная картина наблюдается при пропаривании образцов. Это обуславливается, как сказано выше, активным взаимодействием портландцемента с АМД при более высоких температурах в среде насыщенного водяного пара.

Таким образом, результаты испытаний показали, что оптимальным режимом тепловой обработки гипсоцементно-пуццоланового вяжущего является пропаривание при температуре 80 °С в течение 12 часов с последующей сушкой при температуре 60 °С до постоянной массы.

Следует также отметить, что пропаривание образцов всех трех составов приводит к увеличению плотности образцов. Это связано с более полным вовлечением портландцемента и АМД в процесс образования структуры камня за счет увеличения объема гидросиликатов

кальция. Процесс увеличения плотности образцов сопровождается увеличением их прочностных характеристик и водостойкости.

**Выводы.** Выполненные исследования позволили получить составы гипсоцементно-волоконистых композиций, имеющие прочность на изгиб образцов в 28-суточном возрасте – 8,5-8,9 МПа, коэффициент размягчения готовых образцов не менее 0,88.

Анализ результатов исследований позволяет заключить, что разработанный гипсоцементно-волоконистый композиционный материал имеет большой потенциал для получения качественно новых конструкционных материалов для производства широкого спектра строительных изделий и материалов. Доказано экспериментами, что технологические процессы прессования, экструдирования или вакуумирования позволяют снизить В/Г отношение и значительно повысить прочностные характеристики готовых изделий.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Воробьев В.А., Комар А.Г. Строительные материалы. – М.: Изд-во «Стройиздат», 1971. – 496 с.
2. ГОСТ 125-79. Вяжущие гипсовые. Технические условия.
3. ГОСТ 23789-79. Вяжущие гипсовые. Методы испытаний.
4. ГОСТ 24544-81\*. Бетоны. Методы определения деформаций усадки и ползучести.

### REFERENCES

1. Vorobiev V.A., Komar A.G. Building materials. – Moscow: Izd-vo «Stroyizdat», 1971. – 496 p.
2. GOST 125-79. Astringent plaster. Specifications.
3. GOST 23789-79. Astringent plaster. Test methods.
4. GOST 24544-81 \*. Concrete. Methods for determination of shrinkage and creep deformations.

УДК 678.643.425.033:620.193.8

**Строганов В.Ф.** – доктор химических наук, профессор

E-mail: [svf08@mail.ru](mailto:svf08@mail.ru)

**Куколева Д.А.** – аспирант

E-mail: [daria-zd@rambler.ru](mailto:daria-zd@rambler.ru)

**Казанский государственный архитектурно-строительный университет**

## МЕТОДИКА ИСПЫТАНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА БИОСТОЙКОСТЬ

### АННОТАЦИЯ

Рассмотрена возможность испытания строительных материалов на биостойкость в слабоагрессивных модельных средах. Подобраны оптимальные концентрации и соотношения органических кислот. Разработана методика испытаний.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** биоразрушение, агрессивная среда.

**Stroganov V.F.** – doctor of chemical science, professor

**Kukoleva D.A.** – post-graduate student

**Kazan State University of Architecture and Engineering**

## METHOD OF TEST BUILDING MATERIALS ON BIODETERIORATION

### ABSTRACT

Possibility of test of building materials on biodeterioration in poorly aggressive modeling medium is considered. Optimum concentration and parities of organic acids are picked up. The method of tests is developed.

**KEY WORDS:** biodeterioration, corroding medium.

Проблеме биоповреждения строительных материалов в настоящее время уделяется все больше внимания, о чем свидетельствуют работы, посвященные разработке биостойких добавок в бетоны [1-3]. Становится очевидным, что потребность в биостойких бетонах постепенно возрастает. Однако в настоящее время отсутствует доступная методика испытания строительных материалов на биостойкость в условиях лабораторий заводов-изготовителей.

Целью настоящей работы является разработка методики испытаний строительных материалов.

### Введение

В настоящее время испытания материалов на грибостойкость и наличие фунгицидных свойств осуществляются в соответствии с ГОСТ 9.048-89 [4], который предусматривает 4 метода лабораторных испытаний на стойкость к воздействию плесневых грибов.

Данные методы устанавливают:

1 – правильность выбора материалов и возможных технологических дефектов при изготовлении изделий;

2 – влияние на грибостойкость внешних загрязнений в процессе сборки, эксплуатации и хранения изделий;

3 – влияние внешних загрязнений на грибостойкость и работоспособность изделий;

4 – влияние интенсивного развития плесневых грибов на работоспособность изделий.

**Метод 1.** Заключается в том, что образцы, очищенные от внешних загрязнений, заражают водной суспензией спор грибов и выдерживают в условиях, оптимальных для их развития, в течение 28 суток. В качестве тест-организмов используются следующие виды микромицетов, поставляемых из ВКМ АН РФ:

*Aspergillus niger* van Tieghem;

*Aspergillus terreus* Thom;

*Aureobasidium pullulans* (de Bary) Arnaud;

*Paecilomyces varioti* Bainier;

Penicillium funiculosum Thom;  
 Penicillium ochro-chloron Biourge;  
 Scopulariopsis brevicaulis Bainier;  
 Trichoderma viride Pers. ex S.F. Gray.

Очищенные образцы помещают в кассеты или подставки, расстояние между образцами должно быть не менее 20 мм. Кассеты или подставки помещают в бокс. Крупногабаритные изделия допускается размещать непосредственно в испытательной камере. Образцы заражают водной суспензией спор грибов, которую распределяют равномерно по поверхности образцов с помощью пульверизатора. Зараженные образцы выдерживают в боксе при температуре (25+10°C) и относительной влажности воздуха от 70 до 80 % до высыхания капель, но не более 60 минут. Образцы помещают в камеру или эксикатор. Расстояние от стенок камеры или эксикатора не менее 50 мм. Испытание проводят при температуре (29+2°C) и относительной влажности более 90 %. За начало испытаний принимают время получения заданного режима. Продолжительность испытаний 28 суток.

**Метод 2.** Суть метода заключается в том, что изделие без очистки от внешних загрязнений заражают водной суспензией спор грибов и выдерживают в условиях, оптимальных для их развития, в течение 28 суток. Дальнейшие испытания проводят аналогично методу 1.

**Метод 3.** Заключается в том, что изделия без очистки от внешних загрязнений заражают суспензией спор грибов и выдерживают в условиях, оптимальных для их развития, в течение 84 суток. Методика испытаний аналогична методу 1.

**Метод 4.** Заключается в заражении изделий суспензией грибов в питательной среде и выдерживании в условиях, оптимальных для их развития, в течение 28 суток. Состав питательной среды:

Калий фосфорнокислый однозамещенный – 0,7 г;  
 Калий фосфорнокислый двузамещенный 3-водный – 0,3 г;  
 Магний сернокислый 7-водный – 0,5 г;  
 Натрий азотнокислый – 2,0 г;  
 Калий хлористый – 0,5 г;  
 Сахароза – 30,0 г;  
 Вода дистиллированная – до 1000,0 см<sup>3</sup>.

После испытаний образцы извлекают из камеры и осматривают невооруженным глазом, затем под микроскопом при увеличении 50-60 крат и оценивают грибостойкость каждого образца по интенсивности развития грибов.

Таблица 1

#### Оценка биостойкости материалов в баллах

Балл	Характеристика балла
0	Под микроскопом прорастания спор не обнаружено.
1	Под микроскопом видны проросшие споры и незначительно развит мицелий.
2	Под микроскопом виден развитый мицелий, возможно спороношение.
3	Невооруженным глазом виден мицелий и (или) спороношение едва видно, но отчетливо видно в микроскоп.
4	Невооруженным глазом отчетливо видно развитие грибов, покрывающих не менее 25 % испытываемой поверхности.
5	Невооруженным глазом отчетливо видно развитие грибов, покрывающих более 25 % испытываемой поверхности.

По методам 1 и 2 изделие считают грибостойким, если развитие грибов на нем не превышает 1 балл. По методу 3 изделие считают грибостойким, если грибы не влияют на параметры изделий.

Однако данный метод не может применяться в условиях лабораторий заводоизготовителей по ряду причин:

- для их использования требуется разрешение органов санитарно-эпидемиологического надзора;
- описанные в ГОСТе методы являются визуальными и позволяют лишь констатировать факт: биостоек тот или иной материал или нет. Проведение дальнейших испытаний строительных материалов на прочностные характеристики проблематично, так как это опасно для здоровья человека из-за вредоносности микроорганизмов.

В связи с указанными причинами возникла необходимость в поиске альтернативных косвенных методов испытания, которые позволят исследовать строительные материалы в условиях лабораторий заводоизготовителей. Как известно, обобщенный механизм биоповреждений микроорганизмами объединяет ряд этапов [5].

Первый этап – перенос микроорганизмов на поверхность конструкций. Наибольшее его проявление на поверхностях изделий или сооружений, контактирующих или находящихся вблизи почв, листья, деревья.

Возможен перенос микроорганизмов посредством воздушных потоков, несущих бактерии, актиномицеты, мицелии и споры грибов с частицами почвы и опадающей листвой. Менее вероятен путь переноса посредством влаги воздуха и проникающими почвенными водами. Нельзя исключать из рассмотрения и перенос микроорганизмов и загрязнений поверхностей эксплуатирующихся конструкций насекомыми (мухами, бабочками, жуками) и пауками. Часты случаи переноса микроорганизмов с загрязненных поверхностей технологического характера, при сборке изделий в условиях производства или при их ремонте, а также при строительстве сооружений.

Эти загрязнения вносит сам человек, выполняя операции технологического цикла. На поверхности остаются смазочные масла, волокна тканей, частицы пыли, компоненты пота.

Второй этап – адсорбция микроорганизмов и загрязнений на поверхностях конструкций. Процесс адсорбции весьма сложен и зависит от строения, свойств микроорганизмов, характера поверхности и особенно степени шероховатости ее, состояния среды (наличия кислорода в воздухе, температурно-влажностных условий, pH водных пленок), характера контакта между микроорганизмами, загрязнениями и поверхностями материалов. Микроорганизмы имеют строение, позволяющее им достаточно прочно прикрепляться к твердым поверхностям. От прочности сцепления микроорганизмов и частиц структуры загрязнений и условий эксплуатации сооружения зависит степень биоповреждения.

Третий этап – образование микроколоний и их рост до размеров, видимых невооруженным глазом, сопровождаемый появлением коррозионно-активных метаболитических продуктов и локальным накоплением электролитов с избыточным содержанием гидроксония  $H_3O^+$ . Состав биоценоза и эффект повреждения материала определяет уровень доступности субстрата для заселения микроорганизмами (с учетом специфики производства и эксплуатации).

Четвертый этап – накопление продуктов метаболизма, образующихся в результате жизнедеятельности микроорганизмов на поверхностях сооружений – представляет значительную опасность. Несовершенные грибы продуцируют десятки различных органических кислот. Например, *Aspergillus niger* образуют щавелевую, фумаровую, янтарную, малеиновую, яблочную, лимонную, глюконовую, винную, молочную кислоты. Такие грибы относят к технофилам. Они встречаются при эксплуатации практически во всех климатических зонах. Органические кислоты повышают агрессивность среды, стимулируя процессы коррозии бетонов, а также служат источником питания для других микроорганизмов. Некоторые микроорганизмы увеличивают щелочность среды или воздействуют на материалы конструкций окислительными ферментами с выделением перекиси водорода и при разложении последней – атомарным кислородом. К таким ферментам относятся оксидоредуктаза (каталаза, пероксидаза, полифенилоксидаза) и эстеразы (фосфатаза, липазы). Особенно существенный вклад вносят ферменты микроорганизмов в процесс низкотемпературной деструкции строительных материалов.

Пятый этап – стимулирование процессов коррозионного разрушения бетонов – явление, сопутствующее биоповреждениям.

Участие в процессе коррозии микроорганизмов снимает известные ограничения по условиям его протекания (температуре и влажности). Бактерии, например, могут стимулировать процессы

биокоррозии в широких интервалах температур; грибы – в широком интервале относительной влажности: более 30 % – гидрофиты, 10-30 % – мезофиты, менее 10 % – ксерофиты.

Шестой этап – синергизм биоповреждений – происходит как результат воздействия факторов и взаимного стимулирования процессов разрушения (коррозии, старения, биоповреждений), а также развития биоценоза. Характер и интенсивность биоповреждений зависят от адаптации и видового отбора микроорганизмов – технофилов. Высокая приспособляемость микроорганизмов к условиям обитания и источникам питания делает невозможным получение биостойких материалов на достаточный долгий период времени и унификацию средств защиты.

Из вышеизложенного можно сделать вывод о том, что биоразрушению строительных материалов способствуют не столько сами микроорганизмы, сколько продукты их метаболизма (преимущественно карбоновые кислоты). В связи с этим нами рассмотрена возможность испытания строительных материалов в агрессивных средах. В качестве слабоагрессивных сред нами аналогично [6] выбраны органические кислоты, которые являются наиболее распространенными метаболитами микроорганизмов, используемых для испытания по ГОСТ 9.048-89: лимонная, щавелевая и уксусная. Кроме того, данные кислоты позволят нам изучить химическое влияние органических кислот различной основности: одноосновных – уксусная, двухосновных – щавелевая, трехосновных – лимонная.

### Методы испытаний

В качестве объектов исследования выбраны образцы цементно-песчаного раствора с водно-цементным соотношением 0,6 кубической формы размерами (20x20x20 мм).

Испытания проводились следующим способом: на дно эксикатора (диаметром 200 мм) укладывались образцы таким образом, чтобы расстояние между ними составляло не менее 20 мм, что исключает их контакт друг с другом. Образцы заливали растворами органических кислот таким образом, чтобы зеркало воды было на 20 мм выше верхней грани образцов. Периодически осуществлялся контроль массосодержания, а по окончании экспозиции образцы испытывались на сжатие.

Для сопоставления процессов биоповреждения в модельных средах и естественных условиях проведены эксперименты по экспозиции образцов в присутствии активного ила в течение 28 суток.

Контроль массы осуществлялся на аналитических весах марки ВЛР – 400. Испытания образцов на сжатие осуществлялись согласно ГОСТ 10.180-90. Соотношение органических кислот и их процентное содержание подбиралось исходя из кубиковой прочности на сжатие после экспозиции в каждой из смесей.

### Обсуждение результатов

Результаты вышеизложенных испытаний представлены на рисунке. При экспозиции в растворе щавелевой кислоты (рис. а) концентрацией 5 %, 3 % и 1 % масса образцов увеличивается в течение первых семи суток, а затем начинает снижаться, что, вероятно, свидетельствует о разрушении образцов.

Испытание образцов в лимонной кислоте (рис. б) концентрацией 5 % и 3 % показало, что масса образцов значительно уменьшилась по сравнению с изначальной. Кроме того, визуально наблюдались изменения геометрических размеров образцов.

Как показано на рисунке в, масса образцов при выдержке в уксусной кислоте концентрацией 3 % и 5 % возрастает до определенного момента, а затем начинает снижаться, что объясняется разрушением образцов.

Сравнительный анализ вышеприведенных результатов показывает, что для испытания строительных материалов на биостойкость в качестве модельных сред лучше применять органические кислоты следующих концентраций: уксусная кислота – 1 %, щавелевая кислота – 0,1 %, лимонная кислота – 1 %.

Влияние времени экспозиции в различных средах на прочностные характеристики образцов цементно-песчаного раствора представлено в таблицах 2-4.

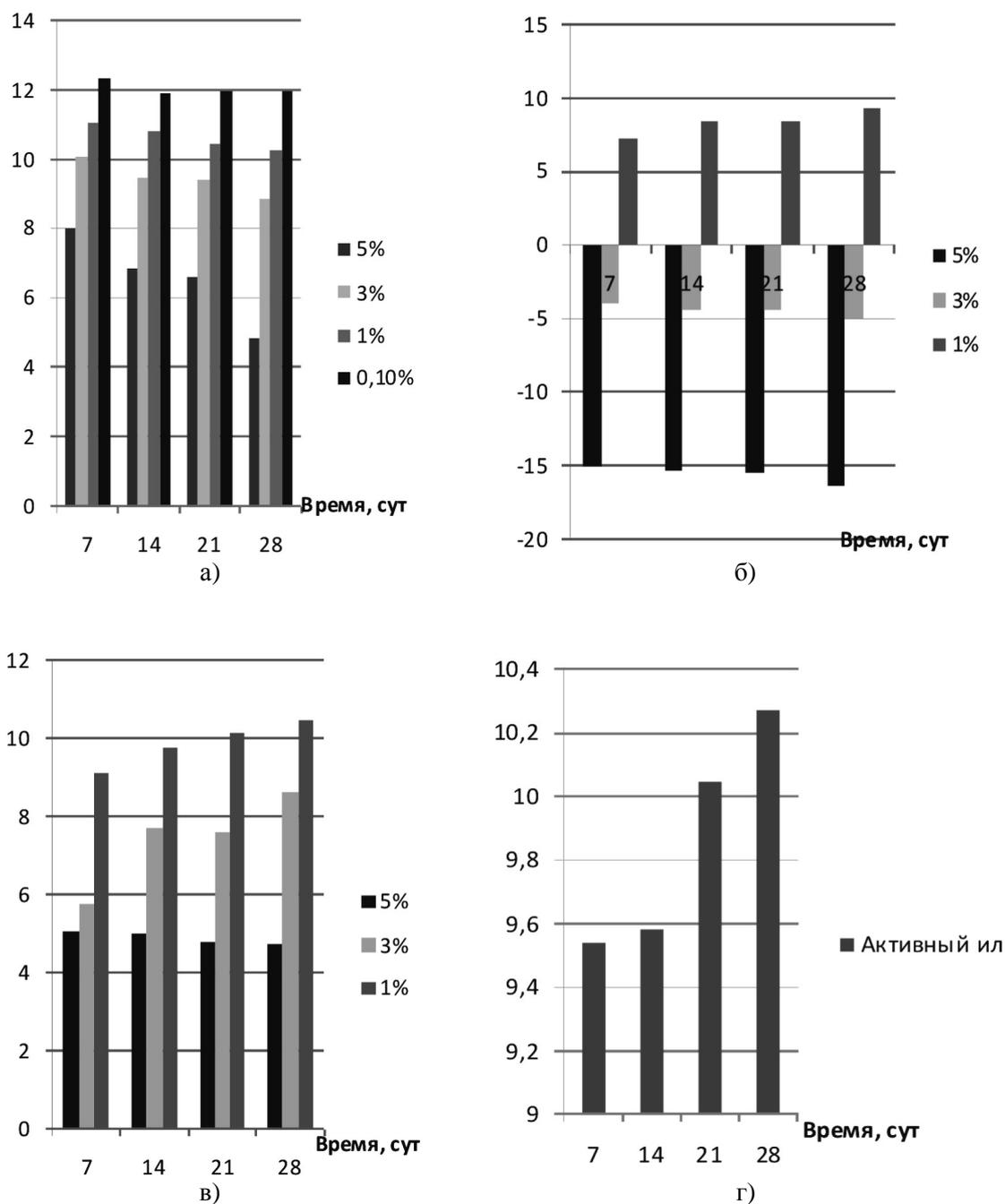


Рис. Изменение массы ( $m/\Delta m/m_0$ ) при экспозиции образцов в водном растворе шавелевой кислоты (а), лимонной кислоты (б), уксусной кислоты (в) и в среде с активным илом (г), в течение 28 суток

Таблица 2

**Влияние экспозиции в водном растворе лимонной кислоты (1 %) на массу и прочностные характеристики цементно-песчаного раствора**

№ образца	$m/\Delta m/m_0, \text{ г/\%}$					$R_{сж}, \text{ МПа}$
	0 суток	7 суток	14 суток	21 сутки	28 суток	
1	15,58	17,13	17,02	16,99	16,86	0,75
	0	9,89	9,21	9,04	8,20	
2	15,71	16,95	16,86	16,84	16,74	0,87
	0	7,97	7,15	7,14	6,59	
3	15,24	16,75	16,59	16,58	16,32	10,17
	0	9,90	8,83	8,75	7,05	

Таблица 3

**Влияние экспозиции в водном растворе уксусной кислоты (1 %) на массу и прочностные характеристики цементно-песчаного раствора**

№ образца	m/Δm/m <sub>0</sub> , г/%					R <sub>сж</sub> , МПа
	0 суток	7 суток	14 суток	21 сутки	28 суток	
1	15,84	17,33	17,41	17,48	17,44	10,8
	0	9,37	9,84	10,32	10,07	
2	15,62	17,15	17,23	17,31	17,25	14,5
	0	9,78	10,26	10,74	10,40	
3	15,47	16,74	16,89	17,08	17,03	11,2
	0	8,15	9,13	10,30	10,03	

Таблица 4

**Влияние экспозиции в водном растворе щавелевой кислоты (0,1 %) на массу и прочностные характеристики цементно-песчаного раствора**

№ образца	m/Δm/m <sub>0</sub> , г/%					R <sub>сж</sub> , МПа
	0 суток	7 суток	14 суток	21 сутки	28 суток	
1	15,40	17,30	17,23	17,24	17,24	10,2
	0	12,33	11,90	11,94	11,94	
2	15,20	17,10	17,11	17,14	17,14	12,32
	0	12,50	12,61	12,76	12,82	
3	15,70	17,42	17,42	17,45	17,46	12,43
	0	10,98	10,98	11,18	11,26	

Для определения оптимального соотношения оптимального соотношения между кислотами нами проведен ряд экспериментов, результаты которых представлены в таблице 5.

Таблица 5

**Влияние экспозиции в смеси карбоновых кислот на прочностные характеристики цементно-песчаного раствора**

№ обр	R <sub>сж</sub> , МПа						
	Среда 1	Среда 2	Среда 3	Среда 4	Среда 5	Среда 6	Среда 7
1	13,75	14,36	14,58	11,7	14,6	14,6	12,5
2	12,50	15,06	14,58	10,7	14,6	12,5	12,0
3	14,50	16,25	14,17	12,5	13,8	14,8	10,0

Среда 1 – Уксусная кислота 1 % (2 части) + щавелевая кислота 0,1 % (1 часть) + лимонная кислота 1 % (3 части).

Среда 2 – Уксусная кислота 1 % (1 часть) + щавелевая кислота 0,1 % (2 части) + лимонная кислота 1 % (3 части).

Среда 3 – Уксусная кислота 1 % (1 часть) + щавелевая кислота 0,1 % (1 часть) + лимонная кислота 1 % (1 часть).

Среда 4 – Уксусная кислота 1 % (2 части) + щавелевая кислота 0,1 % (3 части) + лимонная кислота 1 % (1 часть).

Среда 5 – Уксусная кислота 1 % (1 часть) + щавелевая кислота 0,1 % (3 части) + лимонная кислота 1 % (2 части).

Среда 6 – Уксусная кислота 1 % (3 части) + щавелевая кислота 0,1 % (1 часть) + лимонная кислота 1 % (2 части).

Среда 7 – среда с микроорганизмами.

Из данных, приведенных в таблице 5, можно сделать вывод о том, что среда № 4 и среда № 7 оказывают идентичное влияние на образцы цементно-песчаного раствора. Следовательно, для испытания строительных материалов на биостойкость наиболее целесообразно использовать среду № 4. По результатам испытаний определен оптимальный состав компонентов (табл. 6).

Таблица 6

## Состав модельной среды

№ п/п	Наименование компонента	Концентрация, %	Содержание в смеси, %
1	Уксусная кислота	1	35
2	Щавелевая кислота	0,1	49
3	Лимонная кислота	1	16

## Выводы

Таким образом, можно сделать следующие выводы:

- выбранный метод является наиболее экологичным и безопасным для человека способом испытания строительных материалов на биостойкость в лабораторных условиях;
- обоснованность выбранного метода подтверждена результатами сравнительных испытаний в среде с микроорганизмами;
- на основе сравнения результатов испытания в модельных средах и при сравнении их с результатами испытаний в естественной среде (в присутствии активного ила).

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Скороходов В.Д. Защита неметаллических строительных материалов от биокоррозии./ Учеб. пособие. – М.: Высшая школа, 2004. – 204 с.
2. Соломатов В.И., Ерофеев В.Т., Смирнов В.Ф., Семичева А.С., Морозов Е.А. Биологическое сопротивление материалов. – Саранск: Типография Мордовского университета, 2001. – 172 с.
3. Жеребятьева Т.В. Разработка составов биостойких бетонов для ремонта и защиты строительных конструкций. // Автореферат канд. дисс. на соиск. степени канд. тех. наук. – Волгоград, 2010. – 24 с.
4. ГОСТ 9.048-89. Единая система защиты от коррозии и старения. Изделия технические. Методы лабораторных испытаний на стойкость к воздействию плесневых грибов.
5. Защита от коррозии, старения и биоповреждений машин, оборудования и сооружений: Справочник: В 2 т. Т. I. / Под ред. А.А. Герасименко. – М.: Машиностроение, 1987. – 688 с.
6. Строганов В.Ф., Куколева Д.А., Ахметшин А.С., Строганов И.В., Хабибуллин И.Г. Влияние воды и водного раствора карбоновых кислот на свойства эпоксидных полимерных материалов.// Клеи, герметики, технологии, 2009, № 4. – С. 21-27.

## REFERENCES

1. Skorokhodov V.D. Protection of nonmetallic building materials against biocorrosion./ The manual – M.: Vysshaya shkola, 2004. – 204 p.
2. Solomatov V.I., Erofeev V.T., Smirnov V.F., Semicheva A.S., Morozov E.A. Biological resistance of materials. – Saransk: Manufacture of Mordovian University, 2001. – 172 p.
3. Zherebiatieva T.V. Development of biostable concrete composition for repair and protection building construction// Dissertation abstract for competition scientific degree Candidate of Engineering Science. – Volgograd, 2010. – 24 p.
4. GOST 9.048-89. Uniform system of protection against corrosion and aging. Technical products. Methods of laboratory researches on firmness to influence mold fungi.
5. Protection against corrosion, aging and biocorrosion of machine, the equipment and constructions/ Reference book/ Volume 2, edited A.A. Gerasimenko. – M.: Mashinostroeniye, 1987. – 688 p.
6. Stroganov V.F., Kukoleva D.A., Akhmetshin A.S., Khabibullin I.G., Influence of water and water solution carboxylic acids on properties epoxy polymers materials.// Klei. Germetiki. Tekhnologii, 2009, № 4. – P. 21-27.

УДК 691.311: 666.914.5

**Халиуллин М.И.** – кандидат технических наук, доцент

E-mail: [khaliullin@kgasu.ru](mailto:khaliullin@kgasu.ru)

**Гайфуллин А.Р.** – аспирант

E-mail: [gaifi@list.ru](mailto:gaifi@list.ru)

**Казанский государственный архитектурно-строительный университет**

## **ВОДОСТОЙКИЕ БЕСКЛИНКЕРНЫЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ ГИПСОВЫЕ ВЯЖУЩИЕ С ДОБАВКАМИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДОВ**

### **АННОТАЦИЯ**

Разработаны водостойкие бесклинкерные композиционные гипсовые вяжущие, повышенные показатели физико-технических свойств которых обеспечиваются созданием усиленной структуры искусственного камня, благодаря введению комплексной гидравлической добавки, включающей молотый доменный гранулированный шлак, молотую керамзитовую пыль, известь, суперпластификатор. Получены математические модели, описывающие влияние компонентов комплексной гидравлической добавки на основные физико-технические свойства искусственного камня на основе композиционных гипсовых вяжущих. На основе разработанных композиционных гипсовых вяжущих получены конкурентоспособные штукатурные гипсовые сухие смеси повышенной водостойкости.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** композиционное гипсовое вяжущее, комплексная гидравлическая добавка, гипсовые штукатурные сухие смеси.

**Khaliullin M.I.** – candidate of technical sciences, associate professor

**Gaifullin A.R.** – post-graduate student

**Kazan State University of Architecture and Engineering**

## **WATERPROOF CLINKER-FREE COMPOSITE GYPSUM KNITTING WITH ADDITIVES OF INDUSTRIAL WASTES**

### **ABSTRACT**

Waterproof clinker-free the composite gypsum knitting, raised indicators of which physico-technical properties are provided with creation of the strengthened structure of an artificial stone, thanks to introduction of the complex hydraulic additive including ground domain granulated slag, ground a haydite dust, a lime, supersoftener are developed. The mathematical models describing influence of components of a complex hydraulic additive on the cores physico-technical properties of an artificial stone on the basis of composite gypsum knitting are received. On the basis of developed composite gypsum knitting competitive gypsum plaster dry mixes of the raised water resistance are received.

**KEYWORDS:** composite gypsum knitting, complex hydraulic additive, plaster gypsum dry mixes.

### **Введение**

Строительные материалы на основе гипсового сырья отличаются низкими энергозатратами при производстве и лучшими экологическими показателями по сравнению с цементными материалами аналогичного назначения.

Одним из актуальных направлений, позволяющих расширить номенклатуру и область применения материалов на основе гипсовых вяжущих, является повышение их водостойкости.

В 80-х годах XX века в Московском государственном строительном университете под руководством А.В. Ферронской и В.Ф. Коровякова впервые было разработано новое поколение водостойких композиционных гипсовых вяжущих, которые получают введением в состав гипсового вяжущего органоминерального модификатора [1].

В последующих работах других исследователей [2-5] были разработаны составы водостойких композиционных гипсовых вяжущих с применением в качестве исходных компонентов различных видов активных минеральных добавок на основе природного сырья и отходов промышленности, пластифицирующих добавок.

В работах [6-8] показана эффективность введения в состав гипсового вяжущего добавок-отходов металлургической промышленности – молотых доменных гранулированных шлаков совместно с известью и активными минеральными добавками для повышения водостойкости гипсовых материалов.

Ранее проведенные нами исследования [9] позволили получить композиционное гипсовое вяжущее с введением комплексной гидравлической добавки, включающей в качестве компонентов известь и молотую керамзитовую пыль, обладающее коэффициентом размягчения в пределах 0,6-0,7 и соответствующее материалам повышенной водостойкости. С целью дальнейшего повышения водостойкости изучена возможность получения композиционного гипсового вяжущего с введением в его состав комплексной гидравлической добавки, включающей известь, молотый доменный шлак, молотую керамзитовую пыль, суперпластификатор.

### Методы и материалы

В качестве вяжущего для проведения работы применялся строительный гипс Г5БП производства ООО «Аракчинский гипс» по ГОСТ 125-79.

В работе использовался гранулированный доменный шлак Череповецкого металлургического комбината ОАО «Северсталь». Согласно данным по химическому составу шлака, представленному в таблице 1, по модулю основности шлак относится к основным. В соответствии с ГОСТ 3476-74 шлак относится ко 2 сорту. Гранулированный доменный шлак размалывался до удельной поверхности 200, 500 и 800 м<sup>2</sup>/кг.

Таблица 1

Химический состав шлака

Вид шлака	Содержание в % на абсолютно сухую навеску							Модуль основности	Модуль активности
	SiO <sub>2</sub>	CaO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	MnO	FeO	SO <sub>3</sub>		
ЧРМК	39,3	48,4	4,3	3,4	0,4	0,5	0,6	1,19	0,11

В качестве компонента комплексной гидравлической добавки применялась известь негашеная третьего сорта по ГОСТ 9179-77 производства ООО «Казанский завод силикатных стеновых материалов».

В качестве активного минерального компонента комплексной гидравлической добавки применялась керамзитовая пыль – отход производства керамзита, отобранная на заводе керамзитового гравия ООО «Камэнергостройпром» (г. Нижнекамск), размолотая до установленной в результате ранее проведенных исследований [9] оптимальной удельной поверхности 500 м<sup>2</sup>/кг.

В составе комплексной гидравлической добавки для получения композиционного гипсового вяжущего применялся суперпластификатор Полипласт СП-1 по ТУ 5870-005-58042865-05 производства ООО «Полипласт Новомосковск» (г. Новомосковск).

Комплексную гидравлическую добавку получали смешением предварительно подготовленных компонентов: молотых гранулированного доменного шлака и керамзитовой пыли, извести, суперпластификатора Полипласт СП-1.

В качестве водоудерживающей добавки при изготовлении штукатурных сухих смесей на основе композиционного гипсового вяжущего применялась добавка высокомолекулярного полиэтиленоксида (PEO-S) по ТУ 6-05-231-341-88 производства ОАО «Казаньоргсинтез».

В качестве добавки замедлителя схватывания применялась лимонная кислота по ГОСТ 908-79 производства ЗАО «Белгородский завод лимонной кислоты «Цитробел»».

В качестве заполнителя для получения штукатурных сухих смесей в работе использовался песок карьера ОАО «Комбинат нерудных материалов» (г. Казань).

Испытания композиционных гипсовых вяжущих осуществлялись по ГОСТ 125-79, образцы испытывались на прочность в возрасте 7 сут. с последующим высушиванием до постоянной массы. Испытания штукатурных сухих смесей осуществлялись по ГОСТ 31376-2008. Подвижность штукатурных растворов смесей составляла 12 см по глубине погружения конуса СтройЦНИИЛа.

Определение коэффициента размягчения осуществлялось по ТУ 21-0284757-90.

Для определения и изучения изменения минералогического состава искусственного камня на основе композиционного гипсового вяжущего при длительном твердении проведены

комплексные исследования образцов различного возраста с помощью рентгенографического и дифференциально-термического методов анализа во ФГУП «ЦНИИГеолнеруд».

Исследуемые образцы искусственного камня на основе композиционного гипсового вяжущего изготавливали из теста стандартной консистенции. Образцы испытывались в возрасте 28 сут. и 1 год твердения в нормальных условиях.

Рентгенографический анализ проводился на дифрактометре D8 ADVANCE (Bruker Axs) с геометрией Брега-Брентано в интервале углов  $5-65^\circ 2\theta$  и скоростью вращения гониометра  $1^\circ/\text{мин}$ . Препараты готовились путем запрессовки порошка исследуемого вещества в дисковую кювету. Полученные рентгенограммы обрабатывались с помощью программы EVA, входящей в комплект программного обеспечения дифрактометра DiffractPlus. Фазовый состав определяли с использованием международной базы рентгенографических данных PDF-2.

Комплексный метод дифференциально-термического анализа образцов искусственного камня на основе композиционного гипсового вяжущего включал их исследование с помощью термогравиметрического анализа (ТГ), метода дифференциальной термогравиметрии (ДТГ) и дифференциальной сканирующей калориметрии (ДСК) на синхронном термоанализаторе STA 409 PC (фирма NETZSCH, Германия). Условия съемки: интервал измерений  $25-1000^\circ\text{C}$ , скорость нагрева  $10 \text{ град}/\text{мин}$ , тигли платиновые, рабочая среда – воздух.

### Результаты и обсуждение результатов

На первом этапе работы проведены исследования влияния удельной поверхности молотого гранулированного доменного шлака, вводимого в количестве до 40 % от массы гипсового вяжущего совместно с известью (в количестве 3 %), молотой керамзитовой пылью (в количестве 20 %) и суперпластификатором Полипласт СП-1 (в количестве 0,5 %) в составе комплексной гидравлической добавки на основные показатели физико-технических свойств композиционного гипсового вяжущего.

Установлено, что наибольшие показатели прочности и коэффициент размягчения искусственного камня на основе композиционного гипсового вяжущего достигаются при введении молотого гранулированного доменного шлака в составе комплексной гидравлической добавки в количестве 15-35 % по массе при оптимальной величине удельной поверхности  $500 \text{ м}^2/\text{кг}$ .

На следующем этапе работы с применением метода ротатбельного композиционного центрального планирования эксперимента (РКЦП) проведена оптимизация составов комплексной гидравлической добавки для получения водостойкого композиционного гипсового вяжущего.

Количество вводимого суперпластификатора Полипласт СП-1 составляло 0,5 % по массе гипсового вяжущего.

Получены математические модели, описывающие влияние компонентов комплексной гидравлической добавки, 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 ( $y_2$ ) композиционного гипсового вяжущего в возрасте 28 сут. твердения в нормальных условиях:

$$y_1 = 6,306 + 0,551x_1 + 0,878x_2 + 4,730x_3 + 0,002x_1x_3 + 0,007x_2x_3 - 0,011x_1^2 - 0,029x_2^2 - 0,481x_3^2 \quad (1)$$

$$y_2 = -0,237 + 0,021x_1 + 0,035x_2 + 0,1738x_3 + 0,0003x_1x_3 - 0,0002x_2x_3 - 0,0003x_1^2 - 0,0008x_2^2 - 0,0152x_3^2 \quad (2)$$

Анализ полученных уравнений регрессии и построенных с их использованием зависимостей, представленных на рисунках 1-2, показывает следующее.

Существует область оптимальных значений количества компонентов комплексной гидравлической добавки: молотого доменного гранулированного шлака, молотой керамзитовой пыли и извести, при которых достигаются максимальные значения показателей прочности при сжатии и коэффициента размягчения искусственного камня на основе композиционного гипсового вяжущего.

Максимальные показатели прочности при сжатии 30-35 МПа, а также коэффициента размягчения 0,8-0,96, соответствующего водостойким материалам, достигаются при оптимальном содержании компонентов в составе комплексной гидравлической добавки (от массы гипсового вяжущего): молотого доменного гранулированного шлака – 15-35 %, молотой керамзитовой пыли – 10-20 %, извести – 2-4 %, суперпластификатора Полипласт СП-1 – 0,5 % .



Рис. 1. Влияние компонентов комплексной гидравлической добавки: молотого доменного гранулированного шлака, керамзитовой пыли, извести (при содержании суперпластификатора Полипласт СП-1 – 0,5 % от массы вяжущего) на прочность при сжатии искусственного камня на основе композиционного гипсового вяжущего

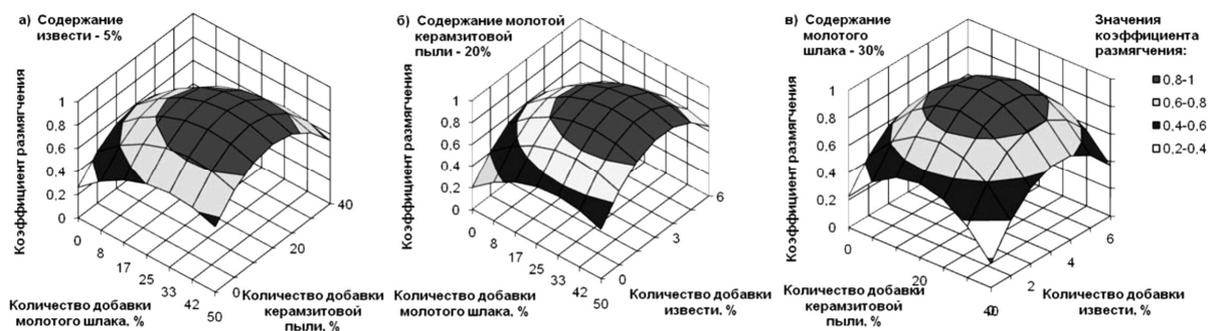


Рис. 2. Влияние компонентов комплексной гидравлической добавки: молотого доменного гранулированного шлака, керамзитовой пыли, извести (при содержании суперпластификатора Полипласт СП-1 – 0,5 % от массы вяжущего) на коэффициент размягчения искусственного камня на основе композиционного гипсового вяжущего

Увеличение в составе комплексной гидравлической добавки содержания массы 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 [8] избыточное количество извести в гипсошлакоизвестковых вяжущих системах в длительные сроки твердения вызывает образование этtringита, возникновение высоких внутренних деформаций и снижение прочности твердеющего искусственного камня.

Основные физико-технические свойства и долговечность искусственного камня на основе композиционного гипсового вяжущего в значительной степени зависят от минералогического состава и его стабильности в длительные сроки.

С помощью рентгенографического и дифференциально-термического анализа в работе был изучен минералогический состав образцов искусственного камня на основе композиционного гипсового вяжущего оптимального состава при следующем содержании компонентов комплексной гидравлической добавки в % от массы гипсового вяжущего: молотый доменный гранулированный шлак – 30 %, молотая керамзитовая пыль – 20 %, известь – 3 %, суперпластификатор Полипласт СП-1 – 0,5 % в возрасте 28 сут. и 1 год твердения в нормальных условиях. Прочность при сжатии исследованных образцов в возрасте 28 сут. и 1 год составила, соответственно, 30,5 и 35,7 МПа, коэффициент размягчения 0,92 и 0,94.

Результаты рентгенографического анализа (рис. 3) показывают следующее.

В исследованных образцах основным минералом является гипс, присутствие которого зафиксировано по наличию характерных рефлексов со значениями межплоскостных расстояний  $d = 7,65; 4,29; 3,06; 2,87; 2,68 \text{ \AA}$ .

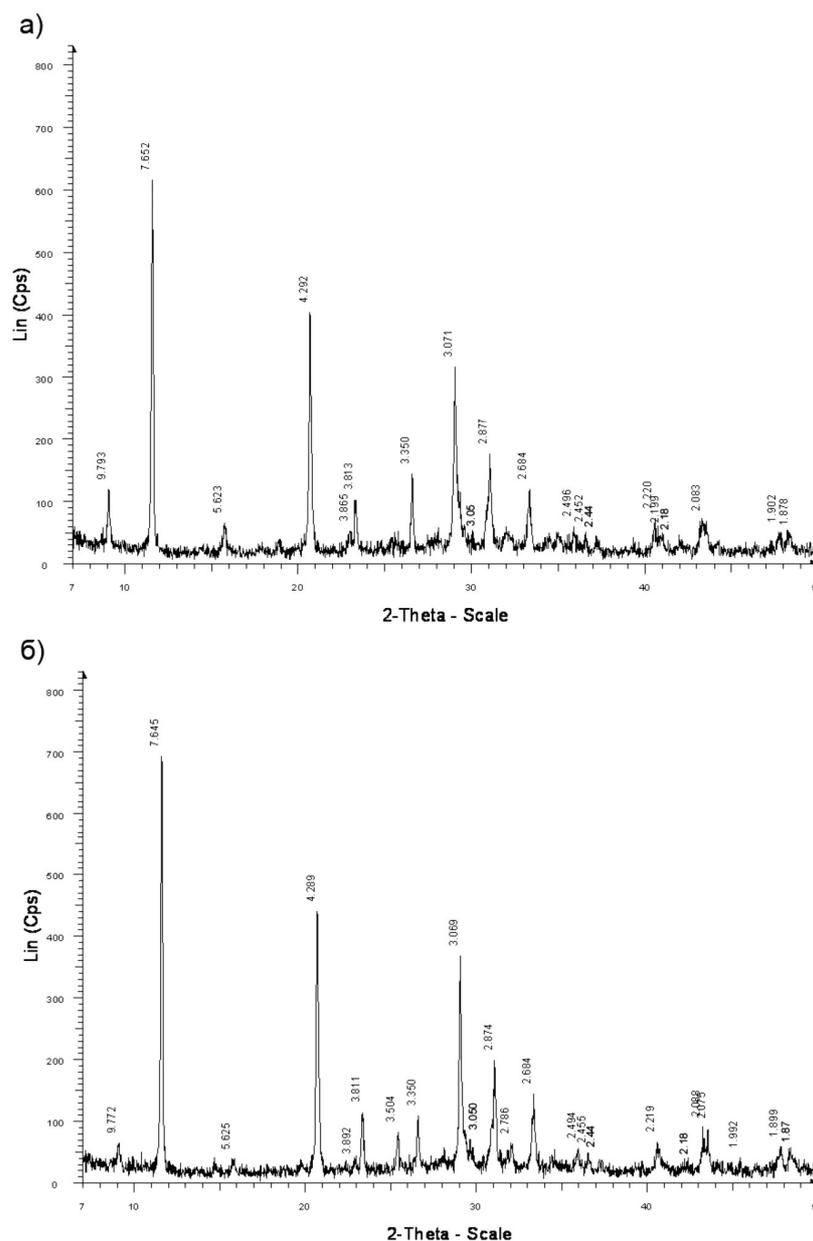


Рис. 3. Рентгенограммы образцов искусственного камня на основе композиционного гипсового вяжущего при длительности хранения в нормальных условиях: а) 28 сут., б) 1 год

По характерным рефлексам в составе образцов диагностируется этtringит ( $d=9,73; 5,61$  Å), присутствие кварца ( $d=4,26, 3,34$  Å), кальцита ( $d=3,05; 2,44; 2,18; 1,89; 1,87$  Å) ангидрита ( $d=3,50; 2,45$  Å), бассанита ( $d=6,00; 3,01$  Å), полиминеральной (преимущественно гидрослюдистой) глины ( $4,49$  Å).

Анализ рентгенограмм показывает присутствие в составе образцов новообразованной рентгеноаморфной фазы, что проявляется в виде широких дифракционных максимумов в области межплоскостных расстояний  $2,8-3,3$  Å и соответствует незакристаллизованным низкоосновным гидросиликатам кальция.

Характерные рефлексы низкоосновных гидросиликатов кальция типа CSH(B) ( $d = 3,04; 2,80; 1,82$  Å) не обнаружены, так как их перекрывают рефлексы преобладающего в рассматриваемых системах гипса.

Интенсивность линий этtringита на рентгенограммах проб образцов возраста 1 год несколько снижается по сравнению с образцами в возрасте 28 сут., то есть при длительном твердении искусственного камня происходит некоторое уменьшение содержания этtringита, образующегося в ранние сроки твердения композиционных гипсовых вяжущих.

Результаты исследований образцов искусственного камня на основе композиционного гипсового вяжущего в возрасте 28 сут. и 1 год комплексным методом дифференциально-термического анализа (рис. 4) показывают следующее:

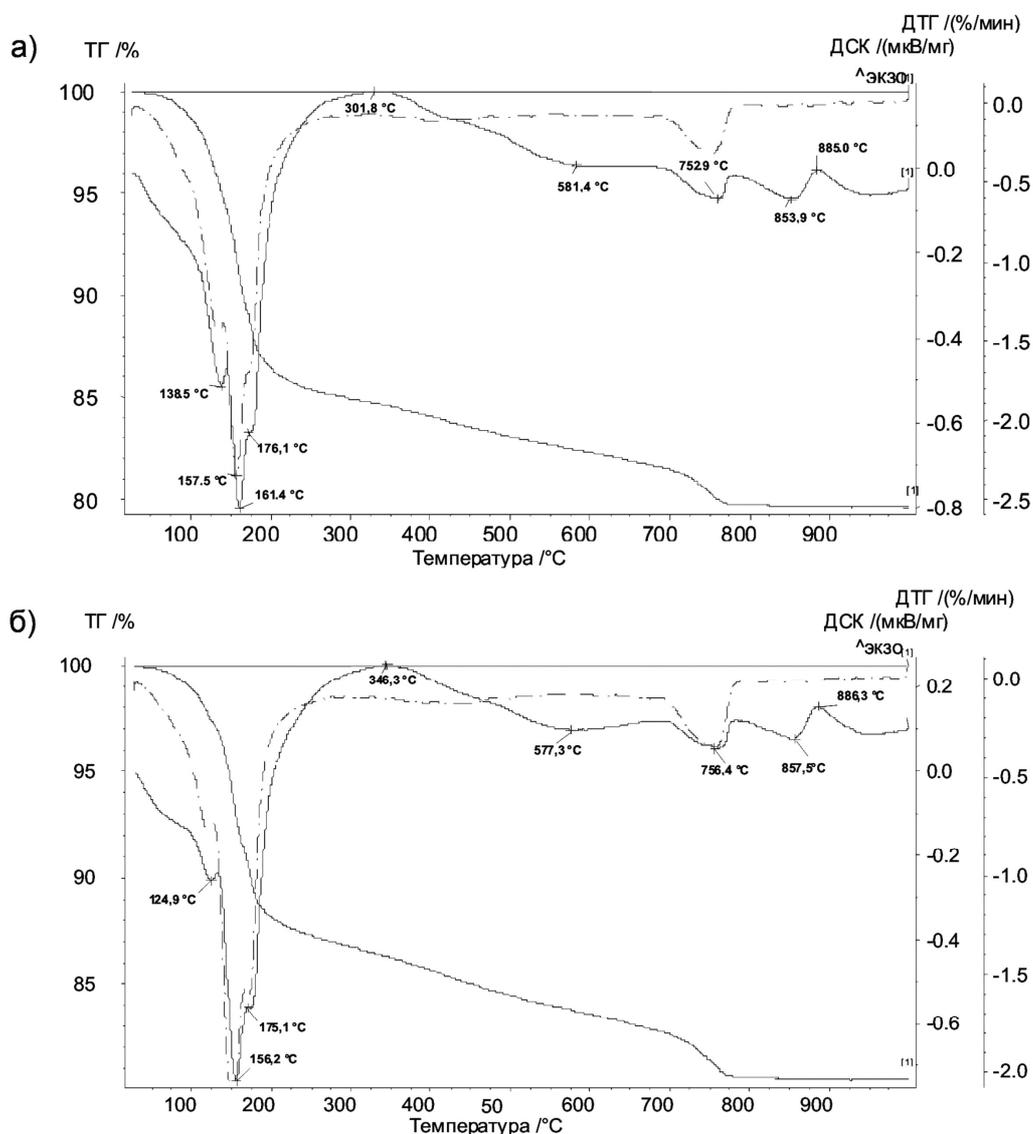


Рис. 4. Термограммы образцов искусственного камня на основе композиционного гипсового вяжущего при длительности хранения в нормальных условиях: а) 28 сут., б) 1 год

Для всех проб, как в возрасте 28 сут., так и в возрасте 1 год, в низкотемпературной области нагрева 30-250 °C наблюдаются эндоэффекты, связанные с удалением кристаллогидратной воды. Потери массы в данном интервале составляют соответственно 15,11-13,25 % мас.

Эндоэффект с максимумами при температурах 138,5 °C и 124,9 °C соответствует удалению кристаллогидратной воды у эттрингита.

Двойной эндоэффект с максимумами при температурах 161,4 °C, 176,1 °C и 156,2 °C, 175,1 °C на кривой ДСК, дублирующийся эффектами на кривой ДТГ, характеризуют процесс удаления кристаллогидратной воды у гипса.

В интервале температур 250-660 °C во всех пробах регистрируется постепенная потеря массы в пределах 3,25-3,87 % масс. без явно выраженных максимумов термического превращения. Экзоэффекты с максимумами при температурах 301,8 °C и 346,3 °C соответствуют инверсии кристаллической решетки при переходе растворимого ангидрита в нерастворимый. Эндоэффекты с максимумами при температурах 581,4 °C и 577,3 °C связаны с превращением б-модификации кварца в в-модификацию.

В высокотемпературной области по ДСК-кривым наблюдается следующие друг за другом термические эффекты процессов полиморфных превращений и структурообразования, в том числе связанные с реликтовыми минералами доменного шлака.

С увеличением температуры в интервале 660-825 °С во всех образцах фиксируется эндозффект с максимумами при температурах 853,9 °С и 857,5 °С, соответствующий диссоциации кальцита с потерей массы.

В областях температур 650-850 °С на кривых наблюдаются термические эффекты, связанные с гидросиликатом кальция типа CSH(B): эндозффект при температурах 752,9 °С и 756,4 °С с потерей массы при дегидратации и экзозффект при 885,0 °С и 886,3 °С при кристаллизации волластонита (CS).

Таким образом, в результате проведенных комплексных исследований с применением методов рентгенографического и дифференциально-термического анализа установлено, что минералогический состав искусственного камня на основе композиционного гипсового вяжущего включает гипс, низкоосновные гидросиликаты кальция типа CSH(B), этtringит, кальцит, кварц, ангидрит, бассанит, полиминеральную (преимущественно гидрослюдистой) глину.

При твердении искусственного камня на основе композиционного гипсового вяжущего в течение 1 года сохраняется относительно постоянный минералогический состав при некотором уменьшении содержания этtringита по сравнению с ранними сроками твердения. При этом происходит смещение основных максимумов термических эффектов в сторону повышенных температур, что свидетельствует об усилении структуры искусственного камня при длительном твердении и подтверждается увеличением прочности при сжатии образцов искусственного камня в возрасте 1 год хранения в нормальных условиях на 17 % по сравнению с образцами в возрасте 28 сут. хранения в аналогичных условиях. Создание более плотной, прочной и водостойкой структуры искусственного камня, основной вклад в формирование которого на ранних этапах твердения вносят гипс и этtringит, при длительном твердении обеспечивается образованием низкоосновных гидросиликатов кальция типа CSH(B) в результате протекания реакций между компонентами комплексной гидравлической добавки и кальцита.

Результаты испытаний образцов искусственного камня на основе композиционного гипсового вяжущего на воздухостойкость при попеременном увлажнении-высушивании демонстрируют достаточно высокие показатели эксплуатационных свойств. Образцы выдерживают 75 циклов попеременного увлажнения-высушивания и являются воздухостойкими.

На основе разработанных водостойких композиционных гипсовых вяжущих при введении заполнителя - кварцевого песка в количестве до 50 % по массе – были получены штукатурные гипсовые сухие смеси повышенной водостойкости, представленные в таблице 2.

Таблица 2

**Показатели основных физико-технических свойств  
штукатурных гипсовых сухих смесей повышенной водостойкости**

Наименование свойств	Показатели свойств разработанных штукатурных гипсовых сухих смесей	Нормативные требования по ГОСТ 31377-2008
Водопотребность, %	45-50	–
Подвижность, см	8-12	–
Начало схватывания, мин	90-120	90
Жизнеспособность, час	90-120	–
Водоудерживающая способность, %	97-98	95
Прочность при сжатии, МПа	5-16	не менее 2,0
Прочность на растяжение при изгибе, МПа	2,5-5,8	не менее 1,0
Прочность сцепления с основанием, МПа	0,5-0,6	не менее 0,3
Коэффициент размягчения	0,6-0,75	–

По показателям основных физико-технических свойств штукатурные гипсовые сухие смеси повышенной водостойкости отвечают нормативным требованиям, соответствуют или превосходят существующие аналоги.

### Заключение

Таким образом, в результате проведенных исследований разработаны водостойкие бесклинкерные композиционные гипсовые вяжущие, повышенные показатели физико-технических свойств которых обеспечиваются созданием усиленной структуры искусственного камня, благодаря введению комплексной гидравлической добавки, включающей подобранные в оптимальном количестве компоненты: молотый доменный гранулированный шлак – 15-35 %, молотую керамзитовую пыль – 10-20 %, известь – 2-4 %, суперпластификатор Полипласт СП-1 – 0,5-1 % от массы гипсового вяжущего.

Получены математические модели, описывающие влияние компонентов комплексной гидравлической добавки, включающей молотые доменные гранулированные шлаки, керамзитовую пыль, известь, суперпластификатор, на основные физико-технические свойства искусственного камня на основе композиционных гипсовых вяжущих.

В результате выполненных комплексных исследований с применением методов рентгенографического и дифференциально-термического анализа установлено, что создание более плотной, прочной и водостойкой структуры искусственного камня, основной вклад в формирование которого на ранних этапах твердения вносят гипс и сульфат алюмината кальция, при длительном твердении обеспечивается образованием низкоосновных гидросиликатов кальция типа CSH(B) в результате протекания реакций между компонентами комплексной гидравлической добавки, а также кальцита, образующегося при карбонизации извести. Благодаря оптимально подобранному составу комплексной гидравлической добавки образование этtringита происходит на начальных этапах твердения, а при длительном твердении происходит уменьшение его содержания, что обеспечивает стабильность свойств твердеющего искусственного камня.

Полученные на основе разработанных водостойких композиционных гипсовых вяжущих штукатурные гипсовые сухие смеси по показателям основных физико-технических соответствуют нормативным требованиям, а по ряду показателей превосходят их. Высокие показатели водостойкости позволяют расширить область применения разработанных штукатурных гипсовых сухих смесей для отделочных работ в помещениях с повышенной влажностью (более 60 %). Так как составы разработанных композиционных вяжущих предусматривают замену до 55 % строительного гипса на промышленные отходы – молотые доменные гранулированные шлаки и керамзитовую пыль, разработанные штукатурные гипсовые сухие смеси являются конкурентоспособными относительно существующих аналогов.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ферронская А.В., Коровяков В.Ф., Чумаков Л.Д., Мельниченко С.В. Водостойкие гипсовые вяжущие низкой водопотребности для зимнего бетонирования//Строительные материалы, 1992, № 5. – С. 24-26.
2. Садуакасов М.С., Румянцев Б.М., Аасад М. Регулирование структурообразования камня из ГВНВ добавкой портландцемента// Изв. вузов. Строительство, 1993, № 5-6. – 19 с.
3. Айрапетов Г.А., Панченко А.И., Несветаев Г.В., Нечушкин А.Ю. Многокомпонентное бесклинкерное водостойкое гипсовое вяжущее// Строительные материалы, 1996, № 1. – С. 28-29.
4. Халиуллин М.И., Алтыкис М.Г., Рахимов Р.З. Композиционное гипсовое вяжущее на основе местного сырья// Актуальные вопросы строительства. Вторые Соломатовские чтения. Материалы Всероссийской научно-технической конференции. – Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2003. – С. 156-157.
5. Сагдатуллин Д.Г., Морозова Н.Н., Хозин В.Г. Реологические характеристики водных суспензий композиционного гипсового вяжущего и его компонентов // Известия КазГАСУ, 2009, № 2. – С. 263-268.
6. Будников П.П. Гипс, его исследование и применение. – М.: Госстройиздат, 1943. – 373 с.
7. Булычев Г.Г. Смешанные гипсы. Производство и применение в строительстве. – М., 1952. – 134 с.

8. Волженский А.В., Роговой М.И., Стамбулко В.И. Гипсоцементные и гипсошлаковые вяжущие материалы и изделия. – М.: Госстройиздат, 1960. – 162 с.
9. Халиуллин М.И., Гайфуллин А.Р. Штукатурные сухие смеси на основе композиционного гипсового вяжущего повышенной водостойкости компонентов // Известия КазГАСУ, 2010, № 2. – С. 292-296.

#### REFERENCES

1. Ferronskaja A.V., Korovjakov V.F., Chumakov L.D., Melnichenko S.V. Waterproof gypsum knitting low water requirement for winter concreting//Building materials, 1992, № 5. – P. 24-26.
2. Saduakasov M.S., Rumjantsev B.M., Aasad M. Regulation of structurization of a stone from GK an additive of portland cement//Proceedings of the universities. Construction, 1993, № 5-6. – 19 p.
3. Ajrapetov G.A., Panchenko A.I., Nesvetaev G.V., Nechushkin A.J. Multicomponent clinker-free waterproof gypsum knitting//Building materialy, 1996, № 1. – P. 28-29.
4. Khaliullin M.I., Altykis M.G., Rakhimov R.Z. Composite gypsum knitting on the basis of local raw materials//Building Pressing questions. The second Solomatovsky readings. Materials of the All-Russia scientific and technical conference. – Saransk: Publishing house Mordov. Uny. 2003. – P. 156-157.
5. Sagdatullin D.G., Morozova N.N., Hozin V.G. Reological characteristics of water suspensions of composite gypsum knitting and its components// News of the KSUAE, 2009, № 2. – P. 263-268.
6. Budnikov P.P. Gypsum, its research and application: Gosstroyisdat, 1943. – 373 p.
7. Bulychyov G.G. The Mixed plasters. Manufacture and application in building. – М., 1952. – 134 p.
8. Volzhensky A.B., Rogovoi M.I., Stambulko V.I. Gypsumcement and gypsumshlag knitting materials and products. – М.: Gosstroyisdat, 1960. – 162 p.
9. Khaliullin M.I., Gaifullin A.R. Plaster dry mixes on the basis of composite gypsum knitting the raised water resistance// News of the KSUAE, 2010, № 2. – P. 292-296.

УДК 691.327

**Хохряков О.В.** – кандидат технических наук

E-mail: [olvik@list.ru](mailto:olvik@list.ru)

**Бахтин М.А.** – магистр

**Казанский государственный архитектурно-строительный университет**

## **О РОЛИ ИЗМЕНЕНИЯ СОСТОЯНИЯ ВОДЫ В ТВЕРДЕЮЩЕМ ЦЕМЕНТЕ НИЗКОЙ ВОДОПОТРЕБНОСТИ**

### **АННОТАЦИЯ**

В статье обосновывается зависимость свойств цемента низкой водопотребности (ЦНВ) от скорости его взаимодействия с водой в первые часы. Показано, что она вносит весомый вклад в изменение соотношения между свободной, адсорбированной и химически связанной водой, а это существенно определяет водопотребность и подвижность бетонных смесей на ЦНВ. Установлено, что молекулы воды проявляют повышенную адсорбционную активность по отношению к частицам ЦНВ. Образованный адсорбционный слой замедляет гидратацию ЦНВ, что подтверждается результатами тепловыделения цементного теста.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** адсорбция, водопотребность, цемент низкой водопотребности.

**Khohryakov O.V.** – candidate of technical science

**Bahtin M.A.** – magistrate

**Kazan State University of Architecture and Engineering**

## **ABOUT THE ROLE OF CHANGES IN STATE OF WATER IN HARDENING CEMENT OF LOW WATER REQUIREMENT**

### **ABSTRACT**

In article dependence of properties of cement of low water requirement (CLWR) from speed of its interaction with water during the first hours is proved. It is shown that it makes the huge contribution to parity change between the free, adsorbed and chemically connected water, and it essentially defines water requirement and mobility of concrete mixes on CLWR. It is established that water molecules show the raised superficial activity in relation to particles CLWR. The formed blanket slows down hydration CLWR that proves to be true results of a thermal emission of the cement test.

**KEYWORDS:** adsorption, water requirement, cement of low water requirement.

По современным представлениям поверхности твердых цементных частиц, обладая нескомпенсированными силами, притягивают молекулы воды, которые, все глубже проникая в частицы, уплотняются, теряют подобие обычной жидкости и даже приобретают свойства твердого тела (упругость и прочность). Толщина такого уплотненного молекулярного слоя воды может достигать 0,15 мкм. С удалением от этой поверхности воздействие молекулярных сил ослабевает и в итоге вода по структуре и плотности ничем не отличается от обычной воды [1, 2, 3].

На этом этапе характер взаимодействия между частицами цемента и воды, главным образом, носит флокуляционный характер. Образуются так называемые флокулы, представляющие собой агрегаты частиц цемента с заземленными в их межзерновом пространстве молекулами воды. Доминирующую роль при этом взаимодействии играют электрические заряды, образующиеся на острых углах и ребрах частиц. Вода во флокулах становится неподвижной, поэтому смесь обладает высокой связностью и незначительной подвижностью.

Как правило, процесс «поглощения» молекул воды частицами цемента протекает постепенно, до начала этапа кристаллообразования. Зависит этот процесс от многих факторов, таких как минералогический состав цемента, наличие химических и минеральных добавок, гранулометрический состав частиц, температура твердения и пр. Главное, что скорость проникновения молекул воды в поверхностные слои цементных частиц вносит весомый вклад в изменение соотношения между свободной, адсорбированной и химически связанной водой, а значит, существенно определяет водопотребность цементных систем, которая, в свою очередь, влияет на их подвижность и механическую прочность.

Описанные явления хорошо подтверждаются примерами из практики, известными бетонщикам-технологам. Например, в зависимости от порядка загрузки сырьевых материалов в смесительное оборудование одна и та же бетонная смесь может иметь различную подвижность (рис. 1).

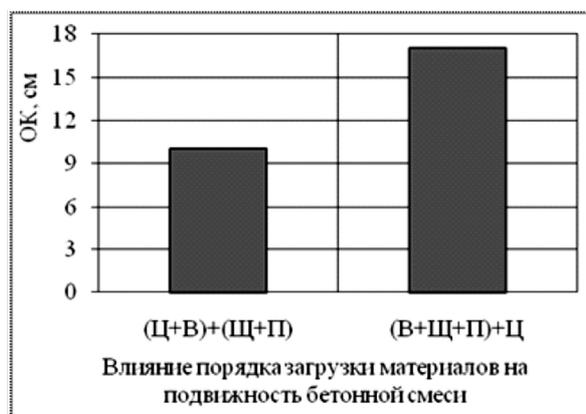


Рис. 1

При первоначальном перемешивании цемента и воды в течение нескольких минут с последующим добавлением крупного и мелкого заполнителя подвижность готовой бетонной смеси оказывается ниже, чем при предварительном смешении заполнителей с водой и последующим добавлением цемента. При первом варианте загрузки относительно большая часть воды успевает проникнуть в поверхностные слои частиц цемента, соответственно, уменьшается доля свободной воды в межзерновом пространстве, обеспечивающей необходимую текучесть бетонной смеси. Во втором случае её подвижность относительно выше, поскольку доля адсорбированной воды невелика.

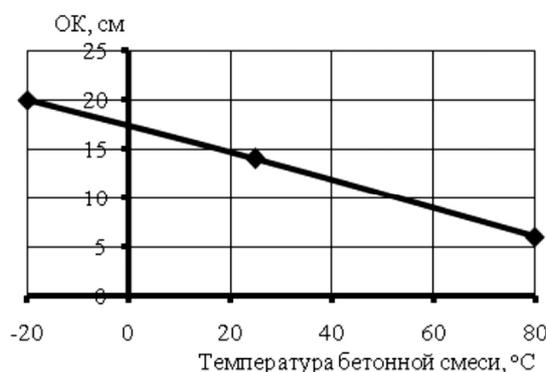


Рис. 2. Зависимость подвижности бетонной смеси от её температуры

Вторым весьма показательным примером является зависимость подвижности бетонной смеси от её температуры (рис. 2). При охлаждении сырьевых материалов смеси её подвижность возрастает, а при нагревании, наоборот, существенно падает. Очевидно, что скорость адсорбции воды цементом в последнем случае на порядок выше, чем в первом, поэтому объем свободной воды резко снижается. Именно поэтому горячую воду при приготовлении бетонной смеси в холодное время года добавляют к остальным материалам в последнюю очередь.

При регулировании подвижности бетонной смеси этими и другими подобными технологическими приемами изменяется её водопотребность, а значит, предопределяется весь комплекс физико-механических свойств будущего бетона.

Весьма характерно процесс «впитывания» молекул воды цементными частицами происходит в ЦНВ. Это сопровождается значительным снижением его водопотребности, что дает возможность затворять бетонные смеси на ЦНВ существенно меньшим расходом воды (на 20-30 %) в сравнении с бетонными смесями, приготовленными на рядовых портландцементях.

Как известно [4, 5], традиционный способ получения ЦНВ заключается в совместном измельчении цементного клинкера или бездобавочного портландцемента с сухим суперпластификатором. Третьим возможным (но не обязательным) компонентом могут быть наполнители различной химической природы и происхождения (кремнеземистые, карбонатные и др.). По мнению авторов [4, 5], в процессе измельчения происходит механохимическое взаимодействие молекул суперпластификатора с поверхностью цементных частиц. Возникают новые свободные валентности на вновь образованных поверхностях клинкерных минералов, главным образом, алита и четырехкальциевого алюмоферрита. Образование этих свободных валентностей сопровождается прививкой частиц суперпластификатора по двум механизмам: молекулярно-плотной агрегацией клинкера с суперпластификатором и его хемосорбцией на цементных частицах. Итогом указанных процессов, по мнению ученых [4, 5], является образование «микрокапсул» (или «адсорбционных комплексов»), представляющих собой цементные частицы с плотной оболочкой из молекул суперпластификатора. Утверждается, что в момент затворения молекулы воды не могут проникнуть в «микрокапсулу» и поэтому остаются в межзерновом пространстве, обеспечивая повышенную текучесть бетонным смесям на ЦНВ. С другой стороны, рассматриваемые явления связываются со скоростью растворения суперпластификатора. Он как анионоактивное вещество «втирается» в поверхность положительно заряженных цементных зерен ЦНВ, поэтому его отрыв от них, затворенных водой, затрудняется и растворение замедлено.

Для проверки этого предположения нами было выполнено исследование по установлению изменения состояния воды в гидратирующемся цементном тесте, приготовленном, в первом случае, на ПЦ500Д0, а, во втором, на ЦНВ-100. Содержание воды в обоих цементных вяжущих составляло 25 % от их массы. Условия твердения были выбраны таким образом, чтобы исключалось испарение влаги. ЦНВ-100 получен измельчением ПЦ500Д0 с 1 % суперпластификатора С-3 до удельной поверхности 450 м<sup>2</sup>/кг.

Содержание свободной воды  $W_{св}$  в цементном тесте определяли путем его высушивания при температуре 70-80 °С до постоянной массы. Долю адсорбционной воды устанавливали по формуле:

$$W_{ад} = W - W_{св},$$

где  $W$  – содержание воды, полученное при высушивании цементного теста при температуре 110-120 °С до постоянной массы.

Долю химически связанной воды устанавливали по формуле:

$$W_{хс} = W_1 - W_{св} - W_{ад},$$

где  $W_1$  – содержание воды, полученное путем термообработки цементного теста при температуре 600±20 °С.

Содержание свободной, адсорбционной и химически связанной воды определяли в цементном тесте через 3, 6, 9 и 24 часа с момента затворения.

Результаты представлены на рис. 3 и 4.

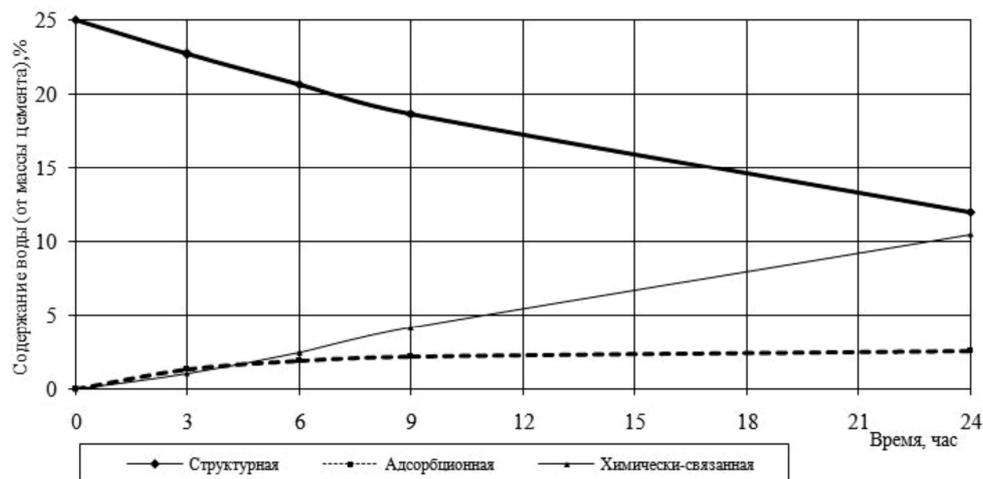


Рис. 3. Изменение состояния воды в твердеющем ПЦ500Д0

Как следует из рис. 3, содержание свободной воды в ПЦ500Д0 непрерывно убывает и постепенно переходит в адсорбционное и химически связанное состояние. Через сутки доля несвязанной воды

составляет всего 12 %. Первоначально (до 6 ч) количество адсорбционной и химически связанной воды сопоставимо друг с другом. Однако через 24 часа доля последней в 4 раза превысила первую.

Из рис. 4 видно, что первоначальная гидратация ЦНВ-100 сопровождается резким ростом адсорбционно-связанной воды до 5 % за счет воды, находящейся в несвязанном состоянии. Примечательно, что в дальнейшем доля этой адсорбционно-связанной воды не сохраняется, а плавно переходит в химически связанную. Через сутки содержание воды в указанных состояниях как для ПЦ500Д0, так и для ЦНВ-100 практически идентично.

Из полученных результатов можно заключить, что молекулы воды при контакте с частицами ЦНВ-100 «не задерживаются» в межзерновом пространстве, а интенсивно с ними взаимодействуют (в сравнении с рядовым портландцементом) и прочно связываются. Вероятнее всего, на поверхности цементных зерен образуется плотная сольватная оболочка, представляющая собой смесь мельчайших частиц с адсорбционно удерживаемой водой, а промежуточной связкой между ними выступает суперпластификатор. Сольватная оболочка становится реологической матрицей и выполняет функцию «смазки» между более «грубыми» цементными зёрнами, что облегчает текучесть бетонной смеси.

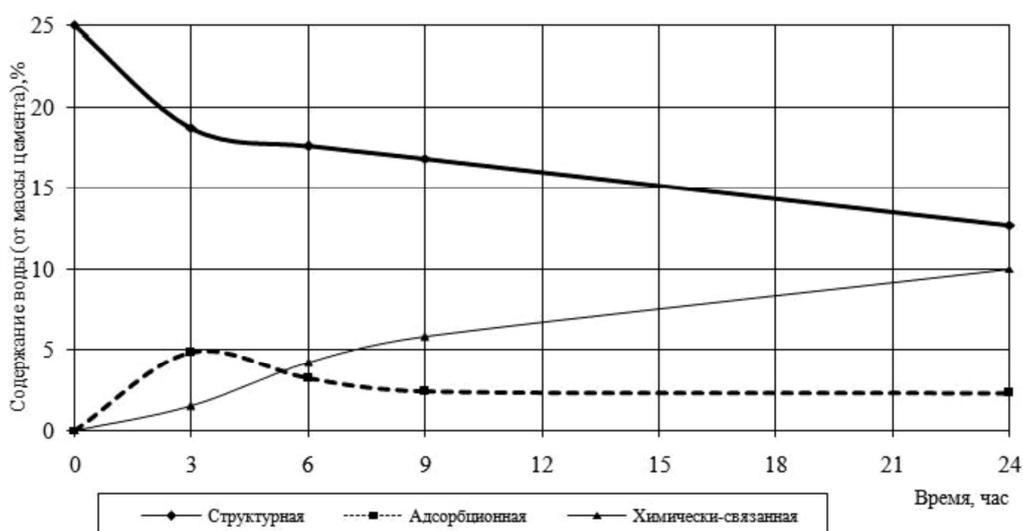


Рис. 4. Изменение состояния воды в твердеющем ЦНВ-100

Побочным эффектом действия образованной оболочки является блокирование доступа новых порций воды к более глубинным слоям цементных зерен, что существенно замедляет процесс гидратации. Это можно проследить по интенсивности тепловыделения цементного теста.

На рис. 5 изображен характер тепловыделения цементного теста, начиная со второй минуты от затворения цементных вяжущих водой. Измерение выполняли с интервалом в одну минуту и закончили через 24 часа. В качестве исследуемых приняты портландцемент ПЦ500Д0 и ЦНВ-100, содержащий 1 % суперпластификатора С-3. Удельная поверхность вяжущих составляла 2800 и 4500 см<sup>2</sup>/г, соответственно.

Как видно из рис. 5, тепловыделение цементного теста, приготовленного из рядового портландцемента, на начальном этапе протекает интенсивней в сравнении с ЦНВ-100. В первые пять минут тепловыделение ПЦ500Д0 оказалось на 10-15 % больше. В дальнейшем (после 20 мин.) кривые тепловыделения обоих вяжущих выравниваются, т.е. наступает индукционный период. Однако через 5 часов (300 мин.) они вновь расходятся, и снова начинает преобладать тепловыделение ПЦ500Д0. Полученные результаты указывают на то, что «прорыв» сольватной оболочки ЦНВ-100 происходит намного позже. Резкий подъем кривой тепловыделения ЦНВ-100 после 10-12 часов (600-720 мин.) свидетельствует о начале лавинообразного процесса взаимодействия частиц цемента с молекулами воды.

Здесь необходимо остановиться и на практической стороне вопроса. Замедленная гидратация негативно сказывается на структуре ЦНВ-бетонов, подвергаемых тепловлажностной обработке по стандартному режиму (3+3+6+3, t=80 °С). Обычно такой бетон с поверхности разрыхляется, образуются трещины и околы. Связано это с низкой

первоначальной прочностью, не способной сопротивляться температурным деформациям. Решение проблемы видится нами в снижении температуры изотермического прогрева (до  $t=50\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) или удлинении времени предварительной выдержки бетона (не менее 7 часов).

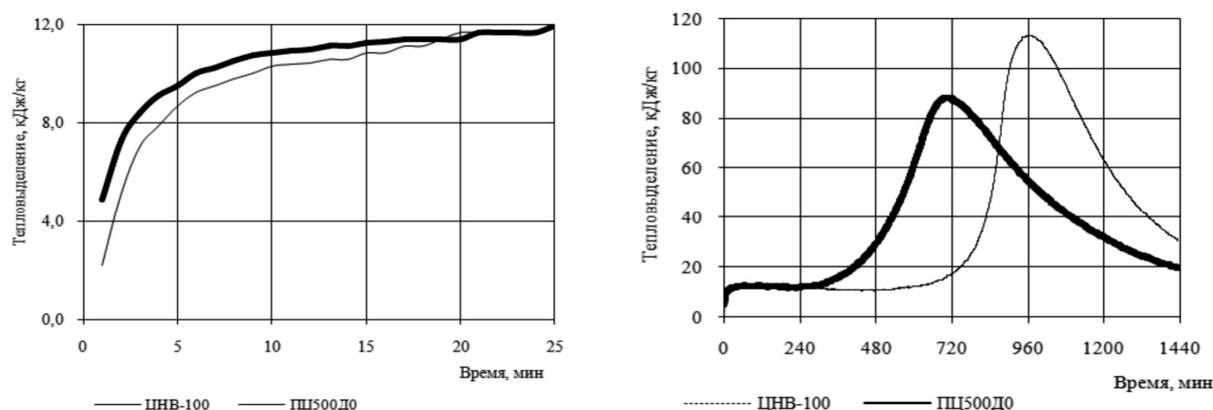


Рис. 5. Тепловыделение цементного теста с В/Ц=0,5  
слева – тепловыделение за 25 мин., справа – тепловыделение за 1440 мин. (24 часа)

Из вышеизложенного следует, что скорость и глубина проникновения молекул воды в цементные зерна существенно определяют свойства затвердевших цементных вяжущих и особенно ЦНВ. Образование тонкодисперсной цементной оболочки с адсорбционно удерживаемой водой облегчает текучесть бетонных смесей на ЦНВ, следовательно, появляется резерв для снижения их водопотребности, а это является ключевым фактором для улучшения комплекса физико-механических свойств будущего бетона.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ахвердов И.Н. Основы физики бетона. – М.: Стройиздат, 1981. – 464 с.
2. Дворкин Л.И. и др. Практическое бетоноведение в вопросах и ответах: Справочное пособие – СПб.: ООО «Строй-бетон», 2008. – 328 с.
3. Волженский А.В. Минеральные вяжущие вещества: Учеб. для вузов. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1986. – 464 с.
4. Батраков В.Г. Модифицированные бетоны. Теория и практика. – 2-е изд., перераб. и доп. – М., 1998. – 768 с.
5. Бикбау М.Я. Нанотехнологии в производстве цемента. – М.: ОАО «Московский институт материаловедения и эффективных технологий», 2008. – 768 с.

### REFERENCES

1. Ahverdov I.N. Bases of physics of concrete. – M.: Stroyizdat, 1981. – 464 p.
2. Dvorkin L.I., etc. Practical Science about concrete in questions and answers: Handbook. – SPb.: Open Company «System-concrete», 2008. – 328 p.
3. Volgensky A.V. Mineral knitting substances: Studies. The grant for high schools. The 4<sup>nd</sup> ed., revised and expanded. – Moscow.: Stroyizdat, 1986. – 464 p.
4. Batrakov V.G. Modified concrete. Theory and Practice. The 2<sup>nd</sup> ed., revised and expanded. – Moscow, 1998. – 768 c.
5. Bickbau M.J. Nano-technology in the cement production. – Moscow: «The Moscow Institute of Material Research and Effective Technologies», Ltd., 2008. – 768 p.



УДК 691.33

**Гришин И.В.** – аспирант

E-mail: [il6357@yandex.ru](mailto:il6357@yandex.ru)

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

E-mail: [kayumov@rambler.ru](mailto:kayumov@rambler.ru)

**Иванов Г.П.** – кандидат технических наук, доцент

E-mail: [ivanovGPI@mail.ru](mailto:ivanovGPI@mail.ru)

**Казанский государственный архитектурно-строительный университет**

## **К РАСЧЁТУ ПОКРЫТИЙ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ МОСТОВ С ОРТОТРОПНОЙ ПЛИТОЙ НА ТЕМПЕРАТУРНЫЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ**

### **АННОТАЦИЯ**

Рассмотрены 3 расчётные модели, позволяющие приближённо оценить напряжённо-деформированное состояние (НДС) асфальтобетонных покрытий металлических мостов с ортотропной плитой и их сопротивляемость образованию трещин. Первая модель описывает плиту, защемлённую по краям. Вторая модель описывает свободную плиту с деформациями, постоянными по толщине. Третья модель описывает свободную плиту с деформациями, линейно изменяющимися по толщине.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** металлические мосты, ортотропная плита, асфальтобетонные покрытия, расчёт покрытий, температурные напряжения.

**Grishyn I.V.** – post-graduate student

**Kayumov R.A.** – doctor of physicomathematical sciences, professor

**Ivanov G.P.** – candidate of technical sciences, associate professor

**Kazan State University of Architecture and Engineering**

## **ABOUT STRESSED STATE COMPUTATION OF STEEL BRIDGE ASPHALTIC PAVEMENT LAID ON ORTHOTROPIC SLAB**

### **ABSTRACT**

Three computational models are represented which allow approximately estimate stressed-strain condition of steel bridge asphaltic pavement laid on orthotropic slab. First model describes slab restrained on both edges. Second model describes free slab with deformations constant on depth. Third model describes free slab with deformations linearly changing on depth.

**KEYWORDS:** steel bridge, orthotropic slab, asphaltic pavement, pavement computation, temperature stresses.

### **Цель работы и выбор рассматриваемой конструкции и её параметров**

Целью статьи является оценка НДС асфальтобетонных покрытий металлических мостов. Это продиктовано отсутствием методов расчёта таких покрытий, вследствие чего они часто назначаются по требованиям, разработанным для автомобильных дорог. Одной из возможных причин образования трещин в покрытиях мостов может являться перепад температур. Для проверки этого предположения ниже рассмотрены 3 плоские модели многослойной плиты. Влияние скорости температурного нагружения и температуры учитывается приближённо при назначении физико-механических характеристик асфальтобетона. Напряжения определяются в продольном направлении (обозначенном индексом I, совпадающем с направлением оси моста) и в перпендикулярном ему направлении (обозначенном индексом II). В каждом направлении НДС при цилиндрическом изгибе плиты рассматривается независимо от другого направления.

Работа моделей рассматривается на примере ортотропной плиты металлического моста, со следующими размерами. Ширина ортотропной плиты (в поперечном направлении) была принята равной  $L = 4$  м. Шаг продольных рёбер  $L_3 = 0,4$  м, шаг поперечных рёбер  $L_2 = 1$  м. При этом принято 9 продольных рёбер. Значение размера плиты в продольном направлении

было принято равным  $L = 50 м$ . При этом принято 51 поперечное ребро. Геометрические параметры поперечных и продольных ребер показаны на рис. 1.

Были использованы следующие физико-механические характеристики:

- *Металл ортотропной плиты.* Модуль упругости стали  $E_{cm} = 2.06 \cdot 10^6 \frac{кг}{см^2}$ .

Коэффициент линейного температурного расширения стали предполагался не зависящим от температуры и равным  $\alpha_{cm} = 1 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ . Коэффициент Пуассона стали  $\mu_{cm} = 0.3$  [5].

- *Асфальтобетон.* Модуль упругости асфальтобетона принимался согласно [3] в зависимости от температуры (рис. 2). Значение модуля упругости в [3] определялось прикладыванием изгибающей нагрузки на образец-балку ступенями по  $0.6 \text{ кг/см}^2$  через каждые 15 сек. и указано в таблице 1. Верхнее значение соответствует кривой на рис. 2 а, нижнее – кривой на рис. 2 б. В качестве основного примем значение, соответствующее среднему арифметическому из двух имеющихся.

Таблица 1

Температура, °С	-10	-20	-30
Модуль упругости асфальтобетона, кг/см <sup>2</sup>	$4.2 \cdot 10^3$ $5 \cdot 10^3$	$10.2 \cdot 10^3$ $10 \cdot 10^3$	$16 \cdot 10^3$ $14.5 \cdot 10^3$

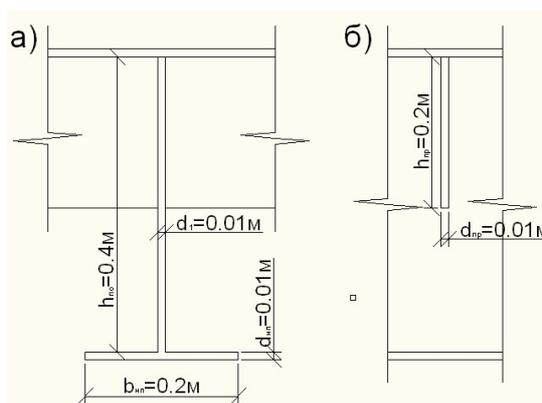


Рис. 1. а) поперечное ребро; б) продольное ребро

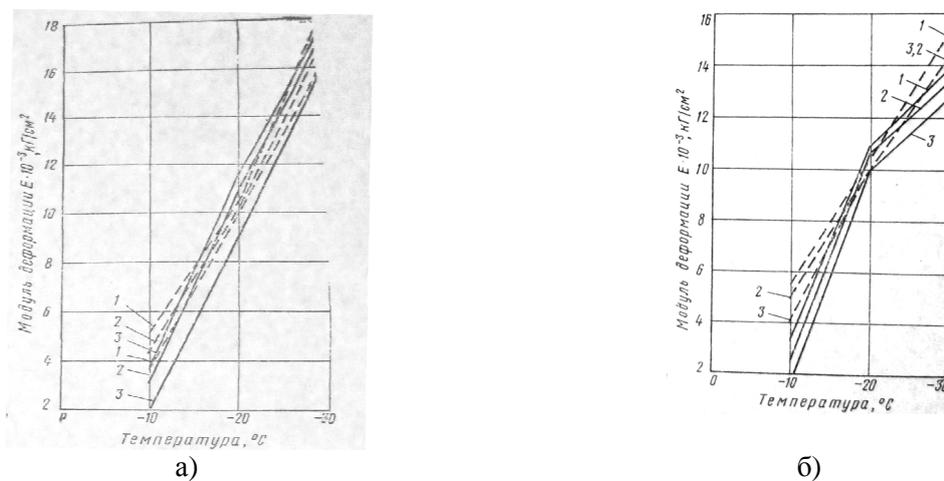


Рис. 2.

Влияние температуры на относительное удлинение  $\epsilon$  и модуль деформации  $E$  песчаного асфальтобетона:

а) 16 % минерального порошка; б) 10 % минерального порошка;

1 – 4 % битума; 2 – 6 % битума; 3 – 8 % битума;

———— битум БНД-200/300; - - - - - битум БНД-90/130

Мы располагаем в данном случае значениями для модулей упругости в диапазоне от  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Можно произвести регрессию имеющихся данных с помощью линейной функции (прямой линии). Тогда зависимость модуля упругости от температуры выразилась бы следующей функцией (в  $\text{кг}/\text{см}^2$ ):

$$E_{a\delta} = -5.05 \times 10^2 T \quad (1)$$

где  $T$  – текущая температура,  $^{\circ}\text{C}$ .

Данная формула применима в диапазоне температур от  $-10^{\circ}\text{C}$  до  $-30^{\circ}\text{C}$ .

Значения коэффициента Пуассона для асфальтобетона были приняты согласно [2] и представлены в таблице 2:

Таблица 2

Температура, $^{\circ}\text{C}$	+15	+5	-11	-20
Коэффициент Пуассона	0.29	0.18	0.09	0.07

По этим данным была проведена регрессия с помощью полинома третьей степени, в результате чего получена следующая зависимость:

$$m_{a\delta} = 0.142 + 6.573 \times 10^{-3} \times T + 1.886 \times 10^{-4} \times T^2 + 2.018 \times 10^{-6} \times T^3 \quad (2)$$

где  $T$  – текущая температура,  $^{\circ}\text{C}$ .

Необходимо отметить, что формулу (2) можно использовать в основном для отрицательных температур, т.к. при температуре более  $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$  значение  $m_{a\delta}$  приближается к 0.5, а оно должно быть в любом случае меньше. Поэтому в дальнейшем будем считать, что  $m_{a\delta} \leq 0.3$ .

Коэффициент линейного температурного расширения для асфальтобетона принимался не зависящим от температуры и равным  $a_{a\delta} = 3.5 \times 10^{-5} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$ .

- *Защитно-сцепляющий слой.* Физико-механические характеристики защитно-сцепляющего слоя (мостопласт или изопласт) в первом приближении были приняты равным характеристикам битума, как основного компонента этих материалов. Значения модуля упругости битума  $E_{з.с.}$  были приняты по [4] и представлены в таблице 3:

Таблица 3

Температура, $^{\circ}\text{C}$	+10	+5	0	-5	-10	-15	-20	-25	-30	-35
Модуль упругости, $\text{кг}/\text{см}^2$	10	17.8	31.6	56.2	100	177.8	316.2	398.1	501.2	562.3

После проведения регрессии данных из таблицы 3 с помощью полинома третьей степени в MathCAD модуль упругости защитно-сцепляющего слоя может быть представлен следующей функцией (в  $\text{кг}/\text{см}^2$ ):

$$E_{з.с.} = 14 - 5.7 \times T + 0.6 \times T^2 + 8.4 \times 10^{-3} \times T^3 \quad (3)$$

где  $T$  – текущая температура,  $^{\circ}\text{C}$ .

Значение коэффициент Пуассона для защитно-сцепляющего слоя примем равным значению для асфальтобетона  $m_{a\delta} = m_{з.с.}$ .

Значение коэффициента объёмного температурного расширения для битума согласно [1] примем равным 0.0006. В случае изотропного материала значение линейного температурного расширения очевидно можно найти по формуле  $a = \sqrt[3]{a_v + 1} - 1$ , где  $a_v$  – коэффициент объёмного температурного расширения. Тогда для битума  $a_{з.с.} = 0.0002$  в предположении независимости его от температуры.

**Модель 1.**

Рассматривается многослойная плита, с жёстким защемлением по обоим концам (рис. 3).

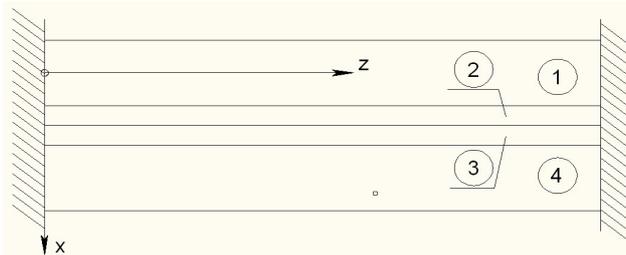


Рис. 3.

- 1 – слой асфальтобетона; 2 – защитно-сцепляющий слой;
- 3 – слой металлического настила ортотропной плиты;
- 4 – слой продольных или поперечных ребер ортотропной плиты

При этом предполагается, что поворот сечений плиты невозможен и рассматриваются только продольные смещения. Ввиду жёсткого защемления продольные деформации в любом слое равны нулю, т.е.  $e(x) = 0$ . Выражая деформации в виде суммы упругих и температурных составляющих, получим следующие уравнения, описывающие данную модель:

$$s_i^j(x) \frac{1 - m_i^2}{E_i} + a_i \times \Delta T_i(x) = 0 \tag{4}$$

где  $i$  – номер слоя;  $j$  – направление;

$\Delta T_i(x) = T_i^{(1)}(x) - T_i^{(0)}(x)$  – перепад температуры в  $i$ -ом слое;

$T_i^{(0)}(x)$  – температура в начальный момент времени в  $i$ -ом слое;

$T_i^{(1)}(x)$  – температура в текущий момент времени в  $i$ -ом слое;

$a_i$  – коэффициент линейного температурного расширения  $i$ -го слоя;

$E_i$  – модуль упругости  $i$ -го слоя для текущего значения температуры;

$m_i$  – коэффициент Пуассона  $i$ -го слоя для текущего значения температуры;

Поскольку деформации в такой модели всюду равны нулю, то взаимодействия между слоями не будет. Это означает, что каждый слой можно рассматривать независимо от других и напряжения в направлениях I и II равны. Будем исследовать только НДС асфальтобетона, поэтому будем рассматривать первый слой. Напряжения из (4) выразятся следующим образом:

$$s_1^I = s_1^{II} = - \frac{E_1}{1 - m_1^2} \times a_1 \times \Delta T_1$$

В качестве примера рассматривался случай, когда температура принималась постоянной по толщине и равной в начальный момент времени  $T_0 = +30^\circ\text{C}$ , в текущий момент времени равной  $T_1 = -32.6^\circ\text{C}$ . Для значения температуры  $T_1$  находим по формуле (1), что модуль упругости равен  $E_1 = 16.5 \times 10^3 \frac{\text{кГ}}{\text{см}^2}$ . Для  $\Delta T_1 = -62.6^\circ\text{C}$  и  $a_1 = a_{ас} = 3.5 \times 10^{-5} \text{C}^{-1}$  получаем значения напряжений:

$$s_1^I = s_1^{II} = 36.2 \frac{\text{кГ}}{\text{см}^2}$$

Предел прочности при растяжении был взят из [3], где указываются результаты испытания асфальтобетонных образцов на растяжение при изгибе. Для асфальтобетонной смеси значения предела прочности при растяжении следующие:

$$r_{-10} = 40 \frac{\text{кГ}}{\text{см}^2} \text{ – при } -10^\circ\text{C}; r_{-20} = 60 \frac{\text{кГ}}{\text{см}^2} \text{ – при } -20^\circ\text{C}; r_{-30} = 55 \frac{\text{кГ}}{\text{см}^2} \text{ – при } -30^\circ\text{C};$$

Для  $T_1 = -32.6^\circ\text{C}$  прочность была принята равной  $r_{-30} = r_{-32.6} = 55 \frac{\text{кг}}{\text{см}^2}$ . Можно видеть, что  $s_1^I = s_1^{II} < r_{-32.6}$ . Т.е. согласно данной модели при выбранном перепаде температур напряжения достигают 66 % от сопротивления разрушению.

**Модель 2.**

Рассматривается четырёхслойная плита, не имеющая закреплений на обоих краях, сечения которой не имеют возможности поворота. Т.е. имеются только продольные смещения, а из-за невозможности поворота сечения, продольные деформации постоянны по всей толщине. Схема модели приведена на рис. 4, где координаты границ слоёв обозначены как  $h_i$ .

Условие равенства деформаций по толщине коротко выражается в следующем виде:

$$\varepsilon_1 = \varepsilon_2 = \varepsilon_3 = \varepsilon_4 = c$$

Выражая деформации в полном виде, получим следующую систему уравнений:

$$\sigma_i^j(x) \frac{1 - \mu_i^2}{E_i} + \alpha_i \cdot \Delta T_i(x) = c^j \tag{5}$$

где  $i = \overline{1,4}$  – номер слоя;  $j$  – направление;

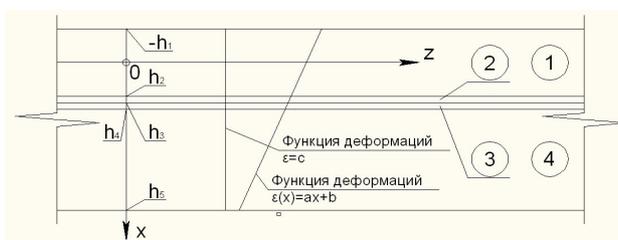


Рис. 4. 1 – слой асфальтобетона; 2 – защитно-сцепляющий слой; 3 – слой металлического настила ортотропной плиты; 4 – слой продольных/поперечных рёбер ортотропной плиты

Кроме того, т.к. концы плиты свободны, должны выполняться уравнения равновесия в виде равенства нулю равнодействующих сил в направлении I:

$$L \int_{-h_1}^{h_2} \sigma_1^I(x) dx + L \int_{h_2}^{h_3} \sigma_2^I(x) dx + L \int_{h_3}^{h_4} \sigma_3^I(x) dx + \int \sigma_4^I(x) dA = 0 \tag{6}$$

где  $h_i$  – указаны на рис. 4.

В качестве примера принимались следующие значения  $h_i$ :

$$h_1 = 0.05\text{м}, h_2 = 0.05\text{м}, h_3 = 0.055\text{м}, h_4 = 0.065\text{м}$$

И условия равновесия в направлении II вытекает:

$$L \int_{-h_1}^{h_2} \sigma_1^{II}(x) dx + L \int_{h_2}^{h_3} \sigma_2^{II}(x) dx + L \int_{h_3}^{h_4} \sigma_3^{II}(x) dx + \int \sigma_4^{II}(x) dA = 0 \tag{7}$$

Температурные условия принимались такими же, как при рассмотрении модели 1 (они дают наибольшее значение напряжений). Температура продольных и поперечных рёбер жёсткости принята равной температуре свободного края плиты и одинаковой по всей их площади.

Далее из уравнений (5) выражаем напряжения  $\sigma_i^j(x)$  через  $c^j$ , подставляем в уравнение (6), интегрируем и находим  $c^j$ . В четвёртом слагаемом формулы (6) подынтегральная функция не зависит от дифференциала площади и потому представляется в виде:

$$\sigma_i^j(x) \cdot \int dA = A_4^j \cdot \sigma_4^j(x)$$

Здесь  $A_4^I = 9 \cdot h_{np} \cdot d_{np} = 0.018\text{м}^2$  – площадь поперечного сечения всех продольных рёбер.  $A_4^{II} = 51 \cdot (A_{4cm}^{II} + A_{4no}^{II})$  – площадь поперечного сечения всех поперечных рёбер, где  $A_{4cm}^{II} = d_1 \cdot h_{no} = 0.004\text{м}^2$  – площадь поперечного сечения стенки поперечного ребра,  $A_{4no}^{II} = b_{nn} \cdot d_{nn} = 0.002\text{м}^2$  – площадь поперечного сечения полки поперечного ребра. Тогда  $A_4^{II} = 0.306\text{м}^2$ .

Остальные подынтегральные функции необходимо интегрировать. Подставляя найденные значения в уравнения (5), находим напряжения в интересующих слоях плиты.

Расчёт по вышеописанной схеме был выполнен в программе Maple 10.0. Результаты расчёта приведены ниже:

$$\sigma_1^{II} = 24.6 \frac{к\mathcal{Z}}{с\mathcal{M}^2}; \sigma_2^{II} = 6.5 \frac{к\mathcal{Z}}{с\mathcal{M}^2}; \sigma_3^I = -171.9 \frac{к\mathcal{Z}}{с\mathcal{M}^2}; \sigma_4^{II} = -171.9 \frac{к\mathcal{Z}}{с\mathcal{M}^2};$$

$$\sigma_1^I = 24.7 \frac{к\mathcal{Z}}{с\mathcal{M}^2}; \sigma_2^I = 6.5 \frac{к\mathcal{Z}}{с\mathcal{M}^2}; \sigma_3^I = -155.4 \frac{к\mathcal{Z}}{с\mathcal{M}^2}; \sigma_4^I = -155.4 \frac{к\mathcal{Z}}{с\mathcal{M}^2}.$$

Сравнивая значения напряжений в слое асфальтобетона  $\sigma_1$  со значением предела прочности на растяжение при температуре  $-32.6$  °C, равным  $r_{-32.6} = 55 \frac{к\mathcal{Z}}{с\mathcal{M}^2}$ , можно видеть, что согласно данной модели напряжения в асфальтобетоне составляют 45 % от сопротивления разрушению.

### Модель 3.

Рассматривается четырехслойная плита, не имеющая закреплений на обоих краях, для которой принимали гипотезу плоских сечений. Схема плиты и функция продольных деформаций представлена на рис. 4.

Исходя из вышесказанного, продольные деформации выражаются одной и той же линейной функцией для всех слоёв. Это условие можно представить в виде:

$$\varepsilon_1^j(x) = \varepsilon_2^j(x) = \varepsilon_3^j(x) = \varepsilon_4^j(x) = a^j \cdot x + b^j.$$

Выражая деформации в виде суммы упругих и температурных составляющих, получим следующую систему уравнений:

$$\sigma_i^j(x) \frac{1-\mu_i^2}{E_i} + \alpha_i \cdot \Delta T_i(x) = a^j \cdot x + b^j, \tag{8}$$

где  $i = \overline{1,4}$  – номер слоя;  $j$  – направление.

Кроме того, т.к. концы плиты свободны, должны выполняться следующие уравнения равновесия в виде равенства нулю суммы внутренних сил в направлении I:

$$L \cdot \int_{-h_1}^{h_2} \sigma_1^I(x) dx + L \cdot \int_{h_2}^{h_3} \sigma_2^I(x) dx + L \cdot \int_{h_3}^{h_4} \sigma_3^I(x) dx + \int \sigma_4^I(x) dA = 0 \tag{9}$$

$$L \cdot \int_{-h_1}^{h_2} \sigma_1^I(x) x dx + L \cdot \int_{h_2}^{h_3} \sigma_2^I(x) x dx + L \cdot \int_{h_3}^{h_4} \sigma_3^I(x) x dx + \int \sigma_4^I(x) x dA = 0 \tag{10}$$

Аналогично записываются уравнения равновесия в направлении II:

$$L \cdot \int_{-h_1}^{h_2} \sigma_1^{II}(x) dx + L \cdot \int_{h_2}^{h_3} \sigma_2^{II}(x) dx + L \cdot \int_{h_3}^{h_4} \sigma_3^{II}(x) dx + \int \sigma_4^{II}(x) dA = 0 \tag{11}$$

$$L \cdot \int_{-h_1}^{h_2} \sigma_1^{II}(x) x dx + L \cdot \int_{h_2}^{h_3} \sigma_2^{II}(x) x dx + L \cdot \int_{h_3}^{h_4} \sigma_3^{II}(x) x dx + \int \sigma_4^{II}(x) x dA = 0 \tag{12}$$

Температурные условия, приводящие к максимальным напряжениям, принимались аналогично моделям 1 и 2. Все обозначения соответствуют указанным ранее.

Четвёртое слагаемое в уравнении (9) может быть выражено в следующем виде:

$$l \cdot \int_{h_4}^{h_5} \sigma_4^I(x) dx,$$

где  $l = 9d_{np} = 0.9m$  – суммарная ширина всех продольных рёбер;

$h_5 = 0.265m$  – координата, соответствующая низу продольного ребра.

По такому же принципу выражается четвёртое слагаемое в выражении (10):

$$l \cdot \int_{h_4}^{h_5} \sigma_4^I(x) x dx$$

Четвёртое слагаемое в уравнениях (11) и (12) соответствует поперечному ребру, состоящему из двух элементов: стенки и полки. В связи с этим оно может быть представлено в виде суммы двух интегралов, в первом из которых подынтегральная функция выражает напряжения в стенке, а во втором – напряжения в полке:

$$\int \sigma_4^{II}(x) dA = l \int_{h_4}^{h_6} \sigma_5^{II}(x) dx + l \int_{h_6}^{h_7} \sigma_6^{II}(x) dx \tag{13}$$

$$\int \sigma_4^{II}(x) x dA = l \int_{h_4}^{h_6} \sigma_5^{II}(x) x dx + l \int_{h_6}^{h_7} \sigma_6^{II}(x) x dx \tag{14}$$

где

$l = d_1 \cdot 51 = 0.51m$  – суммарная ширина всех стенок поперечных рёбер;

$l = m \cdot 51 = 10.2m$  – суммарная ширина всех полок поперечных рёбер;

$\sigma_5^{II}(x)$  и  $\sigma_6^{II}(x)$  – функции напряжений в стенке и полке соответственно;

$h_6 = 0.465m$  – координата низа стенки поперечного ребра;

$h_7 = 0.475m$  – координата низа полки поперечного ребра.

С учетом вышеописанного для  $j = I$  соотношения для деформаций будут иметь вид (8) при  $i = 1, 4$ . Для  $j = II$  первые 3 уравнения будут иметь вид (8) при  $i = 1, 3$ , а вместо уравнения (8) при  $i = 4$  будут иметь место два уравнения вида:

$$\sigma_5^j(x) \frac{1 - \mu_5^2}{E_5} + \alpha_5 \cdot \Delta T_5(x) = a^{II} \cdot x + b^{II} \tag{15}$$

$$\sigma_6^j(x) \frac{1 - \mu_6^2}{E_6} + \alpha_6 \cdot \Delta T_6(x) = a^{II} \cdot x + b^{II} \tag{16}$$

Для определения неизвестных величин  $a^j$  и  $b^j$  выражаем из уравнения (8), (15), (16) напряжения  $\sigma_i^j(x)$  через остальные величины, подставляем в уравнения (9)-(12) и интегрируем с учётом (13), (14). В результате получим систему из четырёх уравнений с четырьмя неизвестными. Решая их, находим  $a^j$  и  $b^j$ . Используя эти значения, находим напряжения в направлении I и II из (8). Данные вычисления были проведены в программе Maple 10.0. Результаты расчёта приведены на рис. 5

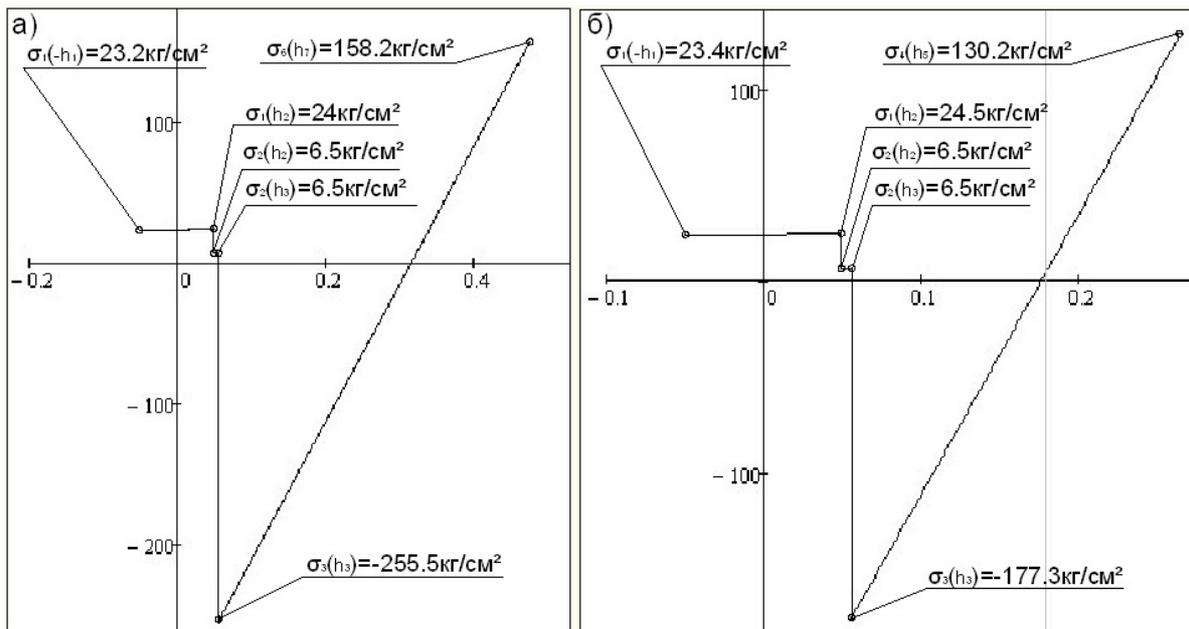


Рис. 5. а) результаты вычисления напряжений в направлении I;  
б) результаты вычисления напряжения в направлении II

**Выводы.**

Исходя из вышеописанных результатов температурный фактор можно считать достаточно сильно влияющим на НДС для необходимости его учёта. Во всех трёх моделях в асфальтобетоне возникают напряжения порядка 50 % от сопротивления материала растяжению. В данных моделях не учитывалось возможное накопление деформаций и напряжений, не учитывалось старение асфальтобетона, приводящее к увеличению модуля упругости и не учитывалось влияние колёсной нагрузки. Кроме того, рассматривался песчаный асфальтобетон, имеющий меньший модуль упругости, чем среднезернистый или мелкозернистый асфальтобетон. В случае учёта этих факторов, напряжения от каждого из них будут накладываться друг на друга, что в результате может привести к возникновению трещин. Как и ожидалось, защемление плиты по краям, рассмотренное в модели 1, приводит к наибольшим напряжениям. Возможность же поворота сечения свободной плиты в модели 3, по сравнению со свободной плитой модели 2, сечения которой не имеют возможности поворота, приводит к незначительному уменьшению напряжений. Численные эксперименты показали, что в случае более высоких значений модуля упругости асфальтобетона разница в напряжениях между всеми моделями будет возрастать, как и разница напряжений в направлении I и II.

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Гезенцевей Л.Б. Асфальтовый бетон. – М.: Стройиздат, 1964. – 448 с.
2. Горельшев Н.В., Пантелеев Ф.Н. О пластичности дорожного асфальтового бетона // Труды МАДИ, 1933, вып. 15. – С. 138-152.
3. Козлова Е.Н., Санамова С.Р. К вопросу определения деформативной способности асфальтобетона при отрицательных температурах // Труды СОЮЗДОРНИИ, 1969, вып. 34. – С. 67-77.
4. Колбановская А.С., Михайлов В.В. Дорожные битумы. – М.: Транспорт, 1973. – 264 с.
5. СНиП II-23-81\*. Стальные конструкции. – М., 1990. – 125 с.

**REFERENCES**

1. Gezencvey L.B. Asphaltic concrete. – М.: Stroyizdat, 1964. – 448 p.
2. Gorelyshev N.V., Panteleev F.N. About road asphaltic concrete plasticity // Proceedings of MARI, 1933, vol. 15. – P. 138-152.
3. Kozlova E.N., Sanamova S.P. About strain capacity definition under negative temperature conditions // Proceedings of SOYUZDORNII, 1969, vol. 34. – P. 67-77.
4. Kolbanovskaya A.S., Michaylov V.V. Road bitumens. – М.: Transport, 1973. – 264 p.
5. SNIP II-23-81\*. Steel constructions. – М., 1990. – 125 p.

УДК 625.731.8:534.1

**Осиновская В.А.** – кандидат технических наук, доцентE-mail: [onika44@mail.ru](mailto:onika44@mail.ru)**Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет**

**ОБОСНОВАНИЕ ВЕЛИЧИНЫ РАСЧЕТНОЙ СКОРОСТИ  
ДВИЖЕНИЯ АВТОМОБИЛЕЙ  
ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ НЕЖЕСТКИХ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД  
С УЧЕТОМ ИХ ВИБРАЦИОННОГО НАГРУЖЕНИЯ**

**АННОТАЦИЯ**

Статья посвящена обоснованию величины расчетной скорости движения расчетного автомобиля при конструировании нежестких дорожных одежд. Анализ проведенных автором теоретических исследований позволил рекомендовать расчетные скорости движения в зависимости от осности расчетного автомобиля.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** скорость, расчет, вибрация, нагрузка, прогиб.**Osinovskay V.A.** – candidate of technical sciences, associate professor**Moscow Automobile and Road Construction State Technical University**

**SUBSTANTIATION OF SIZE OF SETTLEMENT SPEED OF CARS AT DESIGNING  
OF FLEXIBLE PAVEMENT TAKING INTO ACCOUNT THEIR VIBRATING LOADING**

**ABSTRACT**

Article is devoted to a substantiation of size of settlement speed of movement of the settlement car at designing of flexible pavement. The analysis of the theoretical researches spent by the author has allowed to recommend settlement speeds of movement depending on axles the settlement car.

**KEYWORDS:** speed, calculation, vibration, of loading, deflection.

Несмотря на технические достижения в области проектирования и строительства дорожных одежд и внедрения современных дорожно-строительных материалов, недостаточная долговечность нежестких дорожных одежд до сих пор является одной из самых актуальных проблем дорожной отрасли не только в РФ, но и за рубежом. Причем в значительной степени это относится к нежестким дорожным одеждам, так как они составляют в РФ около 98 % всех дорог с твердым покрытием. Фактические межремонтные сроки службы дорожных одежд с асфальтобетонными покрытиями значительно ниже нормативных, что приводит к ежегодному увеличению объемов ремонтных работ и к дополнительным финансовым вложениям в дорожную отрасль.

Научные исследования, посвященные изучению поведения нежестких дорожных одежд в условиях реальной эксплуатации, позволили выявить один из важнейших факторов, который вызывает их преждевременное разрушение. Этим фактором является вибрационное нагружение дорожных конструкций. Многочисленные натурные исследования колебаний дорожных одежд, проводимые учеными научных школ СибАДИ, РГСУ, МАДИ и др., подтверждают наличие вибрационного нагружения. Однако до сих пор ведутся дискуссии о необходимости учета колебательных процессов при расчете суммарного количества нагружений нежестких дорожных одежд за срок службы.

В результате вибрационного нагружения дорожной конструкции формируются динамические прогибы, которые являются дополнительными к прогибам, возникающим под колесами движущихся автомобилей. Эти динамические прогибы по величине сопоставимы с прогибами от воздействия автомобильного транспорта на некотором временном диапазоне функционирования вибрационного процесса.

Представленные в работах [3, 4, 5] материалы статистических, теоретических и экспериментальных исследований показывают, что в общий комплекс причин повреждения и преждевременного разрушения дорожных конструкций следует включить также и наличие вибрационного воздействия. При определенных условиях вибрационное нагружение может стать основной причиной быстрого разрушения дорожных покрытий в эксплуатации.

Например, при наличии дефектов на покрытии увеличивается не только динамическая нагрузка со стороны движущихся автомобилей, но и повышается уровень собственных колебаний слоев дорожной конструкции, приводящий к резкому росту вибрационных прогибов.

В настоящее время при проектировании жестких дорожных одежд, в соответствии с действующими отраслевыми дорожными нормами ОДН 218.046-01[1], вибрационное нагружение не учитывается.

При конструкции дорожных конструкций жесткого типа назначается число дорожных слоев, выбирается материал этих слоев, проводится расчет величины нагружения от автомобильного транспорта и проверочные расчеты на прочность по трем критериям. Динамический характер нагружения от автомобильного транспорта учитывается путем введения коэффициента динамичности, равного 1,3, что эквивалентно увеличению статической нагрузки от расчетного автомобиля на 30 %. При этом в методике конструирования жестких дорожных одежд отсутствует учет скоростного режима движения автомобильного транспорта.

При учете дополнительного вибрационного нагружения жестких дорожных, в рамках действующих отраслевых дорожных норм на проектирование, необходимо дополнительно нормировать следующие параметры расчетного автомобиля:

- ✓ скорость его движения;
- ✓ массу неподдресоренных частей;
- ✓ амплитуду динамической неровности на поверхности покрытия.

Кроме того, актуальным становится вопрос выбора расчетного автомобиля с учетом его осности.

В условиях современного грузооборота значительно возросла доля многоосных грузовых автомобилей в транспортных потоках. Очевидно, что эта тенденция сохранится и в будущем. Количество осей, колесные базы и скоростные режимы движения этих автомобилей существенно влияют на уровень вибрационного нагружения дорожных конструкций и формирование амплитудно-частотного спектра динамических вибрационных прогибов.

Эксплуатация таких автомобилей выявила их повышенную разрушительную способность. Попытки объяснить это явление повышенными нагрузками, приходящимися на отдельные оси этих автомобилей, или наличие на автомобильных дорогах РФ участков, спроектированных под нагрузку 6 тс, малоубедительны. Во-первых, конструкции многоосных автомобилей известных западных фирм предусматривают установку дополнительных осей при возрастании загрузки автомобиля и установку сдвоенных осей в прицепах, что исключает возможность перегрузки отдельных осей. Во-вторых, ускоренное разрушение дорожных покрытий при эксплуатации многоосных грузовых автомобилей происходит не только в РФ, но и во всех ведущих странах мира, где дорожные одежды имеют достаточно высокие прочностные показатели. В то же время теоретические исследования показывают, что при прочих равных условиях при движении многоосных автомобилей динамические колебательные прогибы возрастают почти вдвое по сравнению с этими же показателями для двухосных грузовых автомобилей.

Характер и уровень воздействия на дорожную конструкцию со стороны движущегося автомобильного транспорта зависит в значительной мере от его скоростного режима. Теоретические и экспериментальные исследования показали, что давление на дорожную одежду со стороны движущихся автомобилей увеличивается пропорционально с ростом скорости движения примерно до скорости 80 км/ч, а затем остается практически неизменным [2]. Следовательно, на этой основе можно было бы рекомендовать эту максимально значимую скорость в качестве предельной расчетной скорости и считать, что нормативный коэффициент динамичности, равный 1,3, будет формироваться при достижении этой скорости. Однако прямой связи между величиной давления на дорожную одежду от воздействия движущегося автомобиля и уровнем колебаний, возникающих в ней в результате этого воздействия, не выявлено.

Для обоснования величины расчетной скорости проанализируем напряженно-деформированное состояние дорожной конструкции с учетом вибрационного нагружения при различных скоростях движения автомобильного транспорта. Для этого рассчитаем общие вибрационные прогибы пятислойной дорожной конструкции, формируемые после прохождения через расчетное сечение грузового автомобиля типа А в скоростном интервале от 60 км/ч до 90 км/ч.

Вибрация слоев дорожной одежды, возникающая при движении двухосного расчетного автомобиля, возбуждается двумя ударными импульсами. Первый импульс соответствует прохождению через расчетное сечение колес передней оси автомобиля, а второй импульс – прохождению колес

задней оси. В данном случае возмущение моделировалось как двойное ударное воздействие со стороны расчетного автомобиля. Временной интервал между ударными возмущениями имел функциональную зависимость от величины осевой базы автомобиля и скорости его движения.

При движении вдоль дороги автомобиль кратковременно нагружает дорожную конструкцию и в результате достаточно быстрого перемещения вертикальной силы по поверхности взаимодействия обеспечивает очень краткое воздействие этой силы на каждую точку поверхности. М.В. Немчиновым предложено называть этот процесс «горизонтальным ударом», так как результат его воздействия на конструкцию аналогичен вертикальному удару. «Горизонтальный удар» является фактором возникновения колебаний дорожной одежды при движении автомобиля по дороге.

Экспериментальные исследования М.В. Немчинова, А.В. Смирнова и С.К. Илиополова выявили, что при движении автомобилей со скоростью более 40 км/ч фиксируется ударное взаимодействие колес с поверхностью покрытия.

Полученные расчетные амплитудно-временные характеристики динамических прогибов для выбранного диапазона скоростей движения расчетного автомобиля представлены на рис. 1.

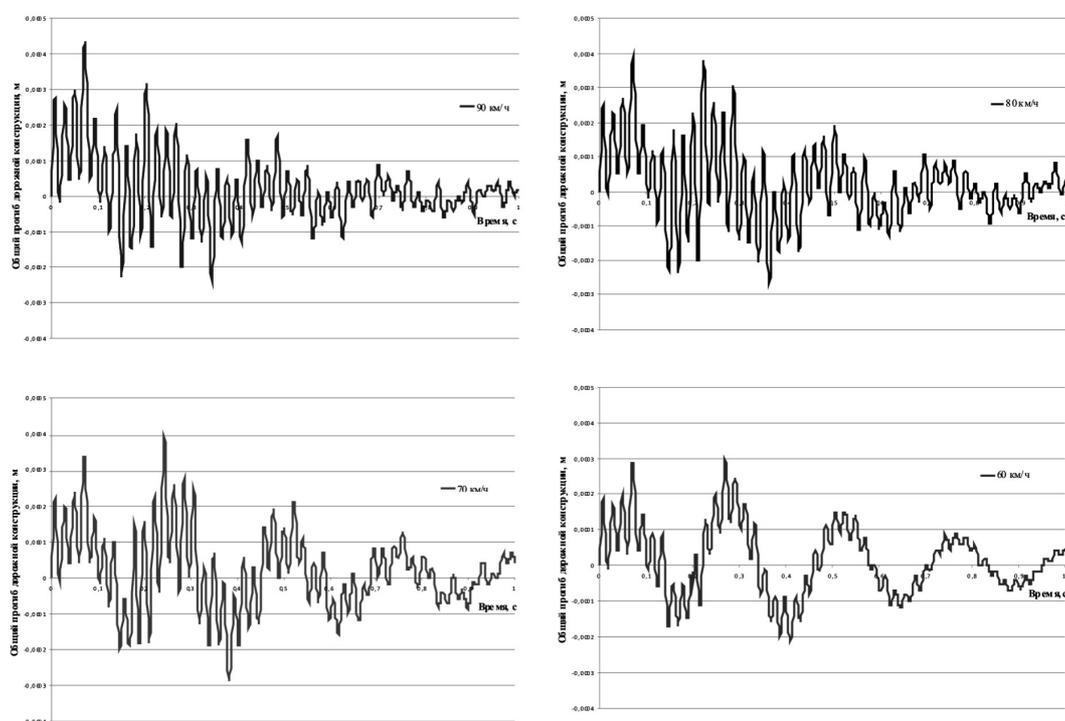


Рис. 1. Амплитудно-временные характеристики прогибов дорожной конструкции

Амплитудно-частотные характеристики прогибов показывают, что после первого ударного возмущения (проход колес передней оси) уровень вибрационных прогибов дорожной одежды прямо пропорционален скорости движения автомобиля. Однако после второго возмущения эта тенденция не просматривается.

Наибольшие вибрационные прогибы дорожной одежды на временном интервале между двумя ударами (воздействие от колес передней и задней осей) формируются при скорости движения 90 км/ч. Однако после второго возмущения максимальные прогибы фиксируются при скорости движения расчетного автомобиля 70 км/ч.

Анализ полученных результатов (рис. 1) позволяет рекомендовать в качестве расчетной скорости движения расчетного двухосного грузового автомобиля для оценки уровня вибрационного нагружения нежесткой дорожной одежды скорость, равную 70 км/ч. При данном скоростном режиме создаются наиболее неблагоприятные динамические условия работы дорожной конструкции. Из рис. 1 видно, что при скорости движения 70 км/ч на временном диапазоне 0,5 сек. наблюдается целый ряд значительных по величине динамических прогибов дорожной конструкции.

Уровень вибрационного нагружения дорожной конструкции является не только функцией скорости движения, но и взаимно связанной совокупности параметров, таких как: количества осей расчетного автомобиля, величины его осевой базы и расчетной скорости движения.

Для оценки отрицательного влияния вибрационного воздействия на напряженно-деформированное состояние дорожной одежды используем в качестве основного показателя динамическую силу, сформированную в дорожном покрытии при колебательном процессе. Этот показатель прямо пропорционален амплитудным значениям виброускорений, фиксируемых с помощью акселерометров при натурных экспериментах. Динамическая сила косвенно характеризует величину сил упругости в покрытии и уровень диссипации, уравнивая сумму этих сил.

Проанализируем расчетные амплитудные значения динамических сил в покрытии пятислойной дорожной конструкции при воздействии двухосного и многоосных грузовых автомобилей. Необходимые для расчета характеристики многоосных автомобилей представлены в таблице.

Таблица

**Характеристика грузовых автомобилей**

Марка автомобиля	Расчетная осевая нагрузка, кН						Межосевая база, м					Примечание: 1. Неподдресоренные массы, приходящиеся на одно колесо у разных автомобилей, почти одинаковы и принимаются в расчетах равными. 2. Вторые и третьи оси, имеющие двоянные колеса, в расчетах принимаются как одинарные.
	порядковый номер оси						1	2	3	4	5	
	1	2	3	4	5	6						
МАЗ-500А	100	100	-	-	-	-	3.95	-	-	-	-	
SCANIA	75	130	65	65	65	-	3.7	5.6	1.3	1.3	-	
MERCEDES	64	120	120	88.3	88.3	88.3	2.52	1.21	5.65	1.3	1.3	
МАЗ	65	90	90	100	100	-	2.9	1.4	7.3	2.0	-	

Как следует из рис. 2, при прохождении многоосных грузовых автомобилей различных марок, формируемые в дорожной конструкции динамические силы достигают своего максимума при различных скоростях движения. Так, при прохождении седельных тягачей с прицепами МАЗ и Scania максимальное вибрационное нагружение дорожного покрытия, оцениваемое уровнем динамических сил, фиксируется при скорости 80 км/ч, а для Mercedes – при 90 км/ч.

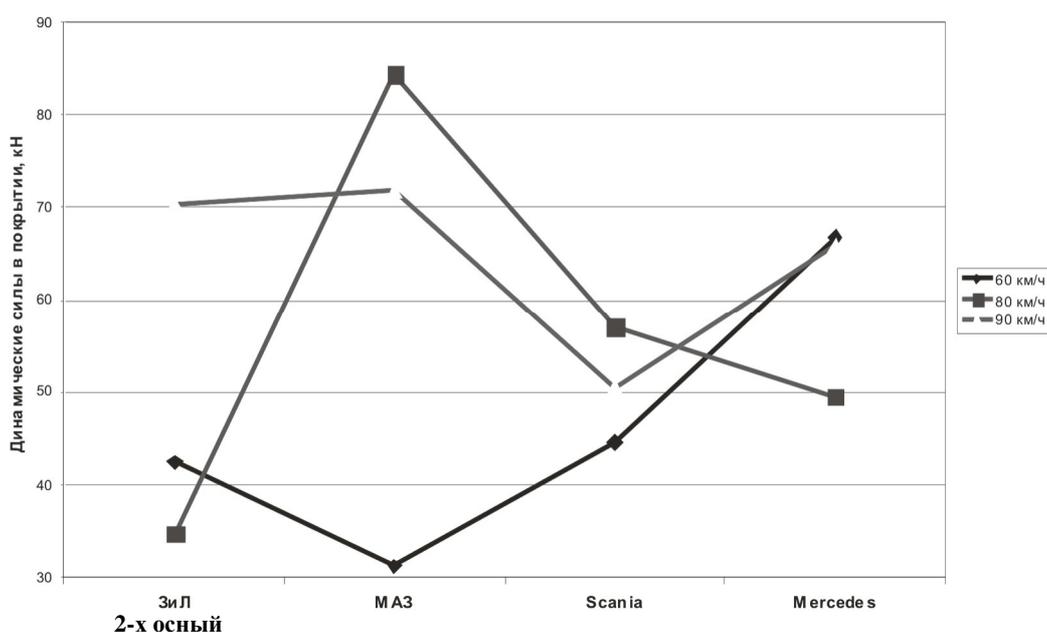


Рис. 2. Средние динамические силы в покрытии, сформированные различными типами многоосных грузовых автомобилей

Анализ показывает, что уровень вибрационного нагружения при прохождении двухосного автомобиля очень чувствителен к изменению скорости движения. При скорости движения 90 км/ч динамические силы в покрытии достигают 70 кН, а при скорости 80 км/ч снижаются почти в 2 раза, достигая  $\approx 35$  кН.

При движении многоосного седельного тягача с прицепом Mercedes пиковые значения динамических сил соответствуют скоростям движения 60 км/ч и 90 км/ч. При оценке возможного разрушительного действия многоосных грузовых автомобилей на дорожное покрытие по уровню динамических сил было выявлено, что наиболее опасным представляется автомобиль МАЗ, при движении которого в покрытии формируются наибольшие динамические силы, достигающие 85 кН.

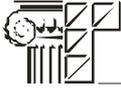
На основании выполненных расчетов можно сделать вывод о том, что при корректировке действующих отраслевых норм на проектирование нежестких дорожных одежд с целью учета вибрационного нагружения необходимо в качестве расчетного автомобиля принимать многоосные грузовые автомобили, составляющие наибольшую долю в перспективном транспортном потоке. Нормируемая расчетная скорость движения этого типа многоосного автомобиля должна быть определена в соответствии с амплитудными значениями динамических сил, формируемых в дорожном покрытии.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ОДН 218.046-01. Проектирование нежестких дорожных одежд. – М., 2001. – 116 с.
2. Бабков В.Ф., Андреев О.В. Проектирование автомобильных дорог. Учебник для вузов. Ч. I и Ч. II. – М.: Транспорт, 1987. – 368 с.
3. Осиновская В.А. Вибрационное нагружение нежестких дорожных одежд //Вестник МАДИ, 2010, вып. 4 (19). – С. 79-83.
4. Осиновская В.А. Новая концепция преждевременного разрушения нежестких дорожных одежд //Транспортное строительство, 2010, № 3 – С. 6-8.
5. Осиновская В.А. Причина ускоренного разрушения дорожных покрытий /Материалы международной науч.-практ. конф. «Инновации в транспортном комплексе. Безопасность движения. Охрана окружающей среды», том 3. – Пермь: Изд-во ПГТУ, 2010. – С. 48-50.

### REFERENCES

1. ODN 218.046-01. Flexible pavement engineering. – M, 2001. – 116 p.
2. Babkov V.F., Andreyev O.V. Highways engineering. The textbook for high schools. – M: Transport, 1987. – 368 p.
3. Osinovskay V.A. Vibrating loading of flexible pavement //Bulletin MADI, 2010, № 4 (19). – P. 79-83.
4. Osinovskay V.A. The new concept of premature destruction of flexible pavement //Transport building, 2010, № 3. – P. 6-8.
5. Osinovskay V.A. Reason of the accelerated destruction of road pavement / Materials of international science practical conf. «Innovations in a transport complex. Traffic safety. Preservation of the environment», Vol. 3. – Perm: Publishing house PGU, 2010. – P. 48-50.



УДК 697.922.564

**Давыдов А.П.** – кандидат технических наук, доцент

**Кодылев А.В.** – ассистент

E-mail: [kodilev@rambler.ru](mailto:kodilev@rambler.ru)

**Казанский государственный архитектурно-строительный университет**

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ КВАЗИСТАЦИОНАРНЫХ ПРОЦЕССОВ ТЕЧЕНИЯ ЖИДКОСТИ**

### **АННОТАЦИЯ**

Ряд гидравлических сетей работают с изменением расхода во времени.

На разработанной экспериментальной установке проведены эксперименты с определением коэффициента гидравлического сопротивления трения в квазистационарных режимах течения жидкости по трубопроводам различных диаметров (от  $DN\ 15$  до  $DN\ 32$  мм). Частота изменения расхода от 1 до 5 Гц. Режим работы сети задавался прибором частоты импульсов собственной конструкции. Прибор задачи частоты импульсов представляет собой клапан специального сечения, перемещающийся в горизонтальном направлении. Перемещение клапана прибора частоты импульсов осуществлялось посредством электродвигателя. Показания данных, полученных на экспериментальной установке, поступали на ПК, где и обрабатывались.

В результате проведенных экспериментов были получены зависимости коэффициента гидравлического сопротивления трения для квазистационарных режимов течения жидкости для стальных стандартных трубопроводов.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** гидравлические режимы, квазистационарная работа, пульсации, переменный расход.

**Davydov A.P.** – candidate of technical sciences, associate professor

**Kodylev A.V.** – assistant

**Kazan State University of Architecture and Engineering**

## **MODELLING QUASI-STATIONARY PROCESSES OF FLUID FLOW**

### **ABSTRACT**

A number of hydraulic networks operate with a change in consumption over time.

On the developed experimental setup experiments with the definition of hydraulic resistance coefficient of friction in quasi-stationary regimes of fluid flow through pipelines of various diameters (from  $DN\ 15$  to  $DN\ 32$  mm) were taken. The frequency change rate of 1 to 5 Hz. Mode of operation of the network device was set the pulse frequency of its own design. The device is the problem of impulse frequency is a valve of a special section moving in a horizontal direction. Moving the valve unit pulse frequency was carried out by means of an electric motor. Reading data obtained in the experimental setup were fed to a PC and cultivated.

The experiments were obtained depending on the coefficient of hydraulic resistance of friction for the quasi-fluid flow regime for the standard steel pipes.

**KEYWORDS:** hydraulic regimes, a quasi-stationary operation, pulsation, variable flow.

### **Введение**

Ряд гидравлических сетей работают в квазистационарном режиме. Для изучения основных характеристик работы таких сетей была разработана и смонтирована экспериментальная установка.

### **Описание экспериментальной установки**

Экспериментальная установка была выполнена из стальных и полипропиленовых труб. Стальные трубы являются исследуемыми трубами, а обвязка – полипропиленовые (рис. 1).

Длина стальных труб 10 метров (трубы стальные водогазопроводные по ГОСТ 3262-75\*). Из стального бака вода забиралась насосом и подавалась по исследуемым участкам. Для снижения влияния пульсаций, создаваемых рабочим колесом насоса, в системе был предусмотрен бак гидравлический аккумулятор (емкостью 150 л). Для стабилизации давления после бака гидравлического аккумулятора установлен регулятор давления. В процессе эксперимента использовались насосы с различными характеристиками.

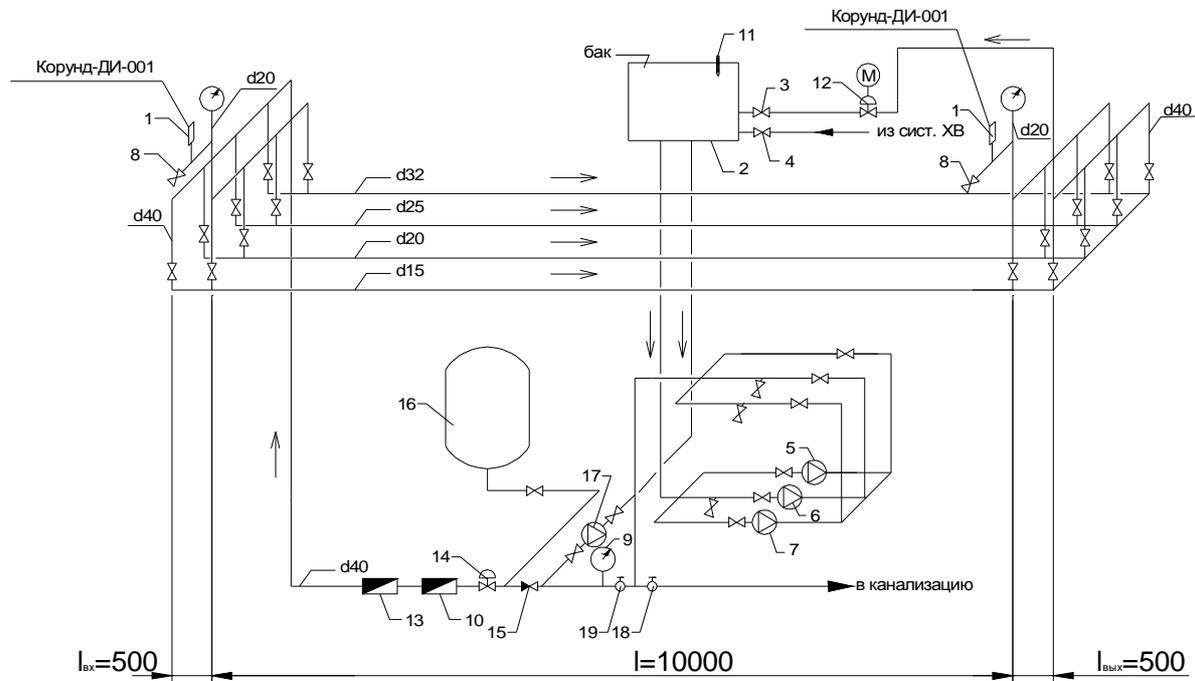


Рис. 1. Гидравлическая схема установки:

- 1 – датчик давления «Корунд-ДИ-001»; 2 – бак оборотной воды; 3 – вентиль ручной регулировки;
- 4 – вентиль заполнения бака (системы); 5 – насос  $H=3,4$  м (синий);
- 6 – насос  $H=0,9$  м (белый); 7 – насос (украли); 8 – выпуск воздуха из манометров;
- 9 – манометр на подаче; 10 – расходомер электронный; 11 – термометр;
- 12 – клапан пульсационный с эл. приводом; 13 – расходомер импульсный (самодельный);
- 14 – регулятор давления ручной 0,5-9,5 атм.; 15 – обратный клапан; 16 – пневмобак 150 л;
- 17 – насос  $H=0,9$  м;  $Q=100$  л/мин. (большой); 18 – вентиль слива в канализацию (опорожнения);
- 19 – вентиль запорный

Экспериментальные данные снимались как для стационарного режима, так и для квазистационарного режима. После снятия характеристик при стационарной работе было произведено сравнение их с уже известными кривыми графиков [1]. Полученные значения дали хорошую сходимость с имеющимися данными в литературе [1].

При квазистационарной работе регистрация показаний осуществлялась ПК с частотой регистрации 1 Гц датчиками давлений и расхода. Частота пульсаций в трубопроводах менялась во времени от 1 до 5 Гц.

В начале и конце исследуемых участков были установлены датчики давления «Корунд-ДИ-001». Полученный сигнал от датчиков давления поступал на 2-канальный измеритель типа – ТРМ-200 и на преобразователь интерфейса RS-485. Преобразованный сигнал с интерфейса поступал на ПК, где проходила его дальнейшая обработка.

Расход жидкости в трубопроводах замерялся расходомером собственной конструкции с импульсным выходом. Сигнал с расходомера через счетчик импульсов СИ-8 поступал на ПК.

Частота выработки импульса расходов задавалась клапаном поз. 12 (рис. 1). Привод к прибору частоты импульсов осуществляется от электродвигателя с частотным регулированием (рис. 2).

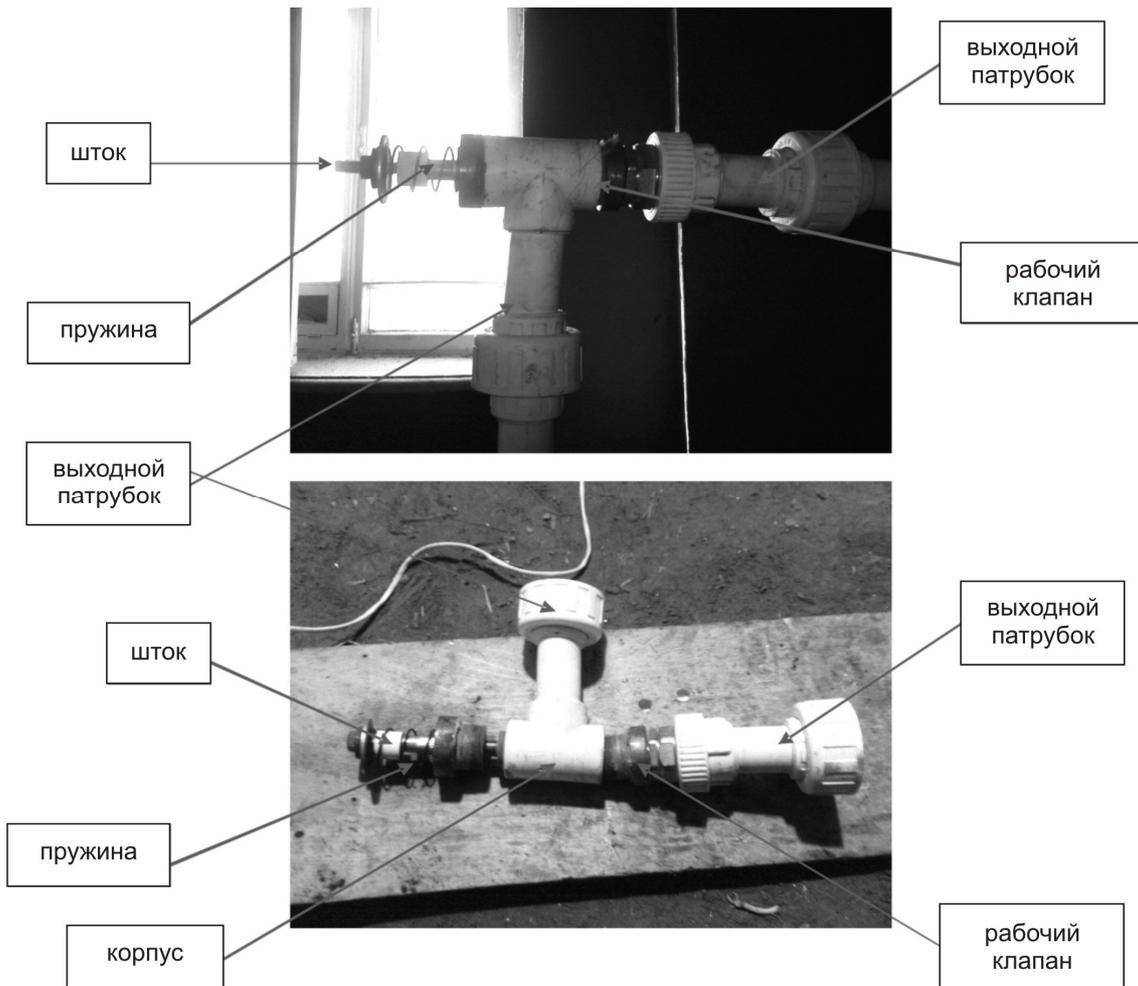


Рис. 2. Клапан, задатчик пульсаций

Замеры давлений и расходов производились на трубопроводах различных диаметров (15, 20, 25 и 32 мм). Эксперимент проводили на указанных трубопроводах при пульсационном расходе.

**Данные эксперимента**

Из данных эксперимента были получены мгновенные численные значения критерия числа Рейнольдса и соответствующих значений коэффициента гидравлического сопротивления трения  $\lambda$ .

На рис. 3 представлены значения изменения давления при квазистационарном режиме работы сети, на экспериментальной установке для Ду 15 мм.

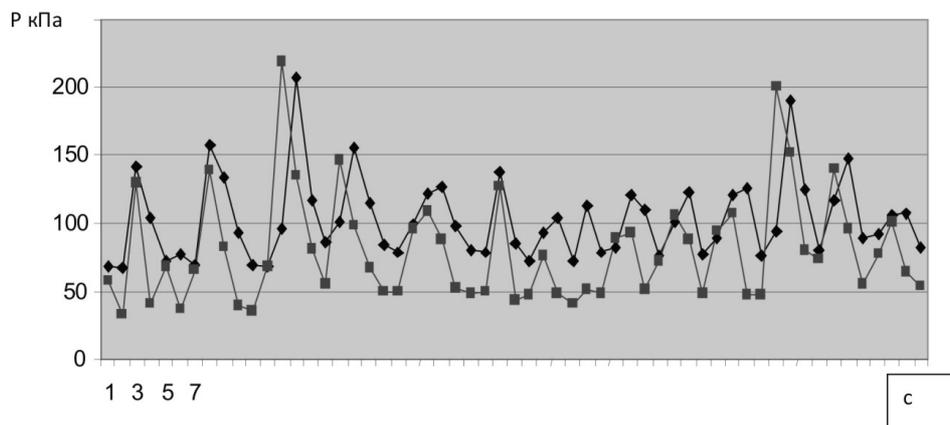


Рис. 3. График изменения давления в трубопроводе Ду 15

На рис. 4 приведен график зависимости коэффициентов гидравлического сопротивления трения от мгновенных значений критерия  $Re$  для квазистационарного режима работы трубопровода Ду 15 мм.

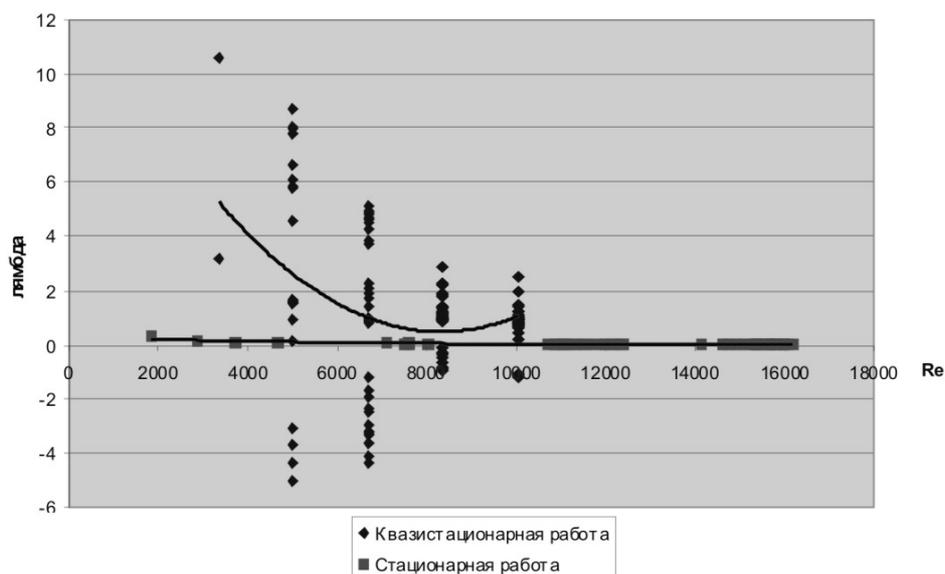


Рис. 4. График изменения значений  $\lambda$  при стационарном и квазистационарном режиме

Из полученных экспериментальных данных видно, что при пульсационном движении жидкости необходимы большие затраты энергии, чем при обычном стационарном режиме движения жидкости ( $100 < Re < 10000$ ).

### Выводы

Полученные экспериментальные данные показали, что в нестационарном режиме от 1 до 5 Гц требуются дополнительные затраты энергии на преодоление потерь на трение.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Альтшуль А.Д. Гидравлические потери на трение в трубопроводах. – М.-Л.: Госэнергоиздат, 1963. – 256 с.
2. Альтшуль А.Д., Киселев П.Г. Гидравлика и аэродинамика. Учебное пособие для вузов. – М.: Стройиздат, 1975. – 323 с.
3. Синицын И.Н. Определение поправочных коэффициентов при измерении артериального давления и частоты пульса // Материалы XV международной молодежной конференции «Туполевские чтения». – Казань: Изд-во Казан. гос. тех. универ-та, 2007. – С. 380-381.
4. Соико А.И., Каратаев Р.Н., Синицын И.Н., Скурлатова Л.В. Колебательный контур для исследования динамических параметров потока жидкости // Материалы международной научно-практической конференции «Авиакосмические технологии и оборудование». Т. 2. – Казань: Изд-во Казан. гос. тех. универ-та, 2008. – С. 135-138.

### REFERENCES

1. Altchul A.D. Hydraulic friction loss in pipes. – M.-L.: Gosenergoizdat, 1963. – 256 p.
2. Altchul A.D., Kiselev P.G. Hydraulics and Aerodynamics. Textbook for university. – M: Stroiizdat, 1975. – 323 p.
3. Sinitsyn I.N. Determination of correction factors when measuring blood pressure and heart rate. // Proceedings XV International Youth Conference «Tupolev reading». – Kazan: Publishers Kazan State Technical University, 2007. – P. 380-381.
4. Soiko A.I., Karataev R.N., Sinitsyn I.N., Skurlatova L.V. Oscillatory circuit for studying the dynamic fluid flow // Proceedings of the international scientific-practical conference «Aerospace Technologies and Equipment». T.2. – Kazan: Publishers Kazan State Technical University, 2008. – P. 135-138.



УДК 539.3

**Серазутдинов М.Н.** – доктор физико-математических наук, профессорE-mail: [serazmn@mail.ru](mailto:serazmn@mail.ru)**Абрагим Х.А.** – аспирантE-mail: [jussainaziz@yahoo.com](mailto:jussainaziz@yahoo.com)**Казанский государственный технологический университет****ОПРЕДЕЛЕНИЕ СИЛ, НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ СБЛИЖЕНИЯ СТЕРЖНЕЙ  
ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ УСИЛЕНИЯ КОНСТРУКЦИЙ****АННОТАЦИЯ**

Представлены результаты решения задачи, которая возникает при моделировании усиления стержневой конструкции. Описана методика определения сил, которые нужно приложить для сближения стержней, находящихся друг от друга на некотором расстоянии. Приведены и обсуждаются результаты расчетов.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** стержневые конструкции, усиление, моделирование сближения стержней.

**Serazutdinov M.N.** – doctor of physical and mathematical sciences, professor**Abraham H.A.** – post-graduate student**Kazan State Technological University****DETERMINATION OF THE NECESSARY FORCES  
FOR CONVERGENT BEAMS AT MODELING OF STRENGTHENING STRUCTURES****ABSTRACT**

The results of solving the problem, which arise at modeling of strengthening beams structures are presented. The technique of forces determination which need to be put for rapprochement of the beams, which are lagging behind from each other on some distance is described. The results of calculations are resulted and discussed.

**KEYWORDS:** beams structures, strengthening, modeling of convergent beams.

При усилении конструкций, находящихся в напряженно-деформированном состоянии, используется способ повышения несущей способности сооружения за счет увеличения размеров поперечного сечения стержневых элементов [1, 2]. При этом, в частности, к имеющемуся элементу конструкции может быть присоединен подкрепляющий стержень. Так как усиливаемая конструкция находится в напряженном состоянии, то усиливаемый стержневой элемент будет деформирован, его продольная ось искривлена. Следовательно, между деформированным и прямолинейным усиливаемым стержнем имеется зазор, который ликвидируется при проведении монтажных работ, воздействием некоторых сил  $q_M$  (рис. 1 а). Возникает задача определения сил  $q_M$ , а также дополнительных монтажных напряжений, которые возникают в конструкции при сближении указанных стержневых элементов.

Для решения указанной задачи использовались следующие предположения. Полагалось, что имеющиеся и возникающие при монтаже перемещения в конструкции являются малыми, деформации – линейно упругие. Усиливаемый стержень искривлен, поэтому между усиливаемым и усиливающим элементами имеется некоторый зазор. Для устранения этого зазора к стержням прикладываются пары сосредоточенных сил  $F_j^M$  ( $j = 1, 2, \dots, N_F$ ), действующих перпендикулярно к линии  $AB$  (рис. 1 б).

Выделим на сближаемых поверхностях стержней  $N_T$  пар точек коллокаций ( $N_T \geq N_F$ ). Часть этих пар точек находится на линиях действия сил  $F_j^M$ , другая часть – выбирается некоторым образом так, чтобы каждая пара находилась на прямой, перпендикулярной к  $AB$ . При  $N_T = N_F$  все точки располагаются на линиях действия сил.

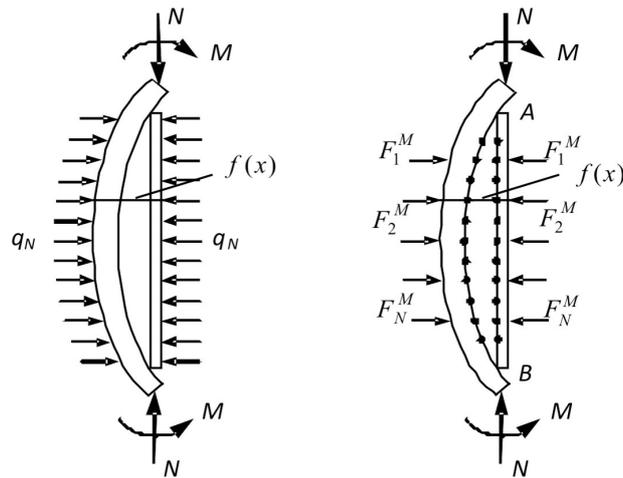


Рис. 1

Пусть  $f_i$  – расстояние между точками в паре с номером  $i$  ( $i = 1, 2, \dots, N_T$ ),  $\Delta w_{ij}^1$  – изменение расстояния между точками в паре с номером  $i$  при действии единичных сил  $F_j^M = 1$  ( $j = 1, 2, \dots, N_F$ ). В случае действия системы сил  $F_j^M$ , изменения расстояния между стержнями в выбранных точках:

$$w_i = \sum_{j=1}^{N_F} \Delta w_{ij}^1 F_j^M, \quad i = \overline{1, N_T}. \quad (1)$$

Нужно найти такие значения  $F_j^M$ , чтобы выполнялось условие:

$$w_i = f_i, \quad i = \overline{1, N_T}. \quad (2)$$

Если число выбранных точек коллокаций и число сил  $F_j^M$  одинаково ( $N_T = N_F$ ), то условие (2) выполняется точно. В этом случае, для нахождения  $F_j^M$ , после подставки выражения  $w_i$  в виде (1) в равенство (2), получатся система алгебраических уравнений:

$$\sum_{j=1}^{N_F} \Delta w_{ij}^1 F_j^M = f_i, \quad i = \overline{1, N_T}. \quad (3)$$

В случае, когда число точек сближения больше числа сил ( $N_T > N_F$ ), для определения величин  $F_j^M$  используется метод наименьших квадратов. Минимизируется функционал суммы квадратов невязок перемещений:

$$\Phi(w) = \sum_{i=1}^{N_T} (w_i - f_i)^2. \quad (4)$$

Из условия:

$$\frac{\partial \Phi(w)}{\partial F_k^M} = 0, \quad k = 1, 2, \dots, N_F,$$

с учетом формул (1), (2), получается система алгебраических уравнений для вычисления неизвестных сил  $F_j^M$ :

$$\sum_{j=1}^{N_F} \left[ \sum_{i=1}^{N_T} \Delta w_{ij}^1 \cdot \Delta w_{ik}^1 \right] F_j^M = \sum_{i=1}^{N_T} f_i \cdot \Delta w_{ik}^1, \quad k = 1, 2, \dots, N_T. \quad (5)$$

Очевидно, что при действии сил  $F_j^M$  указанные стержни сблизятся и в деформируемой конструкции возникнут дополнительные (монтажные) напряжения, связанные с монтажом усиливаемых элементов.

Отметим, что при анализе напряженно-деформированного состояния усиливаемой конструкции следует учитывать ее исходное напряженно-деформированное состояние, а также дополнительные напряжения, возникающие при монтаже и при дополнительном нагружении [1, 2]. Часть из этих

факторов учитываются, например, при расчетах с использованием методики, описанной в работах [3, 4]. В данной статье основное внимание уделяется вопросам, возникающим при определении монтажных сил и напряжений. Представлены результаты решения задачи по определению сил, приводящих к возникновению заданных перемещений в деформируемой стержневой системе.

Обратим внимание на некоторые особенности изложенного алгоритма вычисления сил  $F_j^M$ . Сформулированная в статье задача нахождения сил  $F_j^M$  относится к обратным задачам механики деформируемого твердого тела, а методика определения  $F_j^M$  основана на использовании основных положений метода сил. В частности, система алгебраических уравнений (3) получена с использованием классической методики метода сил.

Обратные задачи в ряде случаев могут быть некорректными и малые изменения в исходных данных, приводят к значительным изменениям в решении [5, 6]. Поэтому при решении обратной задачи часто используют регуляризацию, что позволяет находить устойчивое приближенное решение. Один из способов регуляризации – применение метода минимальных невязок, использование которого в ряде случаев эффективно. В частности, это относится к задачам аппроксимации поверхностей [7].

По указанным причинам, при анализе данных расчетов следует обратить внимание на точность полученного решения сформулированной задачи, оценить влияние на результаты возникающих или вносимых погрешностей, оценить, с какой точностью в результате определяется напряженно-деформированное состояние усиливаемой стержневой системы.

С целью анализа влияния отмеченных факторов на результаты расчетов был решен ряд модельных задач. Определялись силы  $F_j^M$ , необходимые для того, чтобы сблизить две шарнирные балки, расстояние между которыми определялось функцией  $f(x)$  (рис. 2). Такая достаточно простая стержневая система была выбрана для того, чтобы устранить влияние на решение таких факторов, как сложность системы, наличие имеющихся в деформируемых элементах напряжений, особенностей граничных условий.

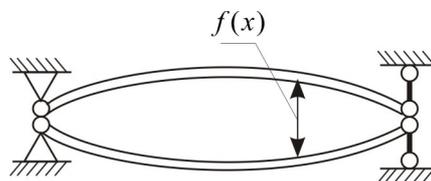


Рис. 2

Для определения  $F_j^M$  использовалась система уравнений (3), полученная методом сил, а также (или) система уравнений (5), при выводе которой применялись методы сил и минимальных невязок. Метод минимальных невязок использовался с целью регуляризации задачи.

Полагалось, что величина  $f(x)$  сравнима с прогибами, возникающими при линейно-упругом деформировании стержней. Поэтому балки (рис. 2) можно считать прямолинейными, а возникающие при их сближении деформации и перемещения малыми.

Приведем результаты расчетов для следующих исходных данных. Длины балок  $l = 3$  м, жесткости на изгиб  $EJ = 100 \text{ кН} \cdot \text{м}^2$ . Расстояние между силами  $F_j^M$  выбиралось равным  $\Delta x_F = l / (N_F + 1)$ , расстояние между точками коллокаций, в которых задавались условия (2),  $\Delta x_w = \Delta x_F / k$ ,  $k = 1, 2, \dots$

Получено решение ряда задач, в которых расстояние между балками  $f(x)$  описывалось различными функциями. В том числе получено и решение обратной задачи, когда функция  $f(x)$  полагалась равной сумме прогибов балок при действии сил  $F_j^M$ , взятых со знаком минус.

Во всех случаях, когда  $f(x)$  задавалось достаточно точно, получалось решение, которое должно было получиться тестового примера.

Однако оказалось, что в случаях, когда в значения  $f(x)$  вносилась погрешность, найденные в результате решения силы  $F_j^M$  могут существенно отличаться от известных тестовых данных. Это приводит к тому, что возникающие в балках при их сближении расчетные величины изгибающих моментов  $M$  также, в определенной степени, отличаются от тестовых.

Приведем результаты расчетов для случаев, когда расстояние между балками  $f(x)$  задается в виде:

$$f(x) = f^*(x) \left[ 1 + a \sin\left(\frac{n\pi x}{l}\right) \right]. \tag{6}$$

Здесь  $f^*(x)$  – некоторая заданная функция,  $a$  – величина погрешности, которая вносится в значения  $f^*(x)$  и распределяется по длине балки по синусоидальному закону,  $n$  – целое задаваемое число.

Используем следующие обозначения:  $\varepsilon = \frac{a}{100} \cdot 100\%$  – погрешность задания в процентах максимального значения  $f^*(x)$ ;  $\Delta F_j = \left| \frac{F_j^M - F_j}{F_{\max}} \right| \cdot 100\%$ ,  $\Delta w_i = \left| \frac{w_i - f^*(x_i)}{f_{\max}^*} \right| \cdot 100\%$ ,  $\Delta M_i = \left| \frac{M_i - M^*(x_i)}{M_{\max}} \right| \cdot 100\%$ , ( $j = \overline{1, N_F}, i = \overline{1, N_T}$ ). Здесь  $F_j^M$ ,  $w_i$ ,  $M_i$  – значения сил, изгибающих моментов и суммы прогибов балок, найденные в результате расчетов;  $F_j$  – величины сил, полученные при решении задачи без внесения погрешностей в функцию  $f^*(x)$ ;  $M^*(x_i)$  – величины изгибающих моментов, которые должны возникать в точках коллокаций, при точном решении сформулированной задачи о сближении стержней;  $F_{\max}$ ,  $f_{\max}^*$ ,  $M_{\max}$  – максимальные значения  $F_j$ ,  $f^*(x_i)$ ,  $M^*(x_i)$ .

В таблицах 1, 2 представлены максимальные значения  $\Delta F_j$ ,  $\Delta w_i$ ,  $\Delta M_i$ , обозначенные как  $\Delta F_{\max}$ ,  $\Delta w_{\max}$ ,  $\Delta M_{\max}$ .

Таблица 1

**Влияние погрешностей на величины определяемых сил, прогибов и изгибающих моментов**

Расстояние между стержнями  $f^*(x) = 0,1 \sin(\pi x/l)$  м.

$n$	$\varepsilon, \%$	$N_F$	$N_T$	$\Delta F_{\max}, \%$	$\Delta w_{\max}, \%$	$\Delta M_{\max}, \%$
2	0	3	3	-	0	2,6
			15	0,06	0,06	5,3
		9	9	-	0	0,83
			39	0,01	0,001	0,83
	3	3	3	33,5	2,1	14
			15	32,6	2,1	13,8
		9	9	282	2,3	15,1
			39	319	2,3	14,3
	6	3	3	67	4,2	24,3
			15	65,3	4,2	24
		9	3	564	4,6	29,6
			39	638	4,58	27,9
5	3	9	9	2247	2,9	98,6
			59	2209	3	98,8
		3	3	182	2,9	38,6
			15	68,2	0,92	17,6
7	3	9	9	6961	3,1	208

В таблице 1 приведены результаты расчетов для случая, когда расстояние между стержнями определялось функцией  $f^*(x) = 0,1 \sin(\pi x/l)$  м. В таблице 2 – данные решения

обратной задачи, функция  $f^*(x)$  полагалась равной сумме прогибов балок при действии сил  $F_j^M = -1$  кН ( $j = \overline{1, N_F}$ ).

Таблица 2

**Влияние погрешностей на величины определяемых сил, прогибов и изгибающих моментов**

Расстояние между стержнями – прогиб балок при действии сил  $F_j^M = -1$  кН.

$n$	$\varepsilon, \%$	$N_F$	$N_T$	$\Delta F, \%$	$\Delta w, \%$	$\Delta M, \%$
2	0	3	3	0	0	0
			15	0	0	0
		9	9	0	0	0
			39	0	0	0
	3	3	3	40,5	2,1	10,1
			15	39,4	2,08	9,86
		9	9	359	2,3	14,8
			39	407	2,3	13,9
	6	3	3	81	4,3	20,2
			15	79	4,1	19,7
		9	9	717	4,6	29,5
			39	813	4,6	27,8
4	3	9	9	1296	2,8	58
6	3	9	9	4547	2,7	131

Как видно из приведенных данных, если расстояние между балками  $f(x)$  задается без внесения погрешностей ( $\varepsilon = 0$ ), то решение поставленной задачи получается практически точным. Некоторое отклонение в величинах изгибающего момента, равное 2,3 % и 5,3 % при  $N_T = 3$  (табл. 1), объясняется тем, что расчетные данные для  $M_i$  сравниваются со значением точного решения  $M^*(x_i) = -0,1 \cdot EI \cdot (p/l)^2 \sin(px/l)$ , а при действии только трех сил  $F_j^M$  ( $j = 1, 2, 3$ ), получить значение для изгибающих моментов, очень близкое к точному, невозможно.

Назовем в этой статье расчетные данные, полученные при  $\varepsilon = 0$ , «условно точными».

Если внести в функцию  $f(x)$  погрешность порядка 3-6 %, распределенную по длине балки по синусоидальному закону (6), то решение может существенно отличаться от «условно точного».

Значения прогибов балок определяются с приемлемой точностью, величины погрешностей  $\Delta w_{\max}, \%$  невелики. Это является естественным, так как решается задача нахождения минимума суммы квадратов невязок для прогибов. Если функция  $f(x)$  задается с погрешностью, распределенной по длине балки, в виде двух полуолн ( $n = 2$ ), изгибающие моменты находятся с ошибкой, достигающей 30 %. Ошибка в определении значений сил  $F_j^M$  получается при этом достаточно большой, в пределах от 40 % до 800 %.

В тех случаях, когда при задании  $f(x)$  число полуолн распределения погрешности больше двух ( $n = 4, 5, 6, 7$ ), данные расчетов сильно отличаются от «условно точных» (табл. 1, 2). Их нельзя использовать даже для оценки порядка величин искомых параметров.

Отметим, что использованный при определении решения способ регуляризации, основанный на введении дополнительных точек коллокаций, существенно не влиял на результаты.

На основе представленных данных и других полученных решений, сформулированной здесь задачи, можно сделать следующие выводы. В случаях, когда моделируется усиление деформируемой стержневой системы за счет присоединения дополнительного стержня, можно использовать описанный алгоритм определения монтажных сил  $F_j^M$ . Это следует из того, что  $f(x)$  будет определяться с достаточной точностью из решения задачи о деформировании и рассматриваемой стержневой системы. Результаты расчетов будут достоверны. В случаях же, когда величины  $f(x)$  в точках определяются в результате замера прогибов некоторого элемента реальной конструкции, нужно обращать особое внимание на точность проводимых измерений и на оценку погрешности расчетных данных.

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Ребров И.С. Усиление стержневых металлических конструкций. – Л.: Стройиздат, 1988. – 288 с.
2. Будин А.Я., Чекренева М.В. Усиление портовых сооружений. – М.: Транспорт, 1983. – 178 с.
3. Серазутдинов М.Н., Убайдуллоев М.Н., Абрагим Х.А. Расчет усиливаемых конструкций вариационным методом // Известия вузов. Строительство, 2010, № 7. – С. 118-124.
4. Серазутдинов М.Н., Абрагим Х.А. Несущая способность стержневых элементов конструкций, усиливаемых в напряженном состоянии // Вестник КГТУ, 2010, № 9. – С. 512-518.
5. Марчук Г.И. Методы вычислительной математики. – М.: Наука, 1977. – 456 с.
6. Тихонов А.Н., Арсенин В.Я. Методы решения некорректных задач. – М.: Наука, 1974. – 533 с.
7. Серазутдинов М.Н., Недорезов О.А. Об аппроксимации срединной поверхности оболочки // Исследования по теории оболочек. Тр. семинара. Вып. 25. – Казань: Казанск. физ.-техн. ин-т КНЦ АН СССР, 1990. – С. 47-53.

**REFERENCES**

1. Rebrov I.C. Strengthening of metal construction . – L.: Stroyizdat, 1988. – 288 p.
2. Boudin A.Y., Chekreneva M.V. Enhancing Port building. – M.: Transport, 1983. – 178 p.
3. Serazutdinov M.N., Ubaidulloev M.N., Abraham H.A. Calculation of the strengthening structures by variation method // Proceedings of the universities. Construction, 2010, № 7. – P. 118-124.
4. Serazutdinov M.N., Abraham H.A. Load-capacity of beam structural elements, strengthening under stress state. // Vestnik KGTU, 2010, № 9. – P. 512-518.
5. Marchuk, G.I. Methods of Computational Mathematics. – M.: Science, 1977. – 456 p.
6. Tikhonov A.N., Arsenin V.Y. Methods for Solving inconsistent problem. – M.: Science, 1974. – 533 p.
7. Serazutdinov M.N., Nedorezov O.A. On the approximation of the shell middle surface: Studies on shell theory. Tr. workshop. Vol. 25. – Kazan: Kazan. Phys.-Tech. Inst KNTS AN USSR, 1990. – P. 47-53.



УДК 330.142.211

**Абдуханова Н.Г.** – ассистент

E-mail: [ab-natali@yandex.ru](mailto:ab-natali@yandex.ru)

**Казанский государственный архитектурно-строительный университет**

## **ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ НА РЫНКЕ ЛИЗИНГОВЫХ УСЛУГ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН**

### **АННОТАЦИЯ**

В статье обоснована необходимость применения инновационных приемов в лизинговых схемах инвестирования в рамках стратегии инвестиционно-инновационного развития Республики Татарстан. Проведен анализ рынка лизинговых услуг региона, сложившийся на сегодняшний день, проанализирована существующая структура финансового и кредитного обеспечения реального сектора экономики. Сформулированы преимущества для субъектов инновационных лизинговых отношений. Также в данной статье рассмотрены факторы, отрицательно сказывающиеся на стабильном и успешном развитии рынка лизинговых услуг. Вместе с тем приведены основные направления, необходимые для устойчивого экономического развития республики на основе создания условий эффективного роста инвестиционно-инновационной сферы и конкурентоспособности производства.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** инновационный лизинг, финансирование, модернизация основных фондов, инвестиционно-инновационная деятельность.

**Abdukhanova N.G.** – assistant

**Kazan State University of Architecture and Engineering**

## **INNOVATIVE TENDENCIES ON THE LEASING SERVICES MARKET OF TATARSTAN REPUBLIC**

### **ABSTRACT**

In the article necessity of application of innovative receptions for leasing schemes of investment within the limits of strategy of investment-innovative development of Tatarstan Republic is proved. The market of leasing services of the region for the present time and the existing structure of financial and credit maintenance of real sector of economy was analyzed. Advantages to subjects of innovative leasing relations are formulated. Also in this article the factors negatively affecting stable and successful development of the market of leasing services was considered. At the same time the basic directions necessary for steady economic development of Republic on the basis of creation the conditions for effective growth of investment-innovative sphere and competitiveness of manufacture are resulted.

**KEYWORDS:** innovative leasing, financing, modernization of fixed assets, investment-innovation activity.

В современных условиях развития наметившаяся тенденция формирования экономики Республики Татарстан, основанной на наращивании и эффективном использовании инновационного потенциала, невозможна без устойчивого и эффективного функционирования основного капитала. Острота этой проблемы обусловлена тем, что в настоящее время многие предприятия республики нуждаются в совершенствовании воспроизводственной и технологической структур инвестиционных вложений для повышения эффективности основного капитала.

Для решения проблемы привлечения инвестиций в процесс обновления мощностного потенциала экономики необходимо создать условия, которые бы способствовали, с одной стороны, активизации и пополнению основных источников привлечения капитала, а, с другой стороны, повышению инвестиционной привлекательности экономики. Таким образом, первое условие необходимо для стимулирования внутренних инвестиций, а второе позволит привлечь внешних инвесторов. На предприятиях республики наблюдается диспропорция между наличием инвестиционных возможностей и реальным воплощением их на практике. Немногие предприятия обладают необходимым количеством финансовых средств для своевременного возмещения

основных фондов, но еще меньше способны эффективно использовать имеющиеся средства. Проблема связана с тем, что деформированная структура источников финансирования тормозит использование испытанного мировой практикой механизма вовлечения финансовых средств в процесс модернизации основных фондов предприятий, а это, в свою очередь, препятствует выпуску конкурентоспособной продукции и выходу на мировой рынок. В связи с этим исследование изменений в воспроизводственной структуре инвестиций является актуальной задачей.

Анализ современной структуры финансово-кредитного обеспечения процесса обновления основных фондов Республики Татарстан показал, что основным источником финансирования инвестиций в основной капитал в 2009 г. являлись привлеченные средства (63,5 %), за счет собственных средств формировалось 36,5 % инвестиций в основной капитал. Средства бюджетов всех уровней составили 21,4 % от общего объема инвестиций в основной капитал, доля средств федерального бюджета увеличилась за 2009 г. до 13,8 % с 4,5 % в 2008 г. Доля бюджетов субъектов Российской Федерации уменьшилась на 0,5 %. Доля банковской сферы в финансировании реального сектора экономики в 2009 г. составила 31,1 % в общем объеме инвестиций в основной капитал, что на 23,4 % больше, чем в предыдущем году [2].

Экономические преобразования требуют принципиально новых подходов к построению инвестиционной политики и использованию наиболее эффективных методов финансирования, так как существующие источники финансирования технологической модернизации не обеспечивают своевременное воспроизводство основных производственных фондов. Успех инновационной сферы в значительной степени определяется методами ее организации и способами финансовой поддержки. В настоящее время в качестве основных источников средств, используемых для финансирования инновационной деятельности, выступают:

- бюджетные ассигнования, выделяемые на федеральном и региональном уровнях;
- средства специальных внебюджетных фондов финансирования НИОКР, которые образуются инновационными предприятиями, региональными органами управления;
- собственные средства предприятий (промышленные инвестиции из прибыли и в составе издержек производства);
- финансовые ресурсы различных типов коммерческих структур (инвестиционных компаний, коммерческих банков, страховых обществ и ФПГ);
- кредитные ресурсы специально уполномоченных правительством инвестиционных банков;
- конверсионные кредиты для инновационных предприятий;
- иностранные инвестиции для промышленных и коммерческих фирм и компаний;
- средства национальных и зарубежных научных фондов;
- частные накопления физических лиц [4].

Объем профинансированных научных исследований в республике в расчете на одного жителя составил 556 руб. вместо запланированных 3000 руб. Учитывая, что значительный объем в структуре финансирования научных исследований, осуществляемых Академией наук Республики Татарстан, составляет бюджетное финансирование, налицо результаты финансового кризиса, существенно сократившего платежеспособность бюджета республики (рис.) [1].

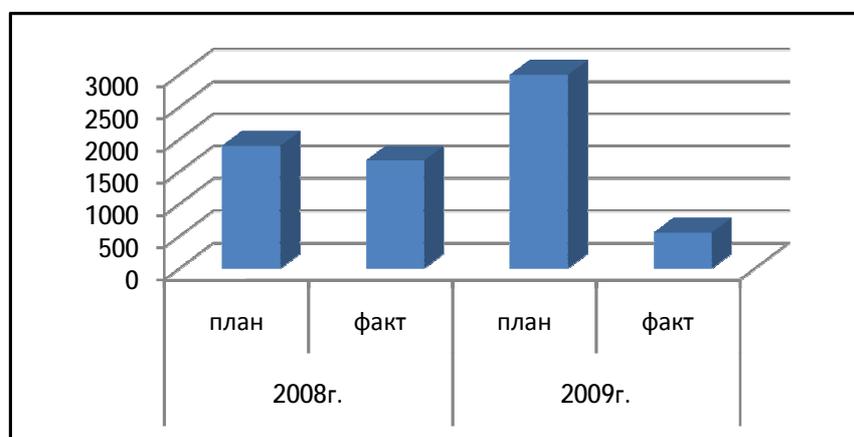


Рис. Финансирование научных исследований в Республике Татарстан

Исследования доказывают, что на сегодняшний день одним из наиболее перспективных и эффективных методов ускорения модернизации основных производственных фондов предприятий, оживления инвестиционной сферы, инновационной деятельности и деловой активности является лизинг.

Мировой экономический кризис значительно отразился на развитии лизингового рынка, вызвав пагубные для него изменения – резкое падение объемов лизинговых сделок. Однако, на сегодняшний день ситуация на рынке лизинговых услуг в Республике Татарстан выправляется. По результатам анализа, общая стоимость договоров финансового лизинга, заключенных в 2009 г. в республике, составила 6115,4 млн. руб., из них на лизинг машин, оборудования, транспортных средств – 6114,9 млн. руб., что составляет 9,5 % от общего объема инвестиций в активную часть основных фондов. В лизинговых компаниях, не относящихся к субъектам малого и среднего предпринимательства, около 65 % от стоимости заключенных договоров приходится на лизинг транспортных средств, в малых предприятиях среди договоров финансового лизинга преобладают договора на лизинг машин и оборудования [3]. По оценкам экспертов, в 2010 году прогнозируется улучшение экономической ситуации в лизинговой сфере на 15-20 %, а в 2011 году при благоприятных условиях можно ожидать роста рынка на уровне 30-40 %. Большинство руководителей лизинговых компаний считает, что восстановление рынка до уровня 2007 года произойдет не ранее 2012 года [4].

В настоящее время рынок лизинга в регионе сформирован в основном государственными лизинговыми компаниями, компаниями при банках, а также лизинговыми компаниями при крупных предприятиях. Российские банки ведут довольно активную работу по размещению своих ресурсов в лизинговых компаниях: улучшаются условия финансирования, ставки по банковским кредитам практически вернулись на докризисный уровень. Однако уроки кризиса для лизинговых компаний не прошли даром – требования к клиентам ужесточились, в частности: до одного года увеличился минимальный срок существования бизнеса потенциального лизингополучателя, срок лизинга сократился до трех лет, увеличился размер минимального аванса.

Несмотря на наметившуюся тенденцию к «потеплению» на рынке лизинга, существует ряд факторов, негативно сказывающихся на деятельности лизинговых компаний:

- высокие процентные ставки кредита и их краткосрочность;
- несовершенство нормативно-правовой базы;
- существующая система налогообложения и страхования рисков лизинговой деятельности;
- нехватка финансовых ресурсов;
- отсутствие единой интегрированной информационной системы;
- неразвитая инфраструктура рынка лизинга;
- высокие инфляционные ожидания;
- борьба с проблемной задолженностью.

Ранее известный, классический лизинг, являясь достаточно актуальным механизмом обновления имеющейся материально-технической базы предприятий, тем не менее, требует новых идей, как в вопросах финансового обеспечения и страхования рисков, так и в других аспектах своего развития. На современном этапе приоритетным становится введение инновационных приемов в предоставлении лизинговых услуг.

Республика Татарстан является крупным промышленным центром, обладает развитой инфраструктурой и высоким инвестиционным потенциалом. В республике имеются все предпосылки для активизации лизинга. Рынок лизинговых услуг является практически основным механизмом долгосрочных инвестиций в модернизацию производственных мощностей предприятий республики. Именно лизинг способен финансово обеспечить процесс обновления и своевременное воспроизводство основных фондов экономики, а значит, и поддерживать устойчивый экономический рост на основе инноваций, а также способствовать укреплению конкурентоспособности экономики региона. Однако для успешного формирования и развития лизингового рынка в Татарстане необходимо осуществить ряд мероприятий, направленных на его стимулирование и развитие:

1. Поддержка государством инфраструктурных элементов республиканского инновационного лизингового рынка, что ведет к росту числа лизинговых компаний и конкуренции среди них, которые, в свою очередь, в дальнейшем вынуждены снижать

стоимость лизинговых услуг. Это приведет к использованию в лизинговых сделках разнообразных финансовых инструментов.

2. Ввиду незаинтересованности коммерческих банков в кредитовании лизинговой деятельности необходимо разработать комплекс мер, при которых банкам было бы выгодно кредитовать лизинговые компании, в частности: перевод на льготное налогообложение, снижение нормы обязательного резервирования средств в ЦБ РФ, предоставление целевых ресурсов ЦБ РФ по пониженным ставкам для кредитования инновационного лизинга.

3. Политика государства в области инновационного лизинга должна предусматривать решение законодательных и финансовых проблем, в частности, рассмотреть вероятность использования механизмов фондового рынка (облигаций) для финансирования лизинга; оценить возможности применения резервов страховых компаний для финансирования сделок инновационного лизинга.

4. Необходимо активно развивать проекты во всех отраслях, где спрос на современную технику и оборудование может вырасти, а активное своевременное финансирование подобных проектов будет способствовать развитию рынка лизинга, его инфраструктуры.

5. Возможно внесение некоторых поправок в нормативную базу, которые позволили бы упростить и ускорить процедуру досудебного изъятия предмета лизинга у неплательщиков, так как существующая на сегодняшний день судебная система несовершенна, а изъятие предмета лизинга судом – это нежелательные для лизингодателей судебные издержки.

6. Предприятиям, которые приобрели механизм или оборудование по лизингу, предоставляется возможность значительно снизить налогооблагаемую базу путем оптимизации налоговых отчислений.

Инновационный лизинг на сегодняшний день является одним из ключевых финансовых механизмов, представляющих интерес для всех субъектов лизинговых отношений: лизингодателя, лизингополучателя, государства и банка. Лизинг позволяет осуществить крупномасштабные капитальные вложения в развитие материально-технической базы любого производства, к тому же он имеет ряд значительных преимуществ по сравнению с другими схемами приобретения механизмов и оборудования:

1. Для государства:

- развитие инновационного лизинга способствует мобилизации финансовых средств для инвестиционной деятельности;
- это гарантия использования инвестиционных средств на обновление материально-технической базы отечественных предприятий;
- используя налоговые льготы, государство может существенно снизить бюджетные ассигнования на финансирование инвестиций, эффективно управлять процессом совершенствования отраслевой структуры;
- повышение экспертного потенциала;
- снижение оттока частного отечественного капитала на Запад;
- создание дополнительных рабочих мест, а также решение различных социально-экономических задач.

2. Для лизингополучателя:

- возможность приобрести оборудование без крупных единовременных затрат;
- легче заключить контракт по лизингу, нежели ссуду, так как обеспечением сделки является приобретаемое оборудование (не требуется дополнительных гарантий);
- погашение лизинговых платежей может производиться из средств, которые поступают от реализации продукции, произведенной на оборудовании, приобретенном в лизинг;
- снижение налога на имущество, так как стоимость объекта лизинга может отражаться на балансе лизингодателя;
- в случае приобретения сложного оборудования существует возможность предусмотреть в договоре лизинга обязательства лизингодателя произвести ремонт и техническое обслуживание оборудования;
- возможность периодически обновлять морально устаревшую технику;
- ввиду равномерного распределения ограниченных ликвидных средств на покупку техники на весь срок действия контракта возникает возможность высвобождения средств для вложения в другие виды активов, что способствует стабилизации финансовых планов;
- гибкий график платежей.

## 3. Для лизингодателя:

- при наименьшем риске (по сравнению с обычным кредитованием) обеспечение необходимого дохода на вложенный капитал;
- до последнего платежа лизингодатель является юридическим собственником объекта лизинга, таким образом, в случае неплатежей может востребовать объект лизинга и реализовать его для погашения убытков;
- возможность осуществления контроля над целевым использованием объекта лизинга, так как передаются не денежные средства, а непосредственно средства производства;
- освобождение от уплаты налога на прибыль, полученной от реализации контрактов финансового лизинга со сроком действия не менее трех лет;
- частичное освобождение от уплаты таможенных пошлин и налогов в отношении временно ввозимой на территорию РФ продукции, являющейся объектом международного лизинга.

Внедрение достижений научно-технического прогресса, прогрессивных технологий, нового оборудования и техники посредством лизинга представляет особую сферу движения капитала в системе расширенного воспроизводства. Этот экономический механизм отличается от привычного производства, выпуска и реализации продукции тем, что он непосредственно связан с оснащением производственных фондов, а также позволяет поддерживать фонд средств производства в соответствии с современными требованиями рынка. Поэтому использование обобщенной оценки эффективности капитальных вложений не проясняет в полном объеме особенностей инновационной лизинговой деятельности.

Таким образом, лизинг – это особый комплекс отношений и своеобразная форма инвестиционно-инновационной деятельности, следовательно, место лизинга в системе обеспечения инновационной деятельности не оставляет сомнения в значимости лизинга инноваций сегодня и в перспективе. Вот почему так важны разработки и исследования сущности нового (инновационного) аспекта лизинговых услуг, которые нуждаются в комплексном изучении, поиске новых методов и подходов в изменении механизма финансирования экономики региона посредством лизинга.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Государственный доклад об итогах инновационной деятельности в РТ, 2009.
2. Статистический бюллетень Федеральной службы государственной статистики, 2010.
3. Российский статистический ежегодник. Стат. сб. / Росстат. – М., 2010.
4. Бродская Е. Лизинговые компании при банках получают преимущество // Информационный портал «Банковское обозрение». URL: <http://bo.bdc.ru/2010/1/lasing.htm> (дата обращения: 14.07.2010).

### REFERENCES

1. The state report of innovative activity results in Tatarstan Republic, 2009.
2. The statistical bulletin of the Federal State Statistics Service, 2010.
3. The Russian statistical yearbook. The statistical collection / Rosstat. – M., 2010.
4. Brodskaya E. The leasing companies at banks will get advantage // Information portal «Bankovskoe obozrenie». URL: <http://bo.bdc.ru/2010/1/lasing.htm> (reference date: 14.07.2010).

УДК 69.003.13

**Анисимов С.М.** – аспирантE-mail: [b0lahd@mail.ru](mailto:b0lahd@mail.ru)**Воронежский государственный архитектурно-строительный университет****УЧЕТ ИЗМЕНЕНИЙ СПРОСА ПРИ ОЦЕНКЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ  
ИНВЕСТИЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ****АННОТАЦИЯ**

В статье рассматриваются теоретические и прикладные аспекты оценки экономической эффективности инвестиционных проектов в условиях неопределенности и риска. Приведены зарубежные и отечественные подходы и методики оценки эффективности инвестиций. Обосновывается целесообразность моделирования процесса изменения спроса на продукцию и услуги реализуемого проекта. Предлагается применение инструментов моделирования систем, в частности, цепей Маркова для выявления наиболее вероятной величины спроса на разных этапах реализации проекта.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** инвестиционный проект, оценка эффективности, неопределенность, риск, моделирование спроса, модель Маркова.

**Anisimov S.M.** – post-graduate student**Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering****ESTIMATION OF THE DEMAND CHANGES IN PROCESS OF EVALUATION  
OF ECONOMICAL EFFECTIVENESS OF INVESTMENT PROJECTS****ABSTRACT**

Theoretical and applied aspects of evaluation of economical effectiveness of investment projects under uncertainty and risk are observed. Russian and foreign methods of evaluation of economical effectiveness of investments are showed. Reasonability of modeling of the process of changing of demand for products and services produced in realized project is based. Author offers the use of systems modeling instruments in general and Markov's chains in particular for evaluation of the most likely amount of demand on different stages or project realization.

**KEYWORDS:** investment project, evaluation of effectiveness, uncertainty, risk, demand modeling, Markov's mathematical model.

Оценка эффективности инвестиций является наиболее ответственным этапом принятия инвестиционного решения, от результатов которого в значительной мере зависит достижение целей развития бизнеса. Объективность и достоверность результатов оценки эффективности во многом зависят от методики расчета и состава прогнозной информации об условиях развития рыночной среды в период реализации инвестиционного проекта. В связи с этим важно рассмотреть существующие методические подходы к оценке эффективности инвестиций и определить возможности их применения в условиях неопределенности рыночной среды с целью рационального выбора вариантов инвестирования.

В мировой практике наиболее применимыми являются следующие методики:

– методика UNIDO (Организация Объединенных Наций по промышленному развитию) для развивающихся стран по подготовке промышленных технико-экономических обоснований и её электронная версия COMFAR;

– методика World Bank (Всемирный банк);

– методика фирмы «Goldman, Sachs & Co» (крупнейший банковский дом Уолл-стрит, один из лидеров мирового инвестиционного бизнеса);

– методика фирмы «Ernst & Young» (интернациональная консультационно-аудиторская фирма).

Данные методики базируются на оценке дисконтированных финансовых потоков и обеспечении условий для возврата вложенного капитала с учетом вероятностного подхода к оценке риска, но без учета сценариев, учитывающих изменения в рыночной среде.

В России долгое время расчеты экономической эффективности проводились путем сравнения капитальных вложений и эксплуатационных затрат без учета риска их вложения и временного фактора. На основе типовой методики, разработанной специалистами во главе с академиком Т.С. Хачатуровым, были выпущены различные отраслевые методики и инструкции по оценке эффективности капитальных вложений. Расчеты базировались на использовании нормативного коэффициента эффективности или коэффициента, рассчитываемого как отношение прогнозируемой среднегодовой суммы прибыли к объему капитальных вложений, и срока окупаемости – показателя, обратного нормативному коэффициенту.

Следует отметить, что оба эти показателя имели ряд существенных недостатков, основным из которых являлось отсутствие учета фактора времени, а также учета фактора неопределенности. Вследствие чего в процессе расчета сравнивались несопоставимые показатели: объем инвестиций по настоящей стоимости, в нынешних условиях и объем прибыли в будущей стоимости, без учета изменения факторов микро- и макросреды. Таким образом, использование этих показателей не соответствовало требованиям объективной и всесторонней оценки.

Эволюция отечественных методических подходов к определению эффективности инвестиций, основой которых долгое время являлась оценка капитальных вложений, стала объективно необходимой при переходе к рыночным экономическим условиям.

При переходе к рыночной экономике возникла необходимость пересмотра существовавшей практики оценки эффективности капитальных вложений и активного использования методических подходов, разработанных в мировой практике.

На основе западных и современных отечественных разработок в области методов оценки эффективности инвестиций применительно к условиям рыночной экономики были разработаны Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов и их отбору для финансирования, утвержденные Министерством экономики РФ, Министерством финансов РФ, Государственным комитетом РФ по строительству, Государственным комитетом промышленности РФ. Также были разработаны: методика Инвестиционно-финансовой группы, методика Российской финансовой корпорации, фирмы «Альт» и др.

В этих методиках используются методология и базовые принципы оценки эффективности инвестиций, широко применяемые в мировой практике. Важнейшими из этих принципов являются: определение стратегии финансирования инвестиционного проекта; учет результатов анализа финансового состояния предприятия и рынка, рисков инвестиционного проекта, воздействия реализации инвестиционного проекта на охрану окружающей среды; оценка возврата инвестируемого капитала на основе показателя денежного потока, соизмерение разновременных показателей инвестируемого капитала и денежного потока посредством дисконтирования, дифференциация нормы дисконта и ее форм при дисконтировании денежного потока для различных проектов в зависимости от уровня риска и целей оценки.

В настоящее время официальным документом является вторая редакция вышеназванных методических рекомендаций, а именно, «Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов», утвержденные Минэкономки РФ, Минфином РФ и Госстроем РФ от 21 июня 1999 г. № ВК 477 [1].

Эффективность проекта в целом оценивается с целью определения потенциальной привлекательности проекта для возможных участников и поисков источников финансирования. Она включает в себя:

- общественную (социально-экономическую) эффективность проекта;
- коммерческую эффективность проекта.

Оценка может различаться по видам рассматриваемой эффективности, а также по набору исходных данных и степени подробности их описания.

Различают два основных подхода к решению данной проблемы, в соответствии с которыми и методы оценки эффективности инвестиций предлагается разделить на две группы:

- 1) простые (статические) методы;
- 2) методы дисконтирования.

Методы, входящие в первую категорию, оперируют отдельными, «точечными» (статическими) значениями исходных показателей. При их использовании не учитываются вся продолжительность срока жизни проекта, а также неравнозначность денежных потоков, возникающих в различные моменты времени. Тем не менее, в силу своей простоты и

иллюстративности, эти методы достаточно широко распространены, хотя и применяются, в основном, для быстрой оценки проектов на предварительных стадиях разработки.

Ключевую роль в количественном обосновании эффективности инвестиционного проекта играют методы, основанные на дисконтировании денежных средств.

В данной группе представлены методы анализа инвестиционных проектов, оперирующие понятием «временных рядов» и требующие применения специального математического аппарата и более тщательной подготовки исходной информации.

В качестве основных показателей, используемых для расчетов эффективности ИП, рекомендуются:

- чистый доход;
- чистый дисконтированный доход;
- внутренняя норма доходности;
- потребность в дополнительном финансировании (другие названия – ПФ, стоимость проекта, капитал риска);
- индексы доходности затрат и инвестиций;
- срок окупаемости;
- группа показателей, характеризующих финансовое состояние предприятия – участника проекта.

Следует отметить, что условия финансовой реализуемости и показатели эффективности рассчитываются только на основе денежного потока.

В расчетах эффективности рекомендуется учитывать неопределенность, т.е. неполноту и неточность информации об условиях реализации проекта, и риск, т.е. возможность возникновения таких условий, которые приведут к негативным последствиям для всех или отдельных участников проекта. Показатели эффективности проекта, исчисленные с учетом факторов риска и неопределенности, именуются ожидаемыми. Однако, как свидетельствует практика оценки инвестиционных проектов, вероятность риска оценивается экспертным путем, без исследования рыночной среды, а в большинстве проектов просто не учитывается. Вместе с тем понятно, что за длительный период реализации инвестиционного проекта происходят значительные изменения в микро и макросреде. Наиболее динамичными являются те факторы рыночной среды, от которых зависит спрос.

Наличие стабильного спроса на продукцию и услуги, предлагаемые потребителю в рамках конкретного проекта, является одним из условий его успешной реализации. Прогнозирование спроса на весь период реализации проекта является сложной проблемой и одним из факторов риска.

Существующими методическими рекомендациями не предлагаются способы учета состояния или прогнозирования спроса с целью снижения неопределенности и риска в процессе инвестирования.

Практика разработки инвестиционных проектов свидетельствует о том, что расчет финансовых потоков осуществляется исходя из предположения об относительной стабильности спроса в период срока окупаемости или всего срока реализации проекта. Данное предположение является неверным, т.к. рыночная среда весьма динамична.

Как было указано выше, методика дисконтирования предполагает применение математических методов для получения наиболее достоверных данных об условиях реализации инвестиционных проектов, в частности о потенциальном спросе на каждом временном этапе.

Опыт разработки инвестиционных проектов и проведения маркетинговых исследований позволяет сделать вывод о том, что потенциальный спрос на продукцию и услуги реализуемых проектов должен рассматриваться как случайный процесс, но подвергающийся моделированию. Моделирование данного процесса может осуществляться с использованием различных математических инструментов. Наиболее приемлемой для прогнозирования изменений спроса, на наш взгляд, является модель Маркова.

Случайный процесс называется марковским процессом (или процессом без последствия), если для каждого момента времени  $t$  вероятность любого состояния системы в будущем зависит только от ее состояния в настоящем и не зависит от того, как система пришла в это состояние.

Марковский процесс удобно задавать графом (рис.) переходов из состояния в состояние. Возможны два варианта описания Марковских процессов: дискретное и непрерывное.

В первом случае переход из одного состояния в другое происходит в заранее известные моменты времени. Переход осуществляется на каждом этапе, а исследователя интересует только последовательность состояний, которую проходит случайный процесс в своем развитии, и не интересует, когда конкретно происходил каждый из переходов.

Во втором случае исследователя интересует и цепочка меняющихся друг друга состояний, и моменты времени, в которые происходили такие переходы.

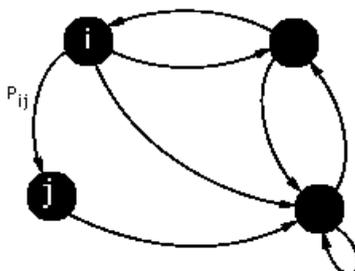


Рис. Представление Марковского процесса графом

Как всякое моделирование, построение цепей Маркова не является самоцелью, а лишь инструментом для решения определенного класса прикладных задач:

- Прогнозирование распределения объектов по возможным состояниям через  $T$  тактов времени;
- Расчет среднего времени перехода объекта из состояния  $i$  в заданное состояние  $j$ ;
- Расчет вероятности перехода из состояния  $i$  в состояние  $j$  за заданное число тактов времени;
- Расчет среднего времени пребывания объекта в заданном состоянии  $i$ ;
- Решение проблемы существования и вычисления стационарного распределения объектов по возможным состояниям.

Решение перечисленных задач является обязательным в процедуре оценки инвестиционных проектов. Речь идет о ситуациях, когда меняющийся спрос или другие параметры инвестиционного проекта изменяют свое состояние или могут в определенный промежуток времени стабилизироваться.

Вероятность перехода из состояния  $i$  в состояние  $j$  за  $T$  тактов времени может быть рассчитана по формуле:

$$p_{ij}^t = \sum_{q=1}^N p_{iq}^{t-1} * p_{qj}^j$$

где  $p_{ij}^t$  – вероятность перехода из состояния  $i$  в состояние  $j$  за  $T$  тактов времени;

$N$  – число состояний;

$p_{iq}^{t-1}$  – вероятность перехода в предыдущее состояние  $q$ ;

$p_{qj}^j$  – вероятность перехода из состояния  $q$  в состояние  $j$ .

Практическое применение модели Маркова предполагает осуществление маркетинговых исследований на рынке реализации продукции и услуг в рамках инвестируемого проекта. В ходе исследования необходим сбор следующей информации:

- текущее состояние спроса;
- факторы, оказывающие влияние на спрос в течение периода реализации;
- степень и характер влияния выявленных факторов на спрос.

По результатам маркетинговых исследований производится оценка вероятности переключения потребителей на альтернативные товары и услуги в результате изменения состояния рыночной среды.

Теоретические и практические исследования в рамках инвестиционного проекта по внедрению платных участков автомобильной дороги М4 «Дон» позволили осуществить моделирование спроса на основе модели Маркова. По данному инвестиционному проекту

возможны следующие состояния системы  $S_i$ , вероятность наступления которых оказывает непосредственное влияние на эффективность проекта:

- 1) пользователи платного участка автодороги соглашаются на проезд при установленном размере оплаты ( $S_1$ );
- 2) пользователи платного участка автодороги отказываются от проезда и переключаются на альтернативный участок дороги ( $S_2$ );
- 3) пользователи полностью отказываются от проезда по платному участку, используя другие виды транспорта ( $S_3$ ).

Проведенные автором маркетинговые исследования по оценке спроса на использование платного участка автомобильной дороги М-4 «Дон» показали, что основным фактором, влияющим на изменение спроса, является цена.

На момент исследования соотношение групп  $S_1$ ,  $S_2$ ,  $S_3$  среди водителей легкового транспорта составило  $S_1 - 61,65\%$ ,  $S_2 - 28,25\%$ ,  $S_3 - 10,1\%$ . Данное распределение не является стабильным. При изменении цены и прочих рыночных факторов существует вероятность перехода системы из одного состояния в другое. Решение каждого пользователя любой из рассмотренных групп о переключении на другой вариант получения услуги характеризуется определенной вероятностью.

На основе анализа результатов опроса водителей и руководителей автотранспортных предприятий определены вероятности переключения, представленные в виде матрицы вероятностей перехода дискретного Марковского процесса (табл. 1).

Таблица 1

**Матрица вероятностей перехода дискретного Марковского процесса**

		в состояние, %		
		$S_1$	$S_2$	$S_3$
Вероятность переключения из состояния	$S_1$	90	7	3
	$S_2$	9	85	6
	$S_3$	9	21	70

В соответствии с матрицей вероятностей определяется новое состояние системы после переключения. Для имитации процесса переключения используется генератор случайных чисел. При этом если производится  $N$  испытаний, то для  $(S_1 * N)$  из них начальным состоянием является  $S_1$ . Аналогично определяется начальное состояние для остальных испытаний. После выполнения всех итераций получаем новое распределение респондентов по состояниям  $S_1 - 60,5\%$ ,  $S_2 - 30,35\%$ ,  $S_3 - 10,1\%$ .

Если процесс многократно повторять, с использованием неизменных вероятностей, моделируя все новые и новые переключения, получаем некое устойчивое распределение.

Таблица 2

**Результаты имитаций переключения в зависимости от порядкового номера**

№ имитации	1	2	3	...	8	...	12	...	15
$S_1$	62	61	60	...	57	...	57	...	57
$S_2$	28	30	32	...	35	...	36	...	36
$S_3$	10	9	9	...	7	...	7	...	7

Из таблицы видно, что данный ряд чисел сходится к конечному значению, которое и показывает нам, как разделятся потребители между вариантами получения услуги. Следует также отметить, что число шагов, за которое осуществляется «сходимость» рядов, косвенно может служить показателем того, с какой интенсивностью покупатели будут реагировать на новые условия.

Идеальной будет ситуация, когда вероятности переключения выражены через функции, аргументы которых есть величины, характеризующие внешние условия реализации проекта (в нашем случае – цена).

На основании прогноза спроса, полученного путем математического моделирования, оценивается эффективность инвестиционных проектов при различных состояниях системы. Данный подход не исключает учета большего количества рыночных факторов.

Таким образом, использование модели Маркова с целью прогнозирования спроса и дальнейшего учета в оценке эффективности инвестиционных проектов позволит повысить качество оценки в условиях неопределенности рыночной среды.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Методические рекомендации по оценке инвестиционных проектов от 21 июня 1999 г. № ВК 477, утвержденные Министерством экономики РФ, Министерством финансов РФ, Государственным комитетом РФ по строительной, архитектурной и жилищной политике.
2. Басовский Л.Е., Басовская Е.Н. Экономическая оценка инвестиций. – М.: Инфра-М, 2007. – 241 с.
3. Волков А.С., Марченко А.А. Оценка эффективности инвестиционных проектов. – М.: РИОР, 2006.
4. Мухин О.И. Моделирование систем. Электронный учебник.
5. Советов Б.Я., Яковлев С.А. Моделирование систем: Учеб для вузов. – 3е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 2001. – 343 с.: ил.
6. Чернов В.А. Инвестиционный анализ / Под ред. М.И. Баканова. – М.: ЮНИТИ, 2008.
7. Шарп У.Ф., Александер Г.Дж., Бейли Дж. Инвестиции. Пер. с англ. – М.: ИНФРА-М, 2002. – 288 с.

### REFERENCES

1. Methodical recommendation concerning the evaluation of effectiveness of investment projects from 21st of June 1999 № ВК 477, approved by the ministry of economy of Russian Federation, ministry of finance, state committee of building, architecture and housing policy.
2. Volkov A.S., Marchenko A.A. Evaluation of effectiveness of investment projects. – M.: Publisher RIOR, 2006.
3. Basovsky L.E., Basovskaya E.N. Economical evaluation of investments. – M.: Infra-M, 2007. – 241 p.
4. Mukhin O.I. Modeling of systems. Electronic textbook
5. Sovetov B.Ya., Yakovlev S.A. Modeling of systems: Textbook for institutes of higher education 3rd publication revised and worked over. – M.: High School, 2001, – 343 p.
6. Chernov V.A. Investment analysis / Redacted by Bakanova M.I. – M.: Publisher UNITI, 2008.
7. Sharp U.F. Alexander G.J. Beiley J. Investments – translation from English. – M.: Publisher INFRA-M, 2002. – 288 p.

УДК 332.871

**Афанасьева А.Н.** – ассистентE-mail: [afanaceva\\_ksaba@mail.ru](mailto:afanaceva_ksaba@mail.ru)**Казанский государственный архитектурно-строительный университет****ПРОБЛЕМЫ СОБСТВЕННОСТИ В ТОВАРИЩЕСТВЕ СОБСТВЕННИКОВ ЖИЛЬЯ  
И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ****АННОТАЦИЯ**

В данной статье предпринята попытка рассмотреть часть организационно-управленческих и экономических проблем собственности, возникающих при формировании и деятельности ТСЖ. На этой основе предлагается комплекс мер по их разрешению, позволяющих в некоторой части восстановить институт собственности в жилищно-коммунальном хозяйстве.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** собственность, жилищно-коммунальное хозяйство, товарищество собственников жилья.

**Afanasieva A.N.** – assistant**Kazan State University of Architecture and Engineering****PROBLEMS OF THE PROPERTY IN COMPANY OF PROPRIETORS OF HABITATION  
AND THE WAY OF THEIR DECISION****ABSTRACT**

In given article, attempt to consider a part of organizational-administrative and economic problems of the property arising at formation and activity of company of proprietors of habitation is undertaken. On this basis the complex of measures under their sanction is offered, allowing in some part to restore institute of the property in housing and communal services.

**KEYWORDS:** property, housing and communal services, company of proprietors of habitation.

**Введение**

Наличие проблем в российском ЖКХ и необходимость их решения признается на высшем уровне государственного управления [1], а также в средствах массовой информации [2] и научной литературе [3-5].

Одним из видов проявления таких проблем является нарастающий поток судебных исков, свидетельствующих о стремлении граждан решить жилищные, в том числе экономические, проблемы с помощью правосудия. Анализ выборки из 100 судебных дел [6] позволяет установить, что их большая часть в 2009-2010 годах была связана со спорами в отношении затрат на содержание общего имущества в многоквартирном доме, а также по вопросам приватизации жилья и прав на земельный участок, на котором находится жилой дом.

Анализ сущности и причин возникновения жилищных проблем у собственников жилья свидетельствует о том, что большинство из них связано с недостатками государственного регулирования «института собственности». Характер ряда таких недостатков и последствий их влияния рассмотрен в работах [7, 8], а в работах [9, 10] высказаны предложения по их устранению на законодательном уровне.

Недостатки государственного регулирования «института собственности» в ЖКХ приводят к возникновению организационно-управленческих, экономических и финансовых проблем в деятельности организаций (юридических лиц), осуществляющих «управление многоквартирным домом». Возникают задачи, связанные с необходимостью решения этих проблем в деятельности конкретных видов таких организаций.

Согласно статье 161 ЖК РФ [11] «собственники помещений в многоквартирном доме обязаны выбрать один из способов управления многоквартирным домом». Одним из таких «способов» считается создание «товарищества собственников жилья» (ТСЖ).

В работе [12], основанной на изучении конкретных судебных дел между участниками ТСЖ в г. Казани и смысла разных статей ЖК РФ, предложена формула расчета «долевой

собственности» и даны обоснования ее применения.

В работе [13], основанной на изучении экономических проблем собственников жилья, предложен способ законной минимизации налогового бремени собственников жилья – участников ТСЖ.

Однако, в работах [12, 13] не рассматриваются пути и способы решения главной проблемы формирования и признания общей собственности владельцев жилья на общее имущество в многоквартирном доме в условиях действующего законодательства со всеми его недостатками.

### Основная часть

Цель данной работы – выработка модельных способов решения указанной проблемы собственности в ТСЖ.

Сначала определимся со спецификой модели жилищно-коммунального хозяйства, на базе которого нормами Жилищного кодекса РФ предусмотрено создание ТСЖ. Используем результаты анализа и модельные представления, развитые в работах [7, 8], и построим модель, изображенную на рис. 1.

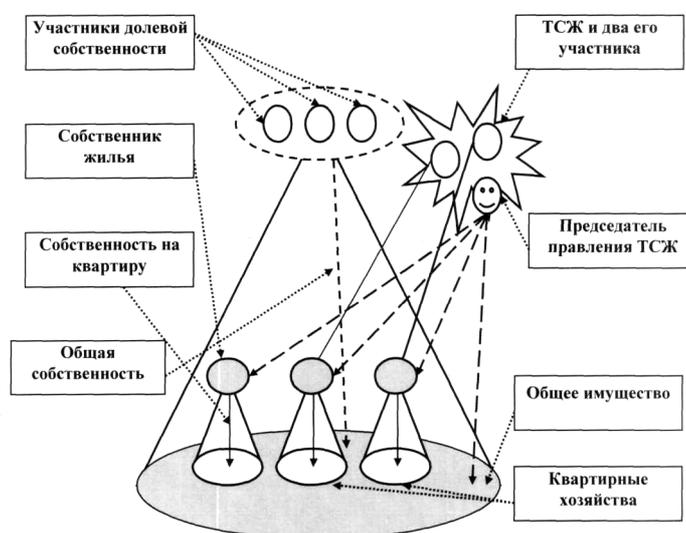


Рис. 1. Структурно-функциональная модель хозяйствующего субъекта в форме ТСЖ, соответствующего нормам ЖК РФ

Центральным функциональным ядром модели на рис. 1 является конус, внутрь которого вписаны три малых конуса. Большой конус символизирует «жилищно-коммунальное хозяйство» (ЖКХ), основание конуса – недвижимое имущество, «территория ЖКХ», а вершина конуса – субъект, который должен властвовать над всем имуществом в ЖКХ.

Малые конусы символизируют квартирные (жилищные) хозяйства. Основание каждого маленького конуса – квартирное недвижимое имущество, площадь и объем квартиры, владельцем которого является собственник жилья. Всё внеквартирное общее недвижимое имущество (коммунальное имущество) вместе с его коллективным собственником образует «коммунальное хозяйство», находящееся внутри ЖКХ и граничащее с жилищным хозяйством. Все жилищные хозяйства вместе с общим коммунальным образуют «единый хозяйственный комплекс».

Трудности психологического восприятия такой модели хозяйства связаны со следующей их спецификой. Участники общей собственности на общее жилище согласно договору обособляют изолированные жилые помещения (части жилища) в «частную собственность», оставляя все иное неделимое имущество в общей собственности. Каждый из бывших участников общей собственности на весь жилой дом превратился в двух разных функциональных субъектов:

- участника общей собственности на общее долевое имущество – члена жилищной коммуны;

- частного собственника обособленного жилого помещения, не являющегося членом объединения собственников жилья.

При этом, физическое лицо – одно, а собственников – два, на разные виды имущества.

Собственники жилья реализуют право на свободу личной жизни и на свободу собственности внутри своих жилищных хозяйств. Они не несут бремя содержания общего имущества. С другой стороны, эти же физические лица, в качестве участников объединения участников общей собственности в ЖКХ, несут бремя содержания общего имущества, собираясь на свои собрания и принимая коллективные решения. В состав общего имущества входят стены, перекрытия, образующие квартиры, несущие конструкции жилого дома, места общего пользования и земельный участок, на котором находится дом, образуя с ним «единый имущественный комплекс».

Оба эти института собственности должны быть в ЖКХ так же неразрывны, как неразрывны обе имущественные компоненты цельного хозяйства и как неразрывно каждое физическое лицо при осуществлении им разных функций. Такое естественное единство обоих институтов собственности в ЖКХ условно назовем «естественным».

Обращаясь к модели, изображенной на рис. 1, нетрудно заметить, что никто из собственников жилья не сможет выйти из своего жилищного хозяйства или попасть в него, не пользуясь общим (коммунальным) имуществом. Это обстоятельство приводит к тому, что коллективный собственник осуществляет власть не только над недвижимым имуществом, но и над всеми лицами, которые находятся в жилищных хозяйствах. Поскольку в роли членов коллективного собственника и в роли собственников жилья должны выступать одни те же физические лица, коллективная власть объединения над каждым собственником жилья является их «естественной монополией», а все виды недвижимого имущества, без доступа к которому невозможно осуществлять частную собственность на жилье, являются «объектами естественной монополии» (ОЕМ).

Специфика модели, заданной нормами закона о приватизации жилищного фонда и нормами ЖК РФ, заключается в том, что:

– гражданам предусмотрена передача, признание и государственная регистрация права собственности на жилье, а передача, признание и государственная регистрация права общей собственности на общее имущество не предусмотрены;

– право граждан на жилище, предусмотренное Конституцией РФ, заменено правом собственности на часть жилища, называемую «жилым помещением» (ст. 1, 15 ЖК РФ);

– порядок и условия коллективных собственников и их правомочия не предусмотрены нормами ЖК РФ, а вместо такого объединения введены представления об «общем собрании собственников жилых помещений», которые ни фактически, ни юридически не стали ни участниками общей собственности, ни членами объединения, связывающего всех участников общей собственности без исключения. Разорваны коммуникационные связи между собственниками жилья и членами жилищного объединения и т.д.

Разрыв института собственности в ЖКХ сопровождается введением неопределенных представлений об «общей долевой собственности». В ст. 36 ЖК РФ объявлено, что каждому собственнику помещения на праве долевой собственности принадлежит общее имущество в домовладении. Во-первых, субъект называется «собственником жилого помещения» потому, что он не является (не должен быть) участником общей собственности. Во-вторых, гражданам, являющимся собственниками квартир, законом не предусмотрена процедура (порядок и условия) передачи общего имущества в общую собственность при условии, что они входят в состав жилищной коммуны. В-третьих, в ст. 37 ЖК РФ представления о долевой собственности введены ошибочно и неопределенно. Установлено, что такая «доля» должна быть пропорциональна площади жилья, но коэффициент пропорциональности не установлен [12]. Не определен субъект, который должен законно устанавливать значение такой «доли».

Части граждан, являющихся собственниками жилья, нормами ЖК РФ предоставлено право создания «юридического лица», называемого ТСЖ. Хотя в ст. 48 ГК РФ «юридическое лицо» названо «организацией», на самом деле, по мнению автора, речь идет о символическом субъекте, наделенном гражданской правоспособностью. На рис. 1 такой субъект изображен в виде многолучевой звезды. Часть членов ТСЖ, изображенных на рисунке внутри изображения юридического лица (его участники), соединены линиями связи (коммуникациями) с собственниками жилья. Это означает, что в роли участников ТСЖ и в роли собственников жилья выступают одни и те же физические лица.

Согласно нормам Жилищного кодекса ТСЖ не является собственником общего имущества в многоквартирном доме. Тем не менее, руководству ТСЖ законом предоставлено

право осуществления власти над общим имуществом и власти над всеми собственниками жилья и проживающими в нем лицами, взимая оплату «коммунальных услуг» (вместо коммуны). Такие командные действия отражены на рис. 1 штрихпунктирными стрелками, направленными на объекты власти.

Примем указанную модель и нормы существующего законодательства за основу при выработке предложений по реализации института собственности в ТСЖ.

Первая проблема, требующая решения, – использование ТСЖ для формирования института общей собственности на общее имущество в многоквартирном доме. Сущность проблемы заключается в том, что ТСЖ созданы, как правило, лицами, не обладающими правом долевой собственности и, следовательно, числом голосов при принятии общего решения собранием собственников жилья при создании ТСЖ.

Решение этой проблемы предлагается осуществлять следующим образом и в следующем порядке:

Этап 1. В рамках соблюдения правила п. 7 ст. 148 ЖК РФ создать реестр всех собственников жилья, включая членов ТСЖ, формируя сведения о правах собственности, субъектах и объектах собственности.

Этап 2. В соответствии с п. 1 ст. 148 принять собранием членов ТСЖ решения:

– о правиле определения доли в праве общей собственности по формулам:

$$d_i = S_i / \sum (S_i),$$

$$\sum (d_i) = 1,0 \quad (1)$$

где  $d_i$  – доля в общей собственности,  $S_i$  – площадь  $i$ -той квартиры;

– о признании участников общей совместной собственности на общую квартиру субъектами, которые в равных долях несут бремя содержания общего имущества, приходящегося на коллективного собственника квартиры;

– о порядке и условиях представления одним из совладельцев квартиры прав и интересов других совладельцев квартиры на общем собрании собственников помещений, в том числе не входящих в состав участников ТСЖ.

Причина предлагаемых мер и действий заключается в следующем. В ст. 36 ЖК РФ установлено, что каждому собственнику жилого помещения принадлежит доля в праве общей собственности на общее имущество, но кто устанавливает такую «долю» – не установлено. Поэтому, руководствуясь нормами статей 45-48 ЖК РФ, участники ТСЖ вынуждены «сами себе» решением общего собрания присвоить конкретные значения «доли». Но для этого необходимо определить и ввести правила, которые позволят установить доли, соответствующие закону.

Существенным управленческим условием является представительство совладельцев квартиры на общем собрании. Все участники общей собственности на квартиру должны выступать в роли одного консолидированного собственника. Если от имени таких коллективов будет принимать участие один правомочный субъект от каждой общей квартиры, то это приведет к росту вероятности принятия общего решения собранием собственников жилья. Правила необходимо вводить с целью их распространения на всех собственников жилья, поскольку они необходимы для расчета значений коммунальных платежей и решения других проблем осуществления общей собственности.

Этап 3. Используя установленные решением общего собрания (с участием лиц, не являющихся членами ТСЖ) правила и в соответствии с нормами ст. 46 ЖК РФ, установить для всех собственников квартир (единоличных и коллективных) «долю в праве общей собственности». В отсутствие других лиц, претендующих на такое право («установления долей»), решение собрания оказывается «безальтернативным».

Этап 4. В соответствии с решением общего собрания выдать в порядке, установленном собранием членов ТСЖ, каждому собственнику жилья «свидетельство о решении собрания о его доле в праве общей собственности на общее имущество в многоквартирном доме». С этого момента каждый собственник жилья будет обладать не только «легитимно» установленной «долей», но и числом голосов при принятии общего решения, которое должно указываться в «свидетельстве» («сертификате»), выданном правлением ТСЖ каждому собственнику жилья. Эти же сведения должны быть, согласно решению собрания членов ТСЖ, включены в «реестр участников общей собственности на общее имущество».

### Заключение

Автор полагает, что предлагаемый им комплекс управленческих и экономических мер и действий позволит в некоторой части восстановить институт собственности в ЖКХ и уменьшить бремя несправедливости, а также риска и страха, которое несут участники ТСЖ и их руководство за несоблюдение действующего законодательства. Автор полагает, что в отсутствие реальной кооперативной собственности на ЖКХ деятельность ТСЖ будет для граждан экономически выгоднее, менее обременительной, чем деятельность всевозможных «обществ с ограниченной ответственностью» и других «управляющих домом организаций».

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Выступление Президента Российской Федерации В.В. Путина на совещании по вопросам развития жилищно-коммунального хозяйства (16.02.2001, г. Томск) // Журнал руководителя и главного бухгалтера ЖКХ, 2001, специальный выпуск. – С. 3-11.
2. ЖКХ – история всероссийского обмана // NTV.RU: ежеднев. интернет-изд., 2009, 12 июля. URL: [http://www.ntv.ru/peredacha/istorii\\_vscrossiyskogoobmana](http://www.ntv.ru/peredacha/istorii_vscrossiyskogoobmana) (дата обращения: 09.01.2011).
3. Либоракина М.И., Сиваева С.Б. Местное самоуправление и реформа жилищно-коммунального хозяйства // Общественные науки и современность, 2004, № 3. – С. 39-50.
4. Огнев И.А. Реформа ЖКХ в тупике // ЭКО, 2010, № 12. – С. 93-113.
5. Цицин К. Перспективы развития жилищно-коммунального хозяйства // Проблемы теории и практики, 2009, № 10. – С. 8-12.
6. Обзор статистических данных о рассмотрении уголовных, гражданских и административных дел в Верховном Суде Республики Татарстан за 6 месяцев 2010 года // Государственная автоматизированная система «ПРАВОСУДИЕ». URL: [http://vs.tat.sudrf.ru/modules.php?name=press\\_dep&op=1&did=177](http://vs.tat.sudrf.ru/modules.php?name=press_dep&op=1&did=177) (дата обращения: 20.05.2011).
7. Ланцов В.М., Киреева Т.М. Анализ Жилищного кодекса и его «коррупциогенности». Проект «Основ начал жилищного законодательства», нужных для защиты прав граждан на жилище. – Казань: ЗАО «Новое знание», 2010. – 420 с.
8. Ланцов В.М., Шаймарданова А.Н., Киреева Т.М., Устинов А.Э. Жилищно-коммунальное хозяйство: основы теории и критический анализ российского опыта. – Казань: ЗАО «Новое знание», 2008. – 504 с.
9. Ланцов В.М., Ланцов М.В., Устинов А.Э. Гражданская инициатива: проект закона «Основные начала жилищного законодательства». – Казань: ЗАО «Новое знание», 2010. – 124 с.
10. Ланцов В.М., Янаков В.Н., Киреева Т.М., Ланцов М.В. Гражданская инициатива: почему и как необходимо изменить закон об ипотеке. – Казань: ЗАО «Новое знание», 2010. – 172 с.
11. Жилищный кодекс Российской Федерации. – Новосибирск: Наука, 2005. – 110 с.
12. Ланцов В.М., Устинов А.Э., Ланцов М.В. Проблема определения доли в праве общей собственности в многоквартирном доме // Вестник Владимирского юридического института, 2010, № 1 (14). – С. 90-93.
13. Афанасьева А.Н., Устинов А.Э., Ланцов М.В., Ланцов В.М. Метод экономико-правовой минимизации налога на жилище и на жилье // Вестник Владимирского юридического института, 2010, № 2 (15). – С. 53-55.

### REFERENCES

1. Statement of the President of the Russian Federation V.V. Putin at meeting on questions of development of housing and communal services (16.02.2001, Tomsk) // Magazine of the head and the chief accountant of housing and communal services, 2001, special release. – P. 3-11.
2. Housing and communal services – a history of the All-Russia deceit // NTV.RU: the daily Internet-edition, 2009, 12 July. URL: [http://www.ntv.ru/peredacha/istorii\\_vscrossiyskogoobmana](http://www.ntv.ru/peredacha/istorii_vscrossiyskogoobmana) (reference date: 09.01.2011).

3. Liborakina M.I., Sivaeva S.B. Local self-management and reform of housing and communal services // *Social studies and the modernity*, 2004, № 3. – P. 39-50.
4. Ognev I.A. Reform of housing and communal services in impasse // *EBO*, 2010, № 12. – P. 93-113.
5. Cyicyin K. Perspectives of development of housing and communal services // *Problems of the theory and practice*, 2009, № 10. – P. 8-12.
6. The review of the statistical data on consideration criminal, civil and administrative cases in the Supreme Court of Republic Tatarstan for 6 months 2010 // State automated system «JUSTICE». URL: <[http://vs.tat.sudrf.ru/modules.php?name=press\\_dep\\*op=1\\*did=177](http://vs.tat.sudrf.ru/modules.php?name=press_dep*op=1*did=177)> (reference date: 20.05.2011).
7. Lantsov V.M., Kireeva T.M. Analysis of the Housing code and its «corruption». The project of «Bases of the beginnings of the housing legislation», the rights of citizens necessary for protection to dwelling. – Kazan: Closed joint-stock company «New knowledge», 2010. – 420 p.
8. Lantsov V.M., Shaimardanova A.N., Kireeva T.M., Ustinov A.E. Housing and communal services: bases of the theory and the critical analysis of the Russian experience. – Kazan: Closed joint-stock company «New knowledge», 2008. – 504 p.
9. Lantsov V.M., Lantsov M.V., Ustinov A.E. Civil initiative: a bill «Basic beginnings of the housing legislation». – Kazan: Closed joint-stock company «New knowledge», 2010. – 124 p.
10. Lantsov V.M., Janakov V.N., Kireeva T.M., Lantsov M.V. Civil initiative: why and as it is necessary to change the law on the mortgage. – Kazan: Closed joint-stock company «New knowledge», 2010. – 172 p.
11. Housing code of the Russian Federation. – Novosibirsk: the Science, 2005. – 110 p.
12. Lantsov V.M., Ustinov A.E., Lantsov M.V. Problem of determining the share of common ownership in an apartment house // *Bulletin of the Vladimir legal institute*, 2010, № 1 (14). – P. 90-93.
13. Afanasieva A.N., Ustinov A.E., Lantsov M.V. Method of economic – legal minimization of the tax to dwelling and on habitation // *Bulletin of the Vladimir legal institute*, 2010, № 2 (15). – P. 53-55.

УДК 338.242.2:316.422

**Закеева Н.М.** – аспирант

E-mail: [znm88@mail.ru](mailto:znm88@mail.ru)

**Сиразетдинов Р.М.** – кандидат экономических наук, доцент

E-mail: [rustem.m.s\\_1999@mail.ru](mailto:rustem.m.s_1999@mail.ru)

**Казанский государственный архитектурно-строительный университет**

## **КОРПОРАТИВНАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ИННОВАЦИОННЫМИ ПРОЕКТАМИ В ИНВЕСТИЦИОННО-СТРОИТЕЛЬНОМ КОМПЛЕКСЕ**

### **АННОТАЦИЯ**

Сложные инновационные проекты, особенно в инвестиционно-строительном комплексе, оказывают существенное влияние на внешнюю среду, изменяя и формируя ее. Эти проекты требуют особого внимания к организации управления и в большой степени подвержены влиянию внешних экономических, политических и социальных факторов. В статье в качестве эффективного механизма управления подобными проектами рассматривается корпоративная система управления проектами. Внедрение данной системы обеспечивает эффективную работу проектных организаций.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** инвестиционно-строительный комплекс, корпоративная система управления проектами, управление проектами.

**Zakieva N.M.** – post-graduate student

**Sirazetdinov R.M.** – candidate economic sciences, associate professor

**Kazan State University of Architecture and Engineering**

## **CORPORATE PROJECT MANAGEMENT SYSTEM AS MANAGEMENT MECHANISM OF INNOVATIVE PROJECTS IN INVESTMENT-CONSTRUCTION COMPLEX**

### **ABSTRACT**

Complex innovative projects, especially in investment-construction complex, have a significant impact on the environment, changing and shaping it. These projects require special attention to management organization and in a large extent influenced by external economic, political and social factors. In the article as an effective management of similar projects a corporate project management system is considered. Implementation of this system ensures effective work of project organizations.

**KEYWORDS:** investment-construction complex, corporate project management system, project management.

Значительную роль в развитии любой страны играет инвестиционно-строительный комплекс (далее – ИСК). Именно он сигнализирует об уровне устойчивости экономики и может стать основой социально-экономической реструктуризации общества. По данным Федеральной службы государственной статистики, объем работ, выполненных по виду деятельности «Строительство» в РФ, в I полугодии 2010 г. составил 1549,5 млрд. рублей. В то же время следует заметить, что в последние годы с учетом развернувшегося кризиса наблюдается некоторая тенденция падения объема подрядных работ (рис. 1) [4].

Ухудшение состояния мировой и российской экономики, начиная со второй половины 2008 года, крайне негативно повлияло на темпы роста объемов строительных работ, однако со второй половины 2010 года наблюдалось повышение инвестиционной активности в строительное производство, что в дальнейшем способствовало дальнейшему увеличению объемов производства и уровня сложности реализуемых инвестиционно-строительных проектов. Сложные инновационные проекты в силу своего масштаба и инновационного характера оказывают существенное влияние на внешнюю среду, изменяя и формируя ее. Эти проекты требуют особого внимания к организации управления, диктуют потребность в формировании многоуровневых управленческих структур, финансируются из большого

количества источников с применением сложных финансовых схем и в большой степени подвержены влиянию внешних экономических, политических и социальных факторов.

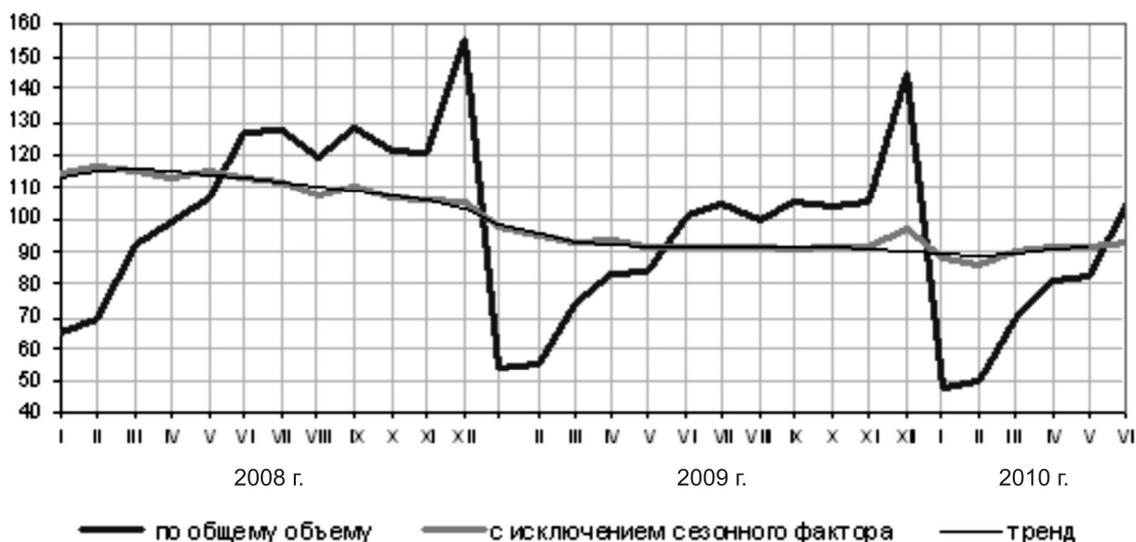


Рис. 1. Динамика объема работ по виду деятельности «Строительство» в РФ

Следует отметить, что проблемы управления проектами в ИСК и, прежде всего, инновационными проектами, отличающимися высоким уровнем сложности, часто рассматриваются без необходимого теоретического обобщения и не всегда способствуют созданию надлежащей методологической базы. Многие вопросы еще далеки от решения, и в результате во многих реализуемых в России крупных проектах отмечается перерасход средств, объекты сдаются с нарушением сроков и с претензиями по качеству. Организация управления данными проектами производится с использованием устаревших управленческих структур, что не позволяет достигать высоких показателей эффективности. В таких условиях необходимо понимать, что если проектные организации хотят претендовать на участие в крупных инвестиционных проектах и планируют сотрудничать с зарубежными партнерами, то жизненно необходима перестройка работы и, в первую очередь, системы управления.

Практика показывает, что успешная реализация проектов в запланированные сроки в рамках установленного бюджета и в соответствии с техническими спецификациями и требованиями к качеству возможна только в рамках формализованной проектной среды, поддерживаемой ясной и четко определенной методикой управления проектами. В качестве такой среды рассматривается **корпоративная система управления проектами** (далее – КСУП), которая представляет собой систему организационных, методических и информационных средств, поддерживающую процессы управления проектами в организации.

В проектной деятельности одним из ключевых направлений является **организация экономического сопровождения проектов**. При реализации данного направления возникают проблемы, представленные на рис. 2. Решение отраженных проблем и, соответственно, организацию эффективной экономической работы в рамках управления проектами должна обеспечить КСУП. Рассматриваемая система укрупненно включает в себя **четыре основных компонента**:

- 1) методологию управления проектами;
- 2) информационную систему управления проектами (далее – ИСУП);
- 3) обученный персонал (все участники проектной деятельности);
- 4) проектный офис.

Для достижения успешного результата необходимо наличие совокупности этих компонентов.



Рис. 2. Проблемы, возникающие при организации экономического сопровождения проектов

**Методология управления проектами** представляет собой систему методик, механизмов, регламентов, стандартизирующих деятельность организации по реализации проектов (рис. 3). Она должна создаваться внутри компании в соответствии со стандартами управления проектами. Разработкой методологии должна заниматься команда внедрения с привлечением внешних консультантов и экспертов по управлению проектами. В дальнейшем эта рабочая группа станет основой создаваемого проектного офиса, который будет отвечать за разработку и развитие данной методологии внутри организации.

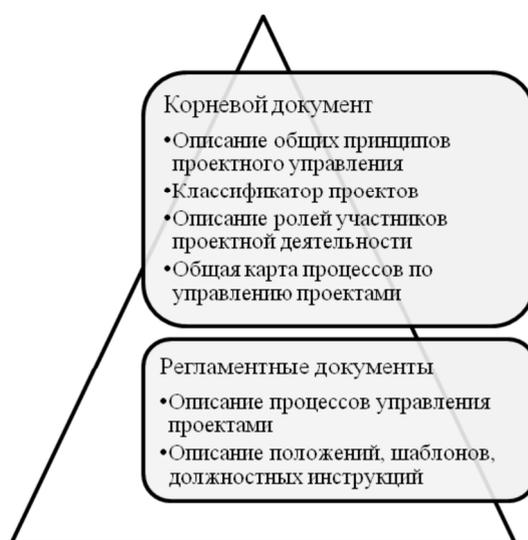


Рис. 3. Документы, входящие в состав методологии управления проектами

**ИСУП** является инструментом, предназначенным для автоматизации проектной деятельности посредством использования специального программного обеспечения. Программное обеспечение, внедренное в качестве ИСУП, позволяет повысить эффективность проектного управления на предприятии за счет поддержки процессов управления проектами на протяжении всего его жизненного цикла.

ИСУП призвана облегчить часть функций управления, дать необходимую информацию, но при этом сама нуждается в обслуживании и поддержке (как правило, это «ложится на плечи» проектного офиса). Поэтому осуществляется проведение обучения как самой методологии управления проектами, технологии ее применения, так и работе с инструментарием (программным продуктом). **Обучение персонала** можно разделить на три уровня, представленных на рис. 4.



Рис. 4. Уровни обучения персонала

Ни один бизнес-процесс в компании не будет работоспособным без поддерживающей его структуры. Отсутствие контроля за соблюдением регламентов и их развитием по мере увеличения требований бизнеса к принципам проектного управления может сделать новые принципы работы бездействующими. Решением проблемы является создание проектного офиса.

**Проектный офис** – организационная структура, вся деятельность которой направлена на упорядочивание и развитие проектной деятельности компании. Типовой состав проектного офиса представлен на рис. 5. Данная структура должна обеспечивать выполнение следующих функций:

- 1) поддержка проектов (обеспечение руководствами и положениями по управлению проектами);
- 2) разработка/развитие и осуществление адекватного и стандартизированного процесса управления проектами;
- 3) обучение (руководство по обучающим программам или составление необходимых требований для привлекаемой консалтинговой компании);
- 4) «дом» для руководителей проектов (поддержка централизованного офиса, сотрудники которого выделяются для работы над проектами);
- 5) внутренний консалтинг и руководство;
- 6) поддержка ИСУП (выбор и поддержка программных средств управления проектами), контроль и регулирование портфеля проектов (формирование штата руководителей программ и портфелей проектов, разработка настольных приложений, координация распределения ресурсов).



Рис. 5. Типовой состав проектного офиса

**Внедрение КСУП** осуществляется поэтапным переходом от «функционального» управления деятельностью организации к «проектному». Данный процесс должен проводиться на базе осознания необходимости в улучшении и оптимизации деятельности организации. Существующие риски противодействия сотрудников организационным изменениям необходимо минимизировать за счет активной поддержки изменений высшим руководством. Важными **факторами** внедрения КСУП являются:

- 1) Понимание того, что внедрение КСУП – это сложный организационный проект, требующий выделения необходимых финансовых, материальных и временных ресурсов;
- 2) Согласованность стандартов КСУП с общими бизнес-процессами в работе предприятия;
- 3) Внедрение КСУП по этапам;
- 4) Обучение сотрудников компании использованию методологии управления проектами и работе в ИСУП.

На сегодняшний день в широкодоступной литературе можно найти огромное количество предлагаемых планов внедрения КСУП, в которых содержание этапов и их количество сильно варьируется. По мнению первого заместителя директора ООО «Институт «Харьковпроект» А. Власенко, большое количество этапов предлагается консалтинговыми фирмами, в том числе для того, чтобы оправдать стоимость своих услуг. Им был предложен сжатый, но в то же время емкий **план внедрения КСУП** в проектном институте, включающий четыре основных этапа:

- 1) Внутренний аудит.
- 2) Разработка модели управления проектами.
- 3) Пилотная эксплуатация.
- 4) Переход к промышленной эксплуатации.

Данная последовательность корректируется в зависимости от особенностей конкретной организации. Задачи и состав работ этапов внедрения КСУП представлены в табл. 1.

Таблица 1

Этапы внедрения КСУП

Наименование этапа внедрения КСУП	Задачи	Состав работ
<b>ВНУТРЕННИЙ АУДИТ</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Обследование и аудит системы управления и выполнения проектных работ.</li> <li>2. Определение основных требований к будущей системе, формирование задания на проектирование (построение) и внедрение системы.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Анализ структуры ресурсов, отражающей общую организационную структуру.</li> <li>2. Анализ документации, описывающей и регламентирующей менеджмент предприятия и его функционирование.</li> <li>3. Оценка соответствия реального состояния дел установленным требованиям регламентирующих документов.</li> <li>4. Анализ существующей системы документооборота.</li> <li>5. Анализ системы финансового менеджмента.</li> <li>6. Оценка эффективности существующей системы мотивации персонала и заинтересованности в конечном результате.</li> <li>7. Анализ эффективности использования информационных систем, имеющихся на предприятии.</li> <li>8. Оценка процессов управления деятельностью организации, определение структуры связей между подразделениями.</li> <li>9. Оценка системы отслеживания выполнения задач во времени и учета затрат трудовых ресурсов.</li> </ol>

Продолжение табл. 1

<b>РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЕКТАМИ</b>	<p>1. Корректирование действий по управлению и организации работ предприятия.</p> <p>2. Формирование команды специалистов для работы по внедрению КСУП (команда внедрения).</p> <p>3. Разработка методологии управления проектами.</p> <p>4. Выбор и приобретение ИСУП.</p> <p>5. Обучение персонала методологии и инструментарию управления проектами.</p>	<p>1. Корректировка существующих и разработка новых стандартов и процедур по управлению и организации работы.</p> <p>2. Подбор специалистов для формирования команды внедрения.</p> <p>3. Разработка методической базы модели управления проектам:</p> <p>а) определение организационной структуры управления проектами;</p> <p>б) разработка «Руководства по управлению проектами»;</p> <p>в) создание пакета организационной, методической и справочной документации (детальное «проектирование» выбранной оргструктуры).</p> <p>4. Выбор и приобретение программного обеспечения.</p> <p>5. Проведение обучения сотрудников в соответствии с управленческими уровнями.</p>
<b>ПИЛОТНАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ</b>	<p>1. Выбор пилотного проекта.</p> <p>2. Запуск, отработка и корректировка модели управления проектами в рамках реализации пилотного проекта.</p> <p>3. Установка, тестирование и запуск ИСУП.</p> <p>4. Формирование проектного офиса.</p>	<p>1. Проведение инвентаризации проектов, ведущихся в настоящее время. Структурирование проектов по типам для дальнейшего объединения в портфели.</p> <p>2. Выбор пилотного проекта, на котором будет запущена и отработана оптимизированная модель управления проектами.</p> <p>3. Реализация пилотного проекта с использованием методик и инструментов КСУП.</p> <p>4. Внесение корректировок, отработка методов и принципов КСУП.</p> <p>5. Подготовка необходимой документации, принципов работы и формирование состава проектного офиса.</p> <p>6. Разработка организационной структуры проектного офиса, штатного расписания, требований к персоналу.</p> <p>7. Подбор и формирование штата специалистов подразделения.</p> <p>8. Разработка, согласование и утверждение «Положения о проектном офисе».</p> <p>9. Отработка взаимодействия проектного офиса с основными функциональными подразделениями организации.</p>
<b>ПЕРЕХОД К ПРОМЫШЛЕННОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ</b>	<p>1. Применение КСУП в масштабе всей организации.</p> <p>2. Совершенствование КСУП.</p>	<p>1. Распространение опыта пилотных проектов на все проекты, реализуемые в организации.</p> <p>2. «Отладка» механизма работы КСУП, в первую очередь, работы проектного офиса.</p>

Крупномасштабной оценки эффективности использования КСУП в российских компаниях не проводилось, так как компаний, эффективно использующих подобные полнофункциональные системы, не много. Компания PM Expert в марте 2010 года провела интернет-опрос «Корпоративная система управления проектами – практика российского

бизнеса». В данном опросе приняли участие более 150 компаний. В результате обобщения данных интернет-опроса было выявлено следующее:

- 1) Более чем у 85 % компаний – участников опроса – внедрена КСУП.
- 2) Российские компании предпочитают самостоятельно внедрять КСУП.
- 3) Основной причиной внедрения КСУП является отсутствие актуальной общей картины проектов, наиболее критичной областью проектного управления – управление сроками.
- 4) В большинстве случаев российские компании оценивают изменения после внедрения КСУП как положительные.
- 5) Большинство компаний планируют дальнейшее развитие проектного управления [5].

По результатам обзора Института управления проектами США (PMI) 2008 года, который включает данные более чем от 100 североамериканских компаний и профессионалов в области управления проектами, большинство специалистов в области управления проектами и представителей компаний различных отраслей США сошлись во мнении, что прирост эффективности при использовании КСУП составляет порядка 21 % по отношению к показателям компаний, не использующих подобную систему для ведения проектной деятельности. В табл. 2 представлены средние оценки прироста эффективности после внедрения КСУП по разным областям управления проектами [6].

Таблица 2

**Оценка прироста эффективности после внедрения КСУП  
по областям управления проектами на 2008 год (США)**

Область управления проектами	Параметры оценки эффективности	Оценка, %
Управление предметной областью	Интеграция проектной деятельности в общую деятельность компании	25
	Актуализация целей проектов	20,4
Управление расписаниями	Управление расписаниями проектов	27,5
	Прогнозирование расписаний	30,0
Управление стоимостью	Управление бюджетом проектов	20,0
	Рост продаж	34,2
	Возврат инвестиций	25,4
	Сокращение времени выхода на рынок	21,5
Управление ресурсами	Управление ресурсами проекта	25,0
	Эффективность использования ресурсов	26,0
	Продуктивность работы персонала	15,1
Управление рисками проектов	Управление рисками	19,0
Работа с заказчиками и поставщиками	Информированность заказчиков	32,5
	Вовлечение заказчика	44,4
	Управление поставками	20,0

Таким образом, изучение практики управления инновационными проектами и практического опыта функционирования систем управления проектами как в российских, так и зарубежных организациях позволяет сделать вывод о том, что на современном этапе развития КСУП представляет собой механизм, позволяющий обеспечить эффективное управление и координацию выполнения работ по проектам на основе единой методологической и программно-технической базы. Сегодня у каждой проектной организации есть возможность с помощью КСУП организовать дисциплину, которая позволит:

- 1) осуществить грамотное «сквозное» планирование всех проектов и быстрое согласование объемов работ между подразделениями и внешними подрядчиками;
- 2) эффективно назначать задачи сотрудникам;
- 3) контролировать правильность и своевременность выполнения назначенных задач без существенных затрат времени на отчетность.

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Загидуллина Г.М., Замалиев Э.Ф. Особенности программы социальной ипотеки Республики Татарстан // Известия КазГАСУ, 2010, № 2 (14). – С. 333-338.
2. Полковников А.В., Дубровик М.Ф. Внедрение корпоративной системы управления проектами: риски, факторы успеха, выбор стратегии // Управление проектами и программами, 2006, № 01 (05). – С. 42-49.
3. Сиразетдинов Р.М. Формирование инновационной стратегии управления инвестиционной деятельностью (на примере анализа рынка недвижимости) // Известия КазГАСУ, 2011, № 1 (15). – С. 199-205.
4. Федеральная служба государственной статистики. URL: <http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat/rosstatsite/main> (дата обращения: 18.04.2011).
5. Управление проектами (Project Management). PM Expert – обучение, управленческий консалтинг и аутсорсинг в соответствии со стандартом PMI PMBOK. URL: <http://www.pmexpert.ru> (дата обращения: 25.05.2011).
6. Московское отделение Института управления проектами. URL: <http://pmi.ru> (дата обращения: 20.05.2010).

**REFERENCES**

1. Zagidullina G.M., Zamaliev E.F. Features of the program of social morgage of the Republic of Tatarstan // Izvestiya KazGASU, 2010, № 2 (14). – P. 333-338.
2. Polkovnikov A.V., Dubrovik M.F. Implementation of corporate project management system: risks, success factors, the choice of strategy // Upravlenie proektami i programmami, 2006, № 01 (05). – P. 42-49.
3. Sirazetdinov R.M. Formation of innovation management strategy investing activities// Izvestiya KazGASU, 2011, № 1 (15). – P. 199-205.
4. Federal state statistics service. URL: <http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat/rosstatsite/main> (reference date: 18.04.2011).
5. Project management. PM Expert – training, consulting and outsourcing under PMI PMBOK standard. URL: <http://www.pmexpert.ru> (reference date: 25.05.2011).
6. Moskow department project Management institute. URL: <http://pmi.ru> (reference date: 20.05.2010).

УДК 338.242.2

**Сиразетдинов Р.М.** – кандидат экономических наук, доцентE-mail: [rustem.m.s\\_1999@mail.ru](mailto:rustem.m.s_1999@mail.ru)**Казанский государственный архитектурно-строительный университет****МОДЕЛИРОВАНИЕ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ  
ИНВЕСТИЦИОННО-СТРОИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА  
(НА ПРИМЕРЕ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН)****АННОТАЦИЯ**

Инвестиционно-строительный комплекс – это открытая система, на которую влияет внешняя среда. Для моделирования инновационных процессов в инвестиционно-строительный комплекс необходимо выделять доминирующие факторы воздействия, определять устойчивые причинно-следственные связи между ними. В целях выявления наиболее важных макроэкономических процессов, оказывающих влияние на инновационные, в статье предлагается использовать метод главных компонент. Проведенные исследования позволили увидеть скрытые переменные, которые формируют инвестиционный климат в Республике Татарстан, а также выявить и количественно оценить группы факторов, оказывающих наиболее существенное влияние на уровень инновационного развития в инвестиционно-строительном комплексе.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** инвестиционно-строительный комплекс, инновационное развитие, моделирование, факторы внешней среды, метод главных компонент.

**Sirazetdinov R.M.** – candidate of economic sciences, associate professor  
**Kazan State University of Architecture and Engineering**

**MODELLING OF INNOVATIVE DEVELOPMENT  
OF THE INVESTMENT-CONSTRUCTION COMPLEX  
(ON THE EXAMPLE OF TATARSTAN REPUBLIC)****ABSTRACT**

The investment-construction complex is open system on which the environment influences. For innovative processes modeling in investment-construction complex it is necessary to allocate dominating factors of influence, to define steady relationships of cause and effect between them.

In order to identify the most important macro-economic processes that influence innovation, the article suggests to use the method of principal components. The conducted researches have allowed to see the latent variables which form an investment climate in the Republic of Tatarstan, and also to reveal and quantitatively to estimate groups of the factors, making the most essential impact on level of innovative development in an investment-construction complex.

**KEYWORDS:** investment-construction complex, innovative development, modeling, environment factors, the method of principal components.

Инвестиционно-строительный комплекс, как и любой другой, – это открытая система, на которую влияет внешняя среда. Поэтому для моделирования инновационных процессов в инвестиционно-строительный комплекс необходимо выделять доминирующие факторы воздействия, определять устойчивые причинно-следственные связи между ними.

В целях выявления наиболее важных макроэкономических процессов, оказывающих влияние на инновационные, мы предлагаем использовать метод главных компонент [1]. Использование этого метода позволяет выявить скрытые факторы, оказывающие влияние на инновационные процессы. Метод главных компонент (МГК) осуществляет декомпозицию исходной матрицы данных на структурную часть (несколько первых главных компонент, которые лежат в направлениях максимальных изменений) и на шум [2].

В методе главных компонент используются новые, формальные переменные  $t_a$  ( $a=1, \dots, A$ ), являющиеся линейной комбинацией исходных переменных  $x_j$  ( $j=1, \dots, J$ ):

$$t_a = p_{a1}x_1 + \dots + p_{aJ}x_J, \quad (1.1)$$

где  $p_{aJ}$  – нагрузки,  
или в матричном виде:

$$X - TP^t + E - \sum_{a=1}^A t_a p_a^t + E \quad (1.2)$$

В этом уравнении  $T$  называется матрицей счетов. Ее размерность –  $(I \times A)$ . Матрица  $P$  называется матрицей нагрузок. Ее размерность  $(A \times J)$ .  $E$  – это матрица остатков, размерностью  $(I \times J)$ .

Новые переменные  $t_a$  называются главными компонентами. Число столбцов –  $t_a$  в матрице  $T$  и  $p_a$  в матрице  $P$  – равно  $A$ , которое называется числом главных компонент. Эта величина заведомо меньше числа переменных  $J$  и числа образцов  $I$ .

Для построения МГК счетов и нагрузок используется рекуррентный алгоритм, который на каждом шагу вычисляет одну компоненту. Сначала исходная матрица  $X$  преобразуется и превращается в матрицу  $E_0$ ,  $a=0$ . Далее применяют следующий алгоритм:

1. Выбрать начальный вектор  $t$ :

$$2. p^t = t^t E_a / t^t \quad (1.3)$$

$$3. p = p / (p^t p)^S \quad (1.4)$$

$$4. t = E_a p / p^t p \quad (1.5)$$

5. Проверить сходимость (сходимость означает то, что бесконечная последовательность, или сумма бесконечного ряда, или необоснованный интервал имеют предел), если нет, то повторить пункт 2.

После вычисления очередной ( $a$ -ой) компоненты, полагаем  $t_a = t$  и  $p_a = p$ . Для получения следующей компоненты надо вычислить остатки по формуле:

$$E_{a+1} = E_a - t p^t \quad (1.6)$$

и применить к ним тот же алгоритм, заменив индекс  $a$  на  $a+1$ .

После того, как построено пространство из главных компонент, новые образцы  $X_{new}$  могут быть на него спроецированы, иными словами – определены матрицы их счетов  $T_{new}$ .

$$T_{new} = X_{new} P \quad (1.7)$$

Итак, матрицу  $X$  для проведения анализа метода главных компонент у нас образуют показатели, отражающие влияние внешней среды на инвестиционно-строительный комплекс. После выявления главных компонент мы определим, какие именно факторы определяют развитие инвестиционно-строительного комплекса.

Целью многомерного анализа является декомпозиция (разложение) данных, позволяющая выявить и промоделировать их «скрытые особенности». При этом важную роль играет понятие «изменение значений». Основным предположением, которое используют при нахождении таких «скрытых закономерностей», является то, что направления, в которых происходят наибольшие изменения в данных, так или иначе связаны с этими закономерностями. Модель главных компонент – это некоторая аппроксимация матрицы исходных данных, которую мы используем вместо исходной [3].

Каждая из главных компонент, которую мы последовательно определяем, ортогональна остальным и представляет все меньшую и меньшую вариацию значений переменных, или, другими словами, все меньшую «протяженность» облака точек данных вдоль направления старших главных компонент. Таким образом, последняя главная компонента будет лежать в направлении, в котором разница между образцами будет минимальной. Фактически различить образцы здесь нельзя, так как все эти отличия определяются просто случайным шумом. Поэтому главные компоненты с большими номерами могут рассматриваться как направления, в которых основная составляющая является шумом. Таким образом, метод главных компонент осуществляет декомпозицию (разложение) исходной матрицы данных на структурную часть (несколько первых главных компонент, которые лежат в направлениях максимальных изменений) и на шум (направления, в которых разница между положением точек достаточно мала, и ей можно пренебречь).

В качестве параметров, отражающих влияние внешней среды, были использованы показатели, представленные в табл. 1. Расчеты были проведены по данным Росстата и Татарстанстата с использованием программного обеспечения Unscrambler, фирмы САМО. Анализ проводился за период с 1995 по 2010 годы.

Образцами в данном случае будут экономические периоды – годы. Переменными – различные экономические показатели.

По результатам анализа остаточной дисперсии при прибавлении каждой новой компоненты можно заключить, что для построения модели метода главной компоненты необходимо использовать семь первых главных компонент ( $A=7$ ). Они объясняют 93 % вариации исходных данных (рис. 1).

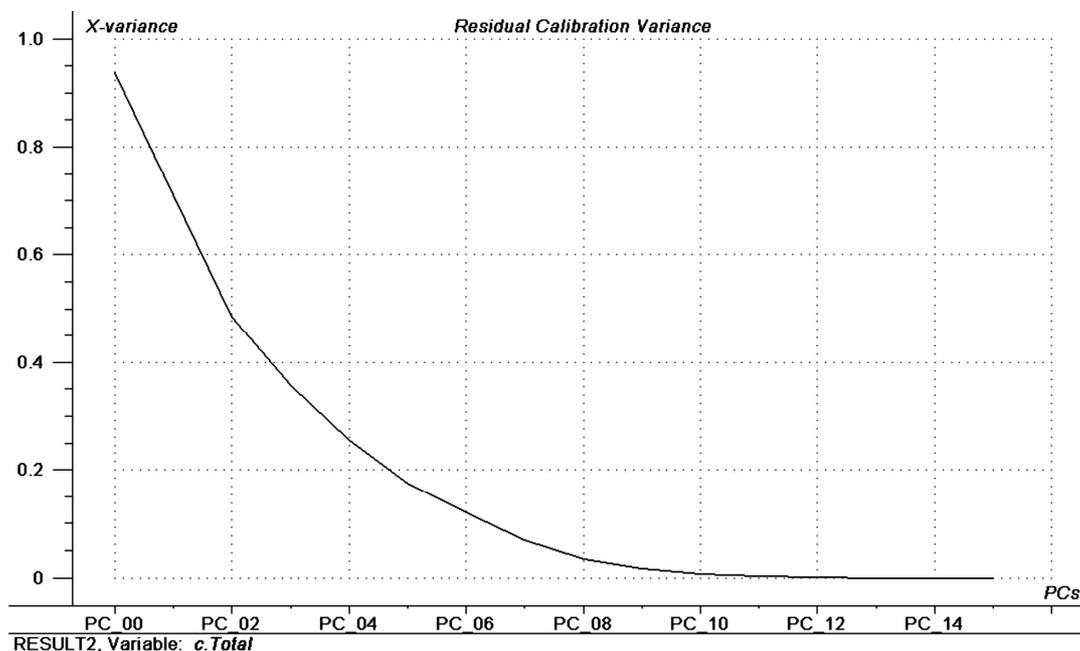


Рис. 1. График остаточной дисперсии

В результате применения метода главных компонент к моделированию внешней среды мы получаем значения счетов и нагрузок. Нагрузки определяют направления каждой главной компоненты в исходной системе координат. Значения нагрузок представлены в табл. 1.

Таблица 1

Величина нагрузок для главных компонент

Показатели	ГК1	ГК2	ГК3	ГК4	ГК5	ГК6	ГК7	ГК8	ГК9	ГК10	ГК11	ГК12	ГК13	ГК14
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Индексы потребительских цен по РТ, %	0,08566	0,289	0,05096	0,03088	0,02647	<b>0,306</b>	0,02728	0,589	-0,262	0,009867	0,155	0,576	0,09704	-0,141
Курс доллара (среднегодовой)	<b>0,349</b>	-0,203	0,131	-0,03091	-0,0242	0,008223	0,03466	0,02186	0,21	0,05399	-0,314	-0,0454	0,626	-0,365
Ставка рефинансирования ЦБ РФ, %	0,09637	0,277	0,201	-0,07479	-0,396	-0,05567	0,183	-0,141	0,152	-0,04276	0,05698	0,0272	0,276	0,01557
Реальные денежные доходы населения по РТ (в % к предыдущему году)	0,222	0,159	0,08214	-0,24	-0,01403	0,225	0,127	0,528	0,421	0,02592	-0,169	-0,439	-0,279	0,161
Численность безработных, тыс. чел.	<b>0,387</b>	0,09699	0,147	-0,003695	-0,07993	-0,0679	0,05018	-0,139	-0,03315	0,004807	0,007197	0,193	0,08303	0,595
Число предприятий и организаций по РТ	<b>0,366</b>	-0,202	0,04946	-0,01597	0,04994	-0,0704	-0,05256	-0,006641	-0,05991	0,01738	-0,01567	0,09792	-0,162	-0,02325
Число малых предприятий по РТ, тыс.	0,08829	0,167	-0,08314	<b>0,327</b>	<b>0,473</b>	0,141	0,005707	-0,08404	0,121	0,394	0,04424	-0,05968	0,08874	0,139
Валовой региональный продукт, млн. руб.	<b>0,376</b>	-0,183	0,06462	-0,02148	0,02099	-0,07471	-0,03933	-0,01658	-0,04946	0,01416	-0,01032	0,106	-0,15	-0,02407

Окончание табл.1.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Доходы консолидированного бюджета РТ, млн. руб.	0,246	-0,15	-0,164	<b>0,334</b>	0,02007	-0,281	-0,105	0,197	0,201	-0,117	0,153	0,01986	-0,19	-0,366
Расходы консолидированного бюджета РТ, млн. руб.	0,07832	<b>-0,342</b>	0,09703	-0,262	0,132	0,195	-0,005134	-0,09976	-0,172	0,195	-0,228	0,104	-0,338	-0,121
Среднедушевые денежные доходы (в месяц), руб.	-0,151	-0,139	<b>0,339</b>	<b>0,329</b>	0,05815	-0,193	0,09173	0,241	-0,12	0,02193	0,254	-0,27	0,07032	0,02527
Среднедушевые денежные расходы (в месяц), руб.	-0,179	-0,19	-0,175	<b>-0,312</b>	0,02669	<b>0,338</b>	0,246	-0,12	0,21	0,291	0,225	0,118	0,107	-0,121
Поступление налогов, сборов и иных обязательных платежей в бюджетную систему РФ, млн. руб.	0,03512	<b>-0,401</b>	-0,0363	0,122	-0,14	0,02075	-0,03989	0,134	-0,04835	-0,01752	-0,212	0,196	0,037	0,392
Задолженность по налогам и сборам в бюджетную систему РФ, млн. руб.	-0,159	-0,09271	-0,06018	<b>-0,32</b>	0,281	<b>-0,363</b>	-0,314	0,15	0,399	-0,06442	0,101	0,301	0,154	0,11
Объем работ, выполненных собственными силами предприятий по договорам строительного подряда, млн. руб.	0,299	-0,246	-0,04621	-0,05973	0,03222	0,09357	0,263	-0,05479	-0,0929	0,03919	0,647	-0,15	0,07548	0,04082
Ввод в действие жилья, тыс. кв.м. общей площади	-0,07537	0,07434	<b>0,432</b>	-0,008397	-0,296	-0,229	0,15	-0,117	0,272	0,299	0,121	0,28	-0,369	-0,171
Сальдированный финансовый результат (по крупным и средним предприятиям), млн. руб.	0,06621	0,08016	-0,239	<b>0,383</b>	-0,274	0,174	-0,332	-0,07529	0,205	0,471	-0,04256	0,05102	-0,03652	0,03027
Численность постоянного населения, тыс. чел.	0,005118	0,0868	0,04921	0,272	<b>0,424</b>	0,02506	<b>0,515</b>	-0,185	0,287	-0,248	-0,186	0,255	-0,108	0,01653
Средние цены на первичном рынке жилья (руб. за 1 кв.м.)	-0,06538	-0,218	<b>0,337</b>	0,167	-0,006183	<b>0,362</b>	-0,235	-0,03621	0,266	-0,173	0,152	0,05735	0,07668	0,02072
Средние цены на вторичном рынке жилья (руб. за 1 кв.м.)	-0,134	-0,22	<b>-0,333</b>	-0,004219	-0,144	-0,249	0,261	0,245	0,173	0,162	0,08698	0,06963	0,06006	0,239
Доля убыточных предприятий, %	-0,225	-0,228	0,275	0,107	-0,01625	0,278	-0,18	0,01246	0,153	-0,186	0,0811	0,000754	-0,01426	0,152
Коэффициент доступности жилья в РТ, лет	-0,24	-0,228	0,2	0,146	-0,0211	-0,105	0,294	0,218	-0,185	0,314	-0,289	-0,01138	0,125	-0,002648
Инвестиции в основной капитал инвестиционно-строительного комплекса, млн.руб.	-0,03976	-0,134	<b>-0,351</b>	0,201	-0,35	0,206	0,229	-0,01612	0,09385	-0,366	-0,08052	0,08516	-0,0939	-0,06238

Графики нагрузок показывают, какой вклад вносит каждый рассматриваемый фактор в каждую компоненту (рис. 2-4). Полу жирным начертанием отмечены показатели с большими значениями нагрузок. Чем больше значение нагрузки, тем большее влияние оказывает этот фактор на главную компоненту.

При анализе рис. 2 можно отметить, что в положительной части первой главной компоненты (ГК1) сконцентрированы факторы, рост которых способствует развитию экономики.

$$\begin{aligned}
 \text{Главная компонента 1} = & 0,086*x_1+0,35*x_2+0,096*x_3+0,22*x_4+0,39*x_5+0,37*x_6+ \\
 & +0,088*x_7+0,376*x_8+0,25*x_9+0,078*x_{10}-0,04*x_{11}-0,15*x_{12}-0,18*x_{13}+0,035*x_{14}- \\
 & 0,16*x_{15}+0,3*x_{16}-0,075*x_{17}+0,066*x_{18}+0,005*x_{19}-0,065*x_{20}-0,13*x_{21}-0,23*x_{22}-0,24*x_{23}
 \end{aligned}
 \tag{1.8}$$

- где  $x_1$  – индекс потребительских цен по РТ,  
 $x_2$  – курс доллара,  
 $x_3$  – ставка рефинансирования ЦБ РФ,  
 $x_4$  – реальные денежные доходы населения РТ,  
 $x_5$  – численность безработных РТ,  
 $x_6$  – число предприятий и организаций РТ,  
 $x_7$  – число малых предприятий РТ,  
 $x_8$  – валовой региональный продукт по РТ,  
 $x_9$  – доходы консолидированного бюджета РТ,  
 $x_{10}$  – расходы консолидированного бюджета РТ,  
 $x_{11}$  – инвестиции в основной капитал инвестиционно-строительного комплекса,  
 $x_{12}$  – среднедушевые денежные доходы по РТ,  
 $x_{13}$  – потребительские расходы по РТ,  
 $x_{14}$  – поступление налогов, сборов и иных обязательных платежей в бюджетную систему Российской Федерации от РТ,  
 $x_{15}$  – задолженность по налогам и сборам в бюджетную систему Российской Федерации от РТ,  
 $x_{16}$  – объем работ, выполненных собственными силами предприятий по договорам строительного подряда в РТ,  
 $x_{17}$  – ввод в действие жилья по РТ,  
 $x_{18}$  – сальдированный финансовый результат,  
 $x_{19}$  – численность постоянного населения в РТ,  
 $x_{20}$  – средние цены на первичном рынке жилья в РТ,  
 $x_{21}$  – средние цены на вторичном рынке жилья в РТ,  
 $x_{22}$  – доля убыточных предприятий,  
 $x_{23}$  – коэффициент доступности жилья в РТ.

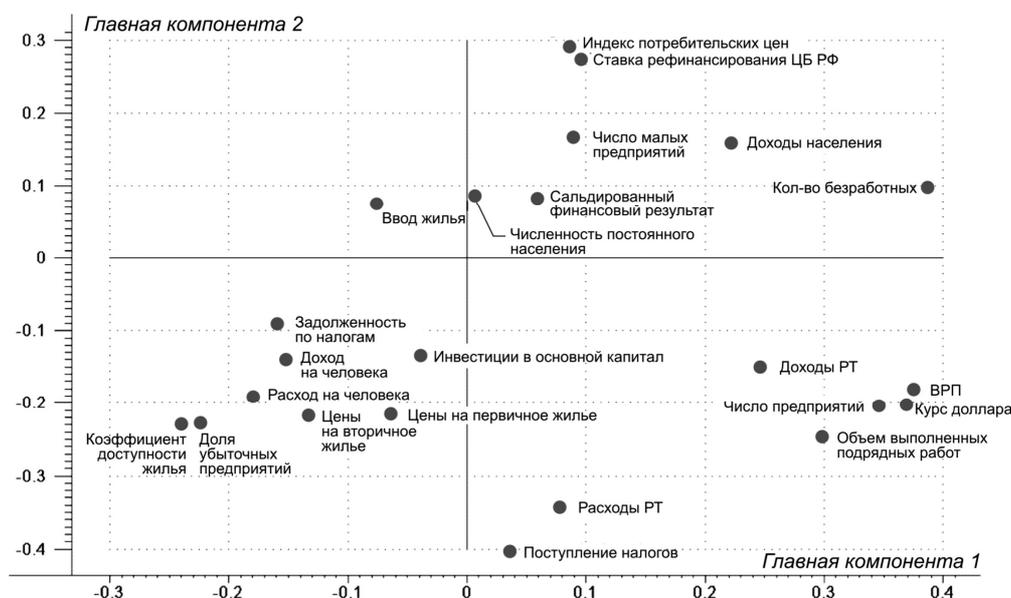


Рис. 2. График нагрузок ГК1-2: влияние факторов внешней среды на направление главных компонент

Первая главная компонента описывает наибольшее изменение в следующих показателях: курс доллара (0,349), численность безработных (0,387), число предприятий и организаций по РТ (0,366), валовой региональный продукт (0,376). Она интерпретируется как фактор, характеризующий уровень экономического развития.

Вторая главная компонента интерпретируется нами как фактор, характеризующий бюджетную политику, так как наибольшие нагрузки имеют показатели расходов консолидированного бюджета РТ (-0,342), поступления налогов, сборов и иных обязательных платежей в бюджетную систему РФ (-0,401).

$$\begin{aligned} \text{Главная компонента 2} = & 0,289*x_1 - 0,203*x_2 + 0,277*x_3 + 0,159*x_4 + 0,09*x_5 - \\ & 0,202*x_6 + 0,167*x_7 - 0,183*x_8 - 0,15*x_9 - 0,342*x_{10} - 0,134*x_{11} - 0,139*x_{12} - 0,19*x_{13} - 0,4*x_{14} - \\ & 0,09*x_{15} - 0,246*x_{16} + 0,07*x_{17} + 0,08*x_{18} + 0,08*x_{19} - 0,218*x_{20} + 0,22*x_{21} - 0,228*x_{22} - 0,228*x_{23} \end{aligned} \quad (1.9)$$

Проводя анализ графика нагрузок, можно выявить корреляции между рассматриваемыми факторами. Положительные корреляции отмечаются между показателями индекса потребительских цен, ставки рефинансирования ЦБ РФ; долей убыточных предприятий и коэффициентом доступности жилья в Республике Татарстан. Эти две группы показателей имеют отрицательные корреляции между собой.

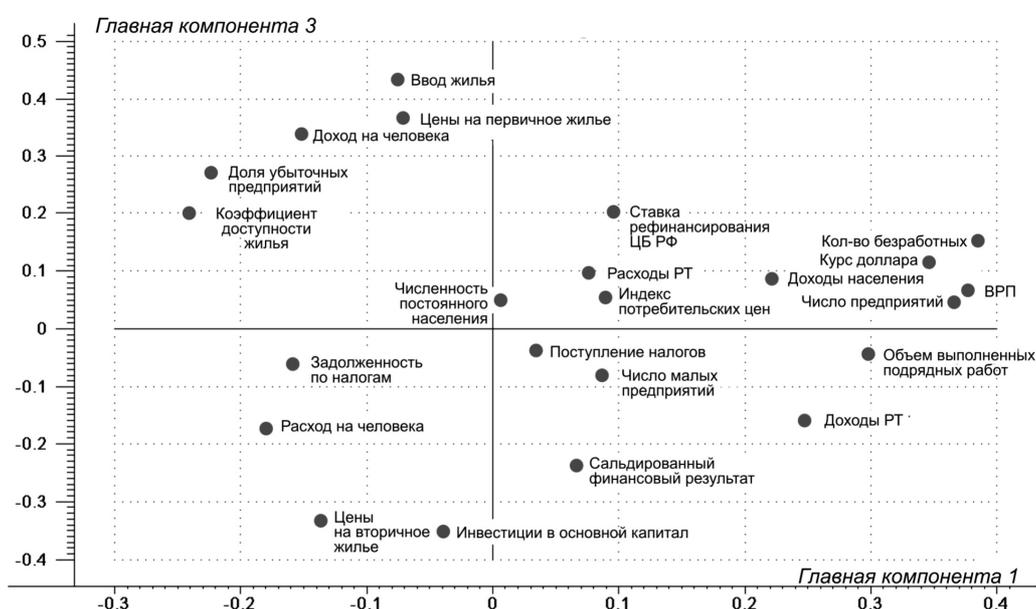


Рис. 3. График нагрузок ГК1-3: влияние факторов внешней среды на направление главных компонент

Третья главная компонента описывает наибольшее изменение в следующих показателях: среднедушевые денежные доходы (0,339), ввод в действие жилья (0,432), средние цены на первичном рынке жилья (0,337), средние цены на вторичном рынке жилья (-0,333), инвестиции в основной капитал инвестиционно-строительного комплекса (-0,351). Она интерпретируется как фактор, характеризующий уровень развития рынка недвижимости. Положительные корреляции отмечаются между показателями: число предприятий и ВРП РТ.

$$\begin{aligned} \text{Главная компонента 3} = & 0,05*x_1 + 0,131*x_2 + 0,201*x_3 + 0,08*x_4 + 0,147*x_5 + 0,05*x_6 - \\ & -0,08*x_7 + 0,06*x_8 - 0,164*x_9 + 0,097*x_{10} - 0,35*x_{11} + 0,339*x_{12} - 0,175*x_{13} - 0,036*x_{14} - 0,06*x_{15} - \\ & 0,046*x_{16} + 0,43*x_{17} - 0,239*x_{18} + 0,049*x_{19} + 0,337*x_{20} - 0,33*x_{21} + 0,275*x_{22} + 0,2*x_{23} \end{aligned} \quad (1.10)$$

Четвертая главная компонента интерпретируется нами как фактор, характеризующий платежеспособный инвестиционный спрос, так как наибольшие нагрузки имеют следующие показатели: число малых предприятий по РТ (0,327), доходы консолидированного бюджета РТ (0,334), среднедушевые денежные доходы (0,329), среднедушевые денежные расходы (-0,312), задолженность по налогам и сборам в бюджетную систему РФ (-0,32), сальдированный финансовый результат (0,383). Положительные корреляции отмечаются между показателями: количество безработных, курс доллара; расходы на человека в месяц, задолженность по налогам и сборам.



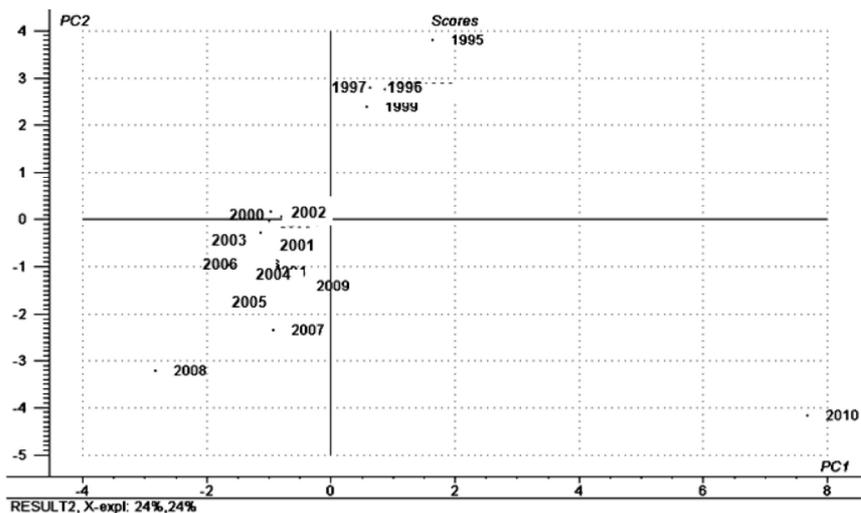


Рис. 5. График счетов ГК1-2: координаты рассматриваемых периодов в пространстве главных компонент

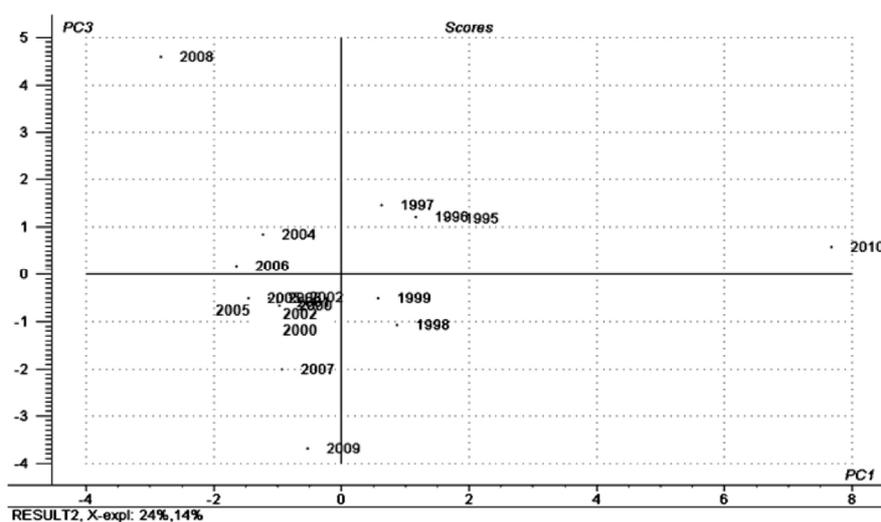


Рис. 6. График счетов ГК1-3: координаты рассматриваемых периодов в пространстве главных компонент

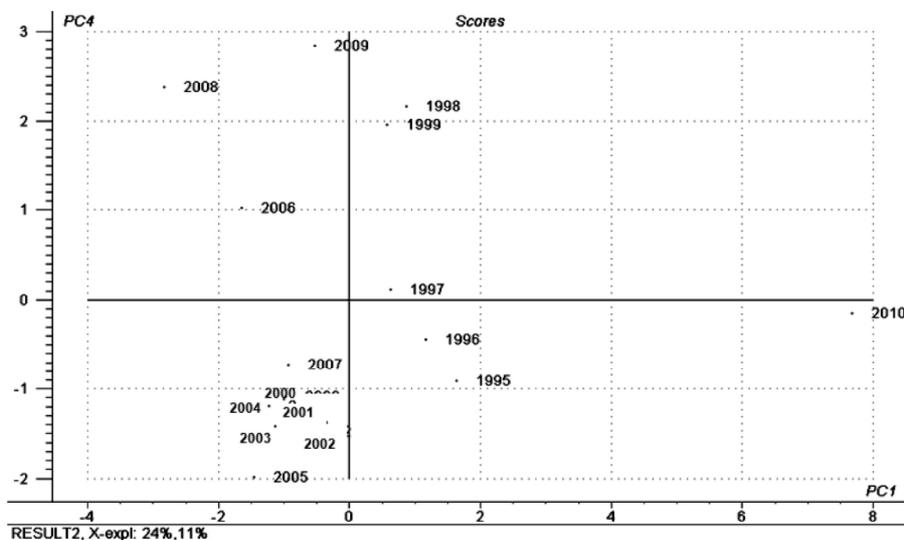


Рис. 7. График счетов ГК1-4: координаты рассматриваемых периодов в пространстве главных компонент

Анализируя значения счетов, можно заметить расположение этапов развития экономики инвестиционно-строительного комплекса Республики Татарстан по экономическим периодам. Подобное распределение соответствует экономической интерпретации выявленных нами главных компонент.

Обобщая все вышеупомянутые графики нагрузок, можно увидеть скрытые переменные, которые формируют инвестиционный климат в Республике Татарстан.

Экономическая интерпретация представлена в табл. 2.

Таблица 2

**Экономическая интерпретация главных компонент**

Ком- по- нента	Показатели, формирующие главную компоненту (в скобках указаны значения нагрузок для показателей)	Процент объяс- ненной дисперсии для ГК, %	Экономическая интерпретация
1	2	3	4
ГК1	Курс доллара (среднегодовой) <b>(0,349)</b> Численность безработных, тыс. чел. <b>(0,387)</b> Число предприятий и организаций по РТ <b>(0,366)</b> Валовой региональный продукт, млн. руб. <b>(0,376)</b>	24	Фактор, характеризующий уровень экономического развития
ГК2	Расходы консолидированного бюджета РТ, млн. руб. <b>(-0,342)</b> Поступление налогов, сборов и иных обязательных платежей в бюджетную систему РФ, млн. руб. <b>(-0,401)</b>	24	Фактор, характеризующий бюджетную политику
ГК3	Среднедушевые денежные доходы (в месяц), руб. <b>(0,339)</b> Ввод в действие жилья, тыс. кв.м. общей площади <b>(0,432)</b> Средние цены на первичном рынке жилья (руб. за 1 кв.м.) <b>(0,337)</b> Средние цены на вторичном рынке жилья (руб. за 1 кв.м.) <b>(-0,333)</b> Инвестиции в основной капитал инвестиционно-строительного комплекса, млн. руб. <b>(-0,351)</b>	14	Фактор, характеризующий уровень развития рынка недвижимости
К4	Число малых предприятий по РТ, тыс. <b>(0,327)</b> Доходы консолидированного бюджета РТ, млн. руб. <b>(0,334)</b> Среднедушевые денежные доходы (в месяц), руб. <b>(0,329)</b> Среднедушевые денежные расходы (в месяц), руб. <b>(-0,312)</b> Задолженность по налогам и сборам в бюджетную систему РФ, млн. руб. <b>(-0,32)</b> Сальдированный финансовый результат (по крупным и средним предприятиям), млн. руб. <b>(0,383)</b>	11	Фактор, характеризующий платежеспособный инвестиционный спрос
К5	Число малых предприятий по РТ, тыс. <b>(0,473)</b> Численность постоянного населения, тыс. чел. <b>(0,424)</b>	9	Фактор развития малого бизнеса
К6	Индексы потребительских цен по РТ, % <b>(0,306)</b> Среднедушевые денежные расходы (в месяц), руб. <b>(0,338)</b> Задолженность по налогам и сборам в бюджетную систему РФ, млн. руб. <b>(-0,363)</b> Средние цены на первичном рынке жилья (руб. за 1 м <sup>2</sup> ) <b>(0,362)</b>	6	Фактор налоговой нагрузки
К7	Численность постоянного населения, тыс. чел. <b>(0,515)</b>		Демографический фактор

Как показывают проведенные исследования, уровень инновационного развития инвестиционно-строительного комплекса зависит от целого набора показателей. При большом числе показателей характеристика выявленных между ними связей является достаточно трудной задачей. Возникает потребность в сжатии информации, то есть описании объекта меньшим числом обобщенных показателей.

Проведенные исследования позволили выявить и количественно оценить группы факторов, оказывающих наиболее существенное влияние на инновационное развитие инвестиционно-строительного комплекса.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Файзуллин И.Э., Клещева О.А. Инновационный подход в моделировании влияния макроэкономической ситуации на процессы инвестирования в жилищном строительстве. // Вестник ИНЖЭКОНа. Серия: Экономика, 2010, № 5 (40). – С. 387-391.
2. Эсбенсен К. Анализ многомерных данных. Избранные главы. – Казань: КГАСУ, 2008. – 160 с.
3. Загидуллина Г.М., Файзуллин И.Э., Файзуллина Л.И., Клещева О.А., Сиразетдинов Р.М. Проблемы инвестирования в жилищное строительство: монография. – Казань: КГАСУ, 2010 – 230 с.

### REFERENCES

1. Fajzullin I.E., Kleshcheva O.A. The innovative approach in modeling of influence of a macroeconomic situation on investment processes in housing construction. // Vestnik Ingekona. A series: Economy, 2010, № 5 (40). – P. 387-391.
2. Esbensen K. Multidimensional data analysis. The selected heads. – Kazan: KGASU, 2008. – 160 p.
3. Zagidullina G.M., Fajzullin I.E., Fajzullina L.I., Kleshcheva O.A., Sirazetdinov R.M. Problems of investment in housing construction: the monography. – Kazan: KGASU, 2010. – 230 p.

УДК 69003:65.014+69.003:658.012.12

**Мухаррамова Э.Р.** – кандидат экономических наук, доцентE-mail: [emrra@yandex.ru](mailto:emrra@yandex.ru)**Казанский государственный архитектурно-строительный университет****ОРГАНИЗАЦИЯ АНТИКРИЗИСНОГО УПРАВЛЕНИЯ  
НА ПРЕДПРИЯТИЯХ СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ****АННОТАЦИЯ**

На сегодняшний день прогнозы мирового кризиса – это чрезвычайно разнонаправленная информация. Каждая сфера жизни человека несет свой прогноз либо на дальнейшее развитие, либо на прекращение своего существования. Несомненно, строительный комплекс реагирует на мировой финансовый кризис весьма остро: те компании, которые работали с заемными средствами и не располагали в достаточной степени собственными оборотными капиталами, оказались в тяжелом положении. В этой связи появляется необходимость разработать комплекс антикризисных мер, цель которых, прежде всего, обезопасить предприятия строительной отрасли от печальных последствий.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** кризис, менеджмент, организация антикризисного управления.**Muharramova E.R.** – candidate of economic sciences, associate professor**Kazan State University of Architecture and Engineering****THE ORGANIZATION OF ANTI-RECESSIONARY MANAGEMENT  
AT THE ENTERPRISES OF BUILDING BRANCH****ABSTRACT**

For today forecasts of world crisis is extremely different information. Each sphere of human life bears the forecast or for the further development, or for the termination of the existence. Undoubtedly, building complex reacts to world financial crisis rather aloud: those companies which worked with extra means and had no sufficiently own working capital, have appeared in a difficult situation. Thereupon there is a necessity to develop a complex of the anti-recessionary measures which purpose, first of all, to secure the enterprises of building branch against sad consequences.

**KEYWORDS:** crisis, management, the organization of anti-recessionary management.

Низкая инвестиционная активность оказала заметное влияние на финансово-экономическую устойчивость предприятий строительного комплекса. В случае, если руководители предприятия своевременно проведут организацию антикризисного управления, то возможен выход из создавшегося кризисного состояния. При этом своевременно выделенные финансовые средства из прибыли, получаемой от успешной сферы деятельности в период стабильного развития предприятия, должны пойти на различные маркетинговые исследования, либо возможно репрофилирование всей деятельности в будущем.

Известно, что предпринимательство всегда связано с постоянным риском, поэтому проведенные профилактические меры не исчерпывают всех возможностей влияния на кризисы. При наступлении рискованной ситуации возникает потребность в проведении антикризисного управления.

Организация антикризисного управления способствует выходу предприятия на новый уровень развития. Для руководства предприятия это возможность выработки и реализации экономической политики по предупреждению несостоятельности хозяйствующего субъекта, а в случае ее наступления – оздоровление самого предприятия. На основе многолетних исследований автора и практического опыта предлагаем разделить предприятия строительной отрасли на следующие типовые группы по условиям развития и функционирования в условиях кризиса (табл. 1).

Предприятия первого типа – новаторские. Здесь – зарождение предприятия в рыночной среде, формирование ее первоначальной структуры и будущей целостности. Непосредственно успех деятельности зависит от одаренности интеллектуалов, от их необычных идей.

Второй тип – предприятие растущее. Здесь активно выпускается продукция высокого качества для узкого круга потребителей, контролируя узкий сегмент рынка, не стремясь к диверсификации.

С ростом предприятия требуется перестройка его структуры, дифференциация функций управления, повышение эффективности деятельности. Существует опасность кризиса, заключающаяся в том, что предприятие может исчезнуть уже на этапе своего возникновения. В таком случае, кризис может быть быстротечным и сравнительно легким.

Таблица

Характеристика типов предприятий строительного комплекса

Условия создания	Характерные признаки предприятия	Условия развития
<b>Первый тип – новаторские предприятия</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>- наличие оригинальной идеи, проверенной на предмет практической необходимости;</li> <li>- наличие специалистов, заинтересованных в реализации идеи;</li> <li>- наличие необходимых инвестиций;</li> <li>- перспективы производства и сбыта продукции, полученной на основе данной идеи</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- фанатизм лидера, осуществляющего руководство предприятием;</li> <li>- сплоченность коллектива вокруг лидера;</li> <li>- мобильность перехода к новациям;</li> <li>- минимальный управленческий аппарат;</li> <li>- простые организационные связи;</li> <li>- мобильность кадров к освоению технологий;</li> <li>- взаимозаменяемость специалистов;</li> <li>- специализация научной направленности;</li> <li>- творческая атмосфера в коллективе;</li> <li>- интеллектуальный продукт имеет большую значимость</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- чрезмерный фанатизм лидера и неумение его идти на компромисс;</li> <li>- попадание в коллектив другого лидера или интригана;</li> <li>- ограниченность ресурсов (финансовых, материальных, трудовых);</li> <li>- большая зависимость от рыночной конъюнктуры;</li> <li>- слабые кредитные возможности;</li> <li>- перегрузки;</li> <li>- условия труда и социальное обеспечение;</li> <li>- заработная плата;</li> <li>- сложности превращения интеллектуального продукта в интеллектуальную собственность</li> </ul>
<b>Второй тип – предприятия растущие</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>- наличие новых изделий, работ, проверенных рынком;</li> <li>- наличие специалистов, заинтересованных в завоевании рынка;</li> <li>- наличие необходимых инвестиций;</li> <li>- перспективы производства и сбыта продукции;</li> <li>- освоение определенного сегмента рынка с полным его насыщением</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- наличие группы лидеров-энтузиастов, работающих в одном направлении;</li> <li>- сплоченность коллектива вокруг группы энтузиастов;</li> <li>- мобильность и гибкость перехода в начале существования предприятия;</li> <li>- неусложненные организационные связи в начале существования предприятия;</li> <li>- небольшой управленческий аппарат;</li> <li>- значительная взаимозаменяемость специалистов;</li> <li>- изменение научной направленности в ходе жизнедеятельности предприятия;</li> <li>- творческая атмосфера в коллективе;</li> <li>- интеллектуальный продукт значителен;</li> <li>- умение формировать потребности рынка, исходя из своих потребностей;</li> <li>- наличие коллектива, работающего над имиджем предприятия;</li> <li>- высокое качество кадрового состава</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- появление больших разногласий в коллективе;</li> <li>- организация в коллективе другой инициативной группы;</li> <li>- ограниченность ресурсов, особенно трудовых, способных перестраиваться в ходе жизнедеятельности предприятия;</li> <li>- зависимость от рыночной конъюнктуры;</li> <li>- неумение формировать потребности рынка, исходя из своих возможностей;</li> <li>- имеющиеся перегрузки на предприятии;</li> <li>- условия труда и неподготовленность производства;</li> <li>- проблемы превращения интеллектуального продукта в интеллектуальную собственность;</li> <li>- недостаточная техническая оснащенность;</li> <li>- недостаточная производственная мощность;</li> <li>- появление различных разногласий в коллективе</li> </ul>

Продолжение таблицы

Третий тип – зрелые предприятия		
<ul style="list-style-type: none"> <li>- наличие специалистов, заинтересованных в совершенствовании системы производства и сбыта;</li> <li>- стабильность в деятельности предприятия;</li> <li>- возможность получения прибыли</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- финансовая устойчивость;</li> <li>- низкие удельные затраты, в том числе и накладные расходы;</li> <li>- высокая техническая оснащенность;</li> <li>- сформированная и стабильная номенклатура продукции;</li> <li>- единство научных и производственных процессов;</li> <li>- большие производственные мощности;</li> <li>- возможность значительных прибылей;</li> <li>- конкурентоспособность продукции;</li> <li>- высокая социальная обеспеченность кадров</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ограниченность ресурсов;</li> <li>- зависимость от рыночной конъюнктуры;</li> <li>- организационная инертность структуры;</li> <li>- консерватизм в нововведениях;</li> <li>- сложные коммуникационные связи;</li> <li>- большая численность управленческого персонала;</li> <li>- слабая приспособленность и реакция на новую продукцию;</li> <li>- малодинамичные научные структуры</li> </ul>
Четвертый тип – предприятия стареющие		
<ul style="list-style-type: none"> <li>- распад предприятия;</li> <li>- наличие желания у специалистов сохранить свой коллектив, несмотря на его старение;</li> <li>- отсутствие у конкурентов желания поглотить предприятие</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- наличие лидера, хорошо понимающего специфику национального рынка;</li> <li>- умение удержать свои позиции на строительном рынке;</li> <li>- конкурентоспособность строительной продукции, строительно-монтажных работ;</li> <li>- высокая техническая оснащенность</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- сужение рынка;</li> <li>- большие недозагруженные мощности;</li> <li>- стабильная номенклатура продукции;</li> <li>- организация в коллективе оппозиции;</li> <li>- высокие удельные затраты;</li> <li>- зависимость от рыночной конъюнктуры;</li> <li>- организационная инертность;</li> <li>- усложнение маркетинговых исследований;</li> <li>- большая численность управленческого аппарата;</li> <li>- невозможность вносить значительные усовершенствования в производственный процесс;</li> <li>- малодинамичные научные структуры</li> </ul>
Пятый тип – разрушающиеся предприятия		
<ul style="list-style-type: none"> <li>- глубокие изменения в хозяйственной деятельности могут породить осложнения различного характера;</li> <li>- ухудшение рыночных позиций</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- предприятие, распадающееся в связи с невозможностью его эффективного функционирования;</li> <li>- происходит диверсификация с полным изменением профиля деятельности;</li> <li>- полная или частичная замена прежних технологических процессов;</li> <li>- смена персонала</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- появление значительных разногласий в коллективе;</li> <li>- ограниченность ресурсов;</li> <li>- зависимость от рыночной конъюнктуры;</li> <li>- организационная инертность структуры;</li> <li>- низкая маркетинговая политика;</li> <li>- низкая организационная политика</li> </ul>

Третий тип – зрелые предприятия. Предприятие, достигнув зрелого состояния, устойчивого положения на рынке, высокой конкурентоспособности, чувствует себя уверенно. Предприятия такого рода характеризуются наивысшей силовой стратегией, работают в области большого бизнеса, характеризуются высоким уровнем освоенной технологии, новейших строительных материалов, массовым выпуском строительной продукции. Здесь существенно возрастает

опасность кризиса, но она незаметна на фоне устойчивых тенденций внутреннего развития. Все это в основном вызывается внешними причинами, внешними циклами развития экономики или политическими причинами. Выход из кризисной ситуации для предприятий третьего типа – это избавление от убыточных производств и снижение издержек на сохраняемых предприятиях. Уменьшив свою размерность, предприятия получают возможность финансового оздоровления. В этой связи попавшее в кризисное состояние предприятие утрачивает самостоятельность или медленно переходит на второстепенные роли в экономическом развитии.

Четвертый тип – предприятия стареющие. Наиболее значимые параметры жизнедеятельности организации заметно ухудшаются, развитие заходит в тупик. При этом структура имеет тенденцию к упрощению: окрепшие конкуренты занимают большее жизненное пространство и более эффективны в своей жизнедеятельности. В этом случае происходит падение объемов выпуска продукции, а научно-техническая политика требует принятия решений о своевременной постановке продукции на производство, о степени технологической освоенности изделий, о целесообразных изменениях в них, согласно требованиям специфических потребителей.

Пятый тип – разрушающиеся предприятия. На этом этапе жизненного цикла появляются предприятия, распадающиеся в связи с невозможностью их эффективного функционирования, на которых происходит диверсификация с полным изменением профиля деятельности и полной или частичной заменой прежних технологических процессов, а также сменой персонала. Такого рода глубокие изменения могут породить осложнения различного характера, в том числе ухудшение рыночных позиций [1].

Рисковыми являются решения, принимаемые в условиях неопределенности, если известна вероятность достижения результата. Управление риском наиболее наглядно можно рассмотреть на основе процесса выработки и реализации рискованных управленческих решений.

На наш взгляд, целенаправленный процесс управления предполагает выполнение в логической последовательности взаимосвязанных управленческих решений, а результаты процесса управления материализуются в виде строительных работ и отражаются в итоговых показателях и социальных последствиях деятельности производственно-хозяйственной системы.

Поскольку управленческий риск является многофакторной категорией менеджмента, то процесс исследования проводится в динамике целенаправленного циклического процесса, имеющего информационные, временные, организационные, экономические и правовые параметры.

На сегодняшний день, когда кризисы следуют один за другим, применение менеджмента по стабилизации бизнеса стало особенно актуальным. В этой связи следует выделить следующие важнейшие основные характеристики кризис-менеджмента, такие как: предупреждение проблем, предварительный отбор проблем, использование открывающихся возможностей и защита уязвимых мест, планирование, ориентация на прибыль, план проведения.

Мировой опыт показывает, что ввиду своеобразия кризисов не существует единых рекомендаций по их преодолению. Но, вместе с тем, становится понятно, что это возможно, используя инструменты планирования (рис. 1).

По мнению автора, планирование предполагаемых кризисных явлений представляет процесс заблаговременного определения последовательности шагов, которые необходимо будет предпринять в самый критический момент, позволяющие действовать быстро и эффективно.

В условиях повышенной неопределенности, характерной для современного этапа рыночной экономики, прогнозирование потока доходов российскими оценщиками требует особенно тщательного учета уровня рисков – как управляемых, так и неуправляемых. В этом заключается одна из наиболее существенных особенностей оценки бизнеса в российских условиях.

В этой связи следует отметить, что риски возможны по причинам финансовой нестабильности, обусловленной: значительными колебаниями курсов валют, внезапно наступившими изменениями в условиях договора с данной организацией, отказами от заключения или выполнения прежнего соглашения, появлением более выгодных предложений по выполнению строительно-монтажных работ, изменением условий перемещения финансовых, трудовых, материальных ресурсов, низким качеством управления предприятием и высокой текучестью кадров.

Рыночная оценка более эффективна и объективна по сравнению с балансовой, так как отражает реальную рыночную стоимость строительного предприятия. Однако полностью исключать оценку на

основе балансовых данных нельзя. Для достижения достоверности результатов ее необходимо объединить с рыночной. Поэтому, кроме оценки рыночной стоимости предприятия, составляется агрегированный баланс данных предприятия и анализируется структура капитала.



Рис. 1. Использование инструментов планирования для стабилизации бизнеса

Расчет денежного потока проводится чаще всего с целью оценить отдачу инвестиций, а бюджет денежных средств используется в процессе планирования. Это один из множества моментов, демонстрирующих необходимость четко продумать цели, схему создаваемой финансовой модели, взаимосвязи между элементами, позволяет учесть специфические условия функционирования данного предприятия и реализации проекта по реструктуризации.

Таким образом, становится очевидно, что организация антикризисного управления позволит если не избежать кризисной ситуации, то, по крайней мере, подготовиться к ней и минимизировать ее последствия. При этом важной является система контроля и раннего обнаружения признаков предстоящей кризисной ситуации. Наиболее верным является системный подход к антикризисному управлению, когда антикризисное управление рассматривается как комплекс мероприятий от предварительной диагностики кризиса до методов по его устранению и преодолению.

Предлагаемый автором алгоритм позволяет проводить организацию антикризисного управления на предприятиях строительного комплекса (рис. 2).

Применение организации антикризисного управления позволяет сохранить предприятия строительного комплекса, создать условия для их эффективного функционирования с последующей разработкой мероприятий по дальнейшему развитию, оптимизируя при этом структуру активов предприятия, избавляясь от неэффективно используемых основных фондов, от проблем взаимных платежей в рамках действующего законодательства. Антикризисные мероприятия должны выступать как многоплановый комплекс взаимосвязанных действий, охватывающих все основные факторы бизнеса и, в первую очередь, человеческий фактор. Сегодня на серьезные успехи в рыночных преобразованиях рассчитывать трудно. Устойчивая прибыль, прочные финансы предприятия – это не всегда результат умелого, тщательно

просчитанного управления всей совокупностью производственных и хозяйственных факторов, определяющих результаты деятельности предприятия.

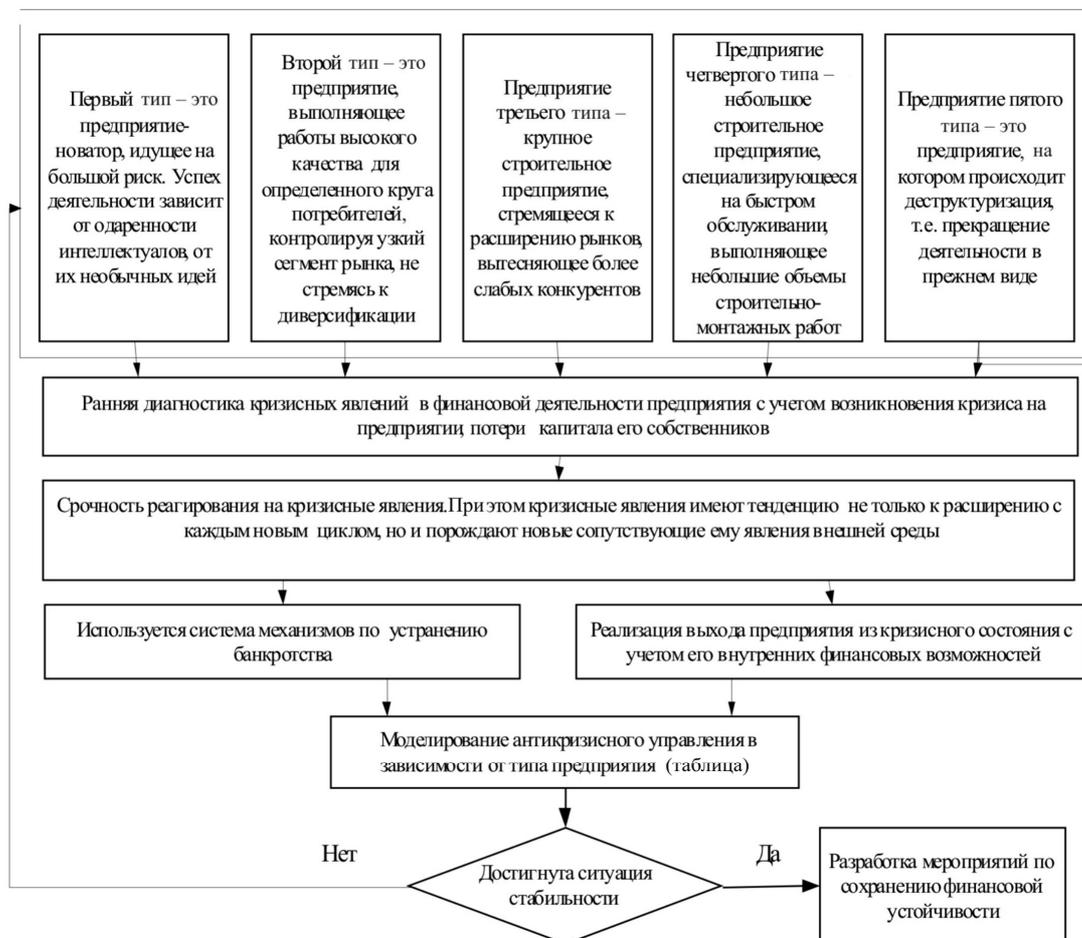


Рис. 2. Алгоритм проведения организации антикризисного управления

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бухвалов А., Бухвалова В., Идельсон А. Финансовые вычисления для профессионалов. – СПб.: Санкт-Петербург, 2001. – 302 с.
2. Фатхутдинов Р.А. Стратегический менеджмент: Учебник. – 4-е изд., переработано и дополнено. – М.: Дело, 2001. – 448 с.
3. Мухаррамова Э.Ф. Формирование стратегии антикризисного управления в строительстве. / Кандидатская диссертация на соискание ученой степени кандидата экономических наук. – М.: ЦНИЭУС, 2003. – 203 с.
4. Антикризисное управление: теория, практика, инфраструктура. Учебно-практическое пособие. /Под ред. Г.А. Александрова. – М.: ВЕК, 2002. – 201 с.
5. Антикризисное управление организацией. Учебник под редакцией Э.М. Короткова. – М.: ИД «ФОРУМ»: ИНФРА-М, 2006. – 620 с.

### REFERENCES

1. Buhvalov A., Buhvalova V., Idelson A. Financial calculations for professionals. – S-Pb.: St.-Petersburg, 2001 – 302 p.
2. Fathutdinov R. A. Strategic management: Textbook. – the fourth edition, it is processed and added. M: Business, 2001. – 448 p.
3. Muharramova E.R. Formation of strategy of anti-recessionary management in building. The master's thesis on competition of a scientific degree of candidate the economic sciences. Moscow: Central scientifically research institute of economy and management in building, 2003. – 203 p.
4. Anti-recessionary management: the theory, practice, infrastructure. The educational practical grant / Under G.A. Aleksandrova's edition. – M.: Century, 2002. – 201 p.
6. Anti-recessionary management of the organization. The textbook under E.M. Korotkov's edition – M.: IDES «FORUM»: INFRA – M, 2006. – 620 p.

УДК 332.834.8

**Романова А.И.** – доктор экономических наук, профессорE-mail: [aisofi@kgasu.ru](mailto:aisofi@kgasu.ru)**Хабибулина А.Г.** – старший преподавательE-mail: [albgomer@mail.ru](mailto:albgomer@mail.ru)**Казанский государственный архитектурно-строительный университет****МЕТОДИКА АККУМУЛЯЦИИ ДЕНЕЖНЫХ СРЕДСТВ ЧАСТНЫХ ИНВЕСТОРОВ  
В РАМКАХ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОГРАММ ВОСПРОИЗВОДСТВА ЖИЛОГО ФОНДА  
И ОПЛАТЫ ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНЫХ УСЛУГ****АННОТАЦИЯ**

Разработана методика аккумуляции денежных средств членов управляющих компаний (и ТСЖ) в рамках реализации программ воспроизводства жилья, которая представляет собой комплексную управленческую инновацию, адекватна текущей макроэкономической ситуации в стране и нацелена на совершенствование расчета экономически обоснованных величин отчислений на проведение работ по текущему и капитальному ремонту, а также реконструкции жилья, с учетом пожеланий собственников и технического состояния объектов воспроизводства.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** воспроизводство жилого фонда, инновации рынка жилищных услуг, инвестирование.

**Romanova A.I.** – doctor of economical sciences, professor**Khabibulina A.G.** – senior lecturer**Kazan State University of Architecture and Engineering****TECHNIQUE OF ACCUMULATION OF MONEY RESOURCES OF PRIVATE INVESTORS  
WITHIN THE LIMITS OF REALIZATION OF PROGRAMS OF REPRODUCTION  
OF AVAILABLE HOUSING AND PAYMENT OF HOUSING AND MUNICIPAL SERVICES****ABSTRACT**

The technique of accumulation of money resources of members of management companies is developed within the limits of realization of programs of reproduction of habitation which represents a complex administrative innovation, is adequate to a current macroeconomic situation in the country and is aimed at perfection of calculation of economically well-founded sizes of deductions on work on flowing and to major repairs, and also habitation reconstruction, taking into account wishes of proprietors and a technical condition of objects of reproduction.

**KEYWORDS:** reproduction of available housing, an innovation of the market of housing services, investment.

По результатам анализа отечественного и зарубежного опыта реализации комплексных программ реновации жилого фонда в части проведения работ по его капитальному ремонту и реконструкции, учитывая мнение многих именитых экономистов (в частности Полтеровича В.М., Старкова О.Ю. [1]) в части создания строительных сберегательных касс, нами предлагается разработать инновационную для российских реалий схему по эффективному вовлечению накоплений граждан и бюджетных средств в воспроизводство жилого фонда и оплаты жилищно-коммунальных услуг по обслуживанию многоквартирного жилого фонда. Принципиальная схема по эффективному вовлечению бюджетных средств и накоплений граждан в воспроизводство жилого фонда подробно описана в статье Хабибулиной А.Г. [2]. В качестве дополнительных инновационных начинаний также можно упомянуть:

- предложение по допуску к участию в Программах ТСЖ, в управлении которых находится жилой фонд, различный по физическому и моральному износу, а также срокам ввода в эксплуатацию, что теоретически позволит запустить процесс накопления с момента ввода нового объекта в эксплуатацию, то есть расширит количество участвующих в Программах ТСЖ;

- предложение по организации процесса многоступенчатого накопления (предполагается, что процесс накопления может проходить в течение всего жизненного цикла объекта жилой

недвижимости), кредитования, предоставления целевого финансирования и грантов с целью организации возможности многократного проведения работ по воспроизводству жилья на протяжении всего жизненного цикла объекта.

Итак, как было отмечено выше, в качестве основных работ по воспроизводству жилья предлагается рассматривать работы по текущему и капитальному ремонту, а также его реконструкции. При этом в качестве объектов проведения работ выступает общее имущество членов ТСЖ.

Для внесения ясности, в нашем случае под текущим ремонтом жилья мы понимаем комплекс работ по поддержанию состояния имущества (здание, а также прилегающая территория со всей сопутствующей инфраструктурой, находящаяся в совместной собственности членов ТСЖ) в надлежащем виде; под капитальным ремонтом – комплекс значительных работ по улучшению состояния имущества до нормативного уровня; под реконструкцией – комплекс строительных работ и организационно-технических мероприятий, связанных с изменением основных технико-экономических показателей имущества.

При этом в зависимости от степени прогнозирования и последующего планирования сроков и стоимости работ нами предлагается разделить их на 3 группы. Данный шаг продиктован необходимостью проведения различной политики в области аккумуляции денежных средств, софинансирования со стороны государства и предоставления заемных средств со стороны строительного сберегательного банка в рамках выполнения каждой группы работ (более детально будет рассмотрено несколько ниже).

- 1) 1 группа работ – «Работы по проведению текущего и капитального ремонта имущества, которые могут быть достаточно четко спланированы ввиду наличия нормативно установленных сроков службы имущества (5-30 лет) и периодичности проведения ремонтных работ».
- 2) 2 группа работ – «Работы по проведению текущего и капитального ремонта имущества, которые тяжело спланировать заранее и возникающие в результате необходимости устранения дефектов конструктивных элементов, появившихся в результате неправильного проектирования, строительства и монтажа, использования некачественных материалов (во время строительства), неправильной эксплуатации и т.д.
- 3) 3 группа работ – «Работы по реконструкции имущества» (преимущественно речь идет о зданиях).

В составе 1 группы предлагается рассматривать следующие виды работ (в процессе составления перечня работ были учтены рекомендации, приведенные в Постановлении Государственного комитета РФ по строительству и ЖКХ от 27.09.03 № 170 «Об утверждении правил и норм технической эксплуатации жилищного фонда» и МГСН 301.01-96 «Об организации капитального ремонта жилых зданий в г. Москве») [4, 16]:

1. Стены и фасады:
  - герметизация стыков, заделка и восстановление архитектурных элементов;
  - ремонт и окраска фасадов.
2. Крыши:
  - полная замена и/или усиление элементов деревянной стропильной системы, антисептирование и антиперирование;
  - полная замена и/или устранение неисправностей стальных, асбестоцементных и других кровель, замена водосточных труб;
  - полная замена и/или ремонт гидроизоляции, утепления и вентиляции;
  - полная замена и/или восстановление парапетных решеток, пожарных лестниц, стремянок, гильз, ограждений, анкеров для радиостоек, устройств заземления здания.
3. Оконные и дверные заполнения:
  - полная замена и/или восстановление отдельных элементов (приборов) и заполнений в местах общего пользования.
4. Лестницы, балконы, крыльца (зонты-козырьки) над входами в подъезды:
  - полная замена и/или восстановление металлических перил;
  - полная замена и/или восстановление отдельных элементов крылец;
  - полная замена и/или восстановление зонтов над входами в подъезды, подвалы и балконами верхних этажей.
5. Внутренняя отделка:
  - полная замена и/или восстановление отделки стен, потолков, полов отдельными участками в подъездах, технических помещений, в других общедомовых вспомогательных помещениях.

6. Наружная отделка:
  - очистка, промывка, окраска фасадов, лоджий и балконов;
  - полная замена и/или восстановление участков штукатурки и облицовки.
7. Центральное отопление:
  - полная замена и/или восстановление работоспособности отдельных элементов и частей элементов внутренних систем центрального отопления, включая домовые котельные.
8. Водопровод и канализация, горячее водоснабжение:
  - полная замена и/или восстановление работоспособности отдельных элементов и частей элементов внутренних систем водопроводов и канализации, горячего водоснабжения (кроме поквартирной разводки), включая насосные установки в жилых зданиях.
9. Электроснабжение и электротехнические устройства:
  - полная замена и/или восстановление работоспособности электроснабжения здания, за исключением внутриквартирных устройств и приборов.
10. Вентиляция:
  - полная замена и/или восстановление работоспособности внутридомовой системы вентиляции.
11. Мусоропроводы:
  - полная замена и/или восстановление работоспособности вентиляционных и промывочных устройств, крышек мусороприемных клапанов и шиберных устройств.
12. Специальные общедомовые технические устройства:
  - полная замена и/или восстановление элементов и частей элементов специальных технических устройств, выполняемые специализированными предприятиями.
13. Внешнее благоустройство:
  - полная замена и/или восстановление разрушенных участков тротуаров, проездов, набивных дорожек и площадок, отмосток по периметру здания;
  - полная замена и/или восстановление газонов;
  - полная замена и/или укрепление, замена отдельных участков и устройство ограждений и оборудования детских игровых, спортивных и хозяйственных площадок, площадок и навесов для контейнеров-мусоросборников и т.д.

В составе 2 группы предлагается рассматривать следующие виды работ [6, 7]:

1. Фундаменты:
  - заделка и расшивка швов, трещин;
  - устранение местных деформаций путем перекладки, усиления (без переселения жильцов);
  - восстановление участков гидроизоляции фундаментов.
2. Стены:
  - заделка трещин, расшивка швов;
  - герметизация стыков элементов полносборных зданий и заделка выбоин и трещин на поверхности блоков и панелей;
  - восстановление отдельных простенков, перемычек, карнизов (без переселения жильцов);
  - утепление наружных стен (улучшение теплозащитных свойств ограждающих конструкций без переселения жильцов).
3. Перекрытия:
  - заделка швов в стыках сборных железобетонных перекрытий;
  - заделка выбоин и трещин в железобетонных конструкциях.
4. Лестницы, балконы:
  - заделка выбоин, трещин ступеней и площадок, а также бетонных и железобетонных балконных плит;
  - замена отдельных ступеней, проступей, подступенков (без переселения жильцов).

В составе 3 группы предлагается рассматривать следующие виды работ (в процессе составления перечня работ были учтены рекомендации, приведенные в Письме Государственного Комитета РФ по жилищной и строительной политике от 28.04.94 г. № 16-14/63 [8]):

- изменение планировки помещений;
- возведение надстроек, встроек, пристроек;
- повышение уровня инженерного оборудования, включая реконструкцию инженерных сетей (кроме магистральных);
- улучшение архитектурной выразительности зданий.

В зависимости от группы планируемых к выполнению в будущем работ целесообразно предложить различные алгоритмы аккумуляции денежных средств ТСЖ.

Так, для работ 1 группы логично предложить алгоритм, основанный на нормативных сроках эксплуатации имущества (расчеты приведены в следующем параграфе диссертации) [3]. Для работ 2 и 3-ей групп для каждого ТСЖ может быть предложен свой индивидуальный алгоритм, зависящий от пожеланий и материальных возможностей его членов (рис. 1).



Рис. 1. Основные направления по разработке алгоритмов аккумуляции денежных средств ТСЖ

Одновременно данные механизмы аккумуляции предлагается дополнить механизмами предоставления целевого финансирования, грантов и льгот, за надлежащую работу которых наделяется ответственностью специально созданный Фонд воспроизводства жилья (далее – Фонд). При этом работы по планированию и координации реализации Программ всецело предлагается возложить на Фонд [3].

В качестве основных функциональных обязанностей Фонда мы предлагаем включить (рис. 2):

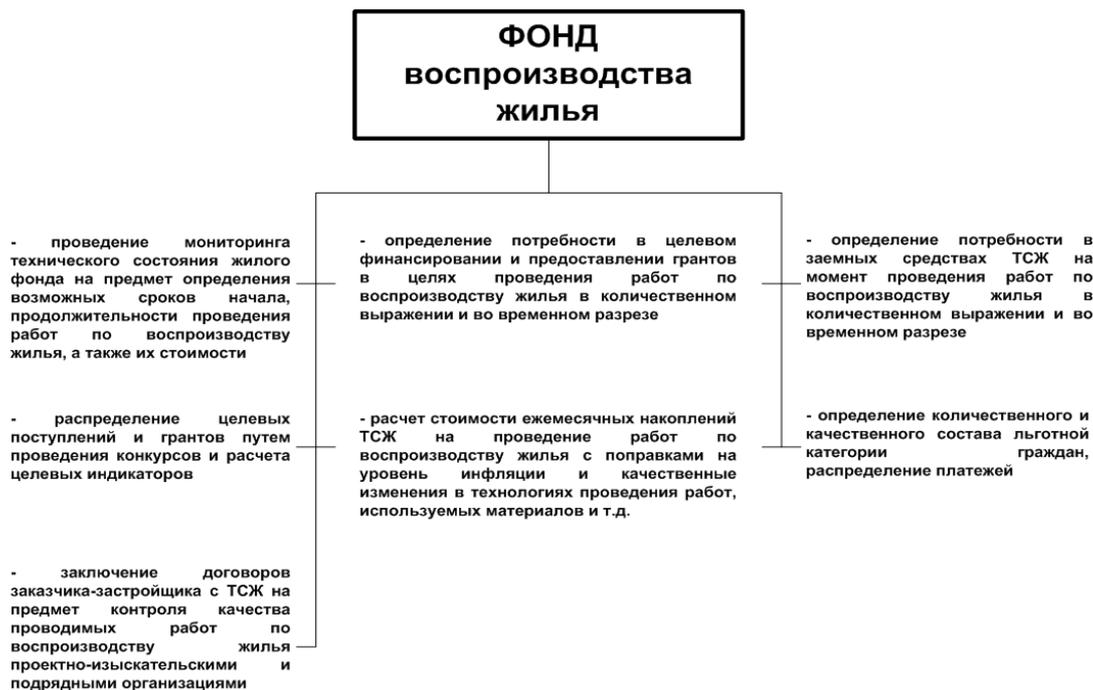


Рис. 2. Схема функциональных обязанностей Фонда воспроизводства жилья

В нашем случае право на получение денежных потоков, связанных с целевым финансированием, в первую очередь предлагается предоставить ТСЖ, на балансе которых находятся жилые дома с более низкими техническими характеристиками конструктивных элементов и внутренних инженерных сетей. При этом акцент должен быть смещен в сторону софинансирования производства работ 2 группы, т.е. в первую очередь за счет бюджетных средств должны устраняться дефекты конструктивных элементов и внутренних инженерных сетей жилых домов, явившихся следствием некачественного проектирования этих зданий,

применения в процессе строительства заведомо неэффективных (или не проверенных надлежащим образом) технико-технологических решений, некачественного строительства и т.д.

В этой связи конкурсный отбор на получение целевого (бюджетного) финансирования, в соответствии с нашим мнением, должны проходить не только жилые объекты в составе ТСЖ, но и конкретные работы. При этом на первом этапе предлагается проводить конкурсный отбор ТСЖ (жилых объектов в составе ТСЖ, если их несколько), на втором – конкурсный отбор финансируемых работ. Таким образом, на практике может сложиться такая ситуация, когда ТСЖ будет иметь право на возмещение затрат со стороны бюджета только на ряд конкретно оговоренных во время проведения конкурса работ, что в период роста бюджетного дефицита страны, субъектов РФ и муниципалитетов является экономически оправданным шагом. В свою очередь, гранты предлагается распределять на конкурсной основе, уровень износа уже не будет играть определяющего значения. Основная их функция – финансирование экспериментальных объектов для технологической отработки инновационных решений в области конструктивных элементов и внутренней инженерии жилого дома. В этой связи акцент по предоставлению грантов должен быть смещен в сторону финансирования 3 группы работ.

Итак, резюмируя вышесказанное, следует отметить, что в рамках работ по воспроизводству жилья предлагается наделить ТСЖ правом (на конкурсной основе) на получение средств целевого финансирования и грантов.

В дополнение, учитывая тот факт, что зачастую общая масса членов ТСЖ неоднородна по своему составу в части совокупных семейных доходов, при этом практически всегда, особенно в старом жилом фонде, присутствуют семьи с очень низким уровнем доходов, в этой связи с целью поддержания положительной платежной дисциплины с момента заключения договора кредитования в Строительном сберегательном банке предлагается предоставлять льготы данной категории семей с начислением их на персонафицированные счета, открытые в любом коммерческом банке.

В итоге, с момента принятия на общем собрании членов ТСЖ положительного решения об участии в Программе воспроизводства жилья в качестве основных функциональных его обязанностей можно рассмотреть следующие позиции (рис. 3):



Рис. 3. Функциональные обязанности ТСЖ (с момента принятия на общем собрании членов ТСЖ положительного решения об участии в Программе воспроизводства жилья)

В целом, основная идея предложенной нами принципиальной схемы по эффективному вовлечению накоплений граждан и бюджетных средств в воспроизводство жилого фонда заключается в том, что ТСЖ дается право на добровольной основе участвовать в программах воспроизводства жилья. При этом предлагается механизм аккумуляции денежных средств на персональных сберегательных счетах ТСЖ в Строительном сберегательном банке с целью создания условий в будущем для относительно безболезненного проведения работ по воспроизводству жилья. В свою очередь, со стороны государства предлагается механизм льготного кредитования (в случае наличия персонального сберегательного счета) и конкурсного целевого софинансирования, предоставления грантов.

Одновременно предложенная принципиальная схема предполагает возможность добровольного участия ТСЖ в ней на протяжении всего жизненного цикла объекта жилой недвижимости.

Для внесения большей ясности в наши рассуждения приведем простой пример. Общепринято считать, что сроки эксплуатации основных несущих конструкций многоквартирных жилых зданий, возводимых в России, составляют 100-150 лет, т.е. по логике вещей это и есть срок жизненного цикла объекта жилой недвижимости. В свою очередь, работы по текущему и капитальному ремонту, в соответствии с принятыми нормами, требуется проводить гораздо чаще (так, сроки эксплуатации основных внутренних инженерных сетей составляют 10-30 лет). В этой связи, с нашей точки зрения, логично предложить такую схему, которая позволила бы ТСЖ непрерывно участвовать в программе воспроизводства жилья на протяжении всех этих 100-150 лет (до сноса жилья), то есть иметь право на бессрочную аккумуляцию денежных средств и многократное получение банковских кредитов и государственных субсидий и грантов.

Такой ход событий обязывает государство в лице Фонда на достаточно серьезном уровне постоянно заниматься планированием затрат на проведение работ по воспроизводству жилья, а также будущих поступлений на персональные счета. Наиболее оптимальный шаг – принятие среднесрочных программ (расчетный срок – 4-5 лет) с их ежегодной корректировкой по результатам:

- заявленных планов на проведение работ по воспроизводству жилья со стороны ТСЖ, участвующих в них;

- мониторинга технического состояния жилого фонда ТСЖ, участвующих в них, по результатам которого можно предварительно оценить возможные сроки подачи заявок в текущем отчетном году, стоимость проведения работ, а также потребность в заемных средствах;

- экспертных оценок по возможности начала участия в программах новых ТСЖ (с оценкой сроков и объемов поступления накоплений на персональные сберегательные счета).

Конечная цель этих программ – оценочный расчет баланса прихода/расхода денежных средств в Строительном сберегательном банке с целью:

- 1) в случае их дефицита:

- восполнить нехватку частично путем выделения из бюджетов различных уровней целевых финансовых средств и грантов, а также привлечения целевых финансовых средств ЦБ РФ.

- 2) в случае их профицита:

- разместить на открытом финансовом рынке с целью их приращения.

В дополнение следует отметить, когда мы говорим о программах во множественном числе, не следует понимать, что все они разные. На самом деле, это одна и та же программа, только ежегодно корректируемая по мере включения новых ТСЖ, изменения состояния жилого фонда и т.д.

Резюмируя вышесказанное, также следует отметить, что, помимо мониторинга технического состояния общего имущества ТСЖ, который должен проводиться в обязательном порядке, Фонд призван выполнять достаточно важную и полезную для ТСЖ задачу в части предоставления услуг по расчету рекомендуемой стоимости ежемесячных накоплений на проведение работ по воспроизводству жилья. Несомненно, подобная работа должна проходить с согласия ТСЖ, и они вправе принимать решение следовать предложенным рекомендациям или нет. Однако она очень полезна в том плане, что ТСЖ предоставляется возможность грамотного планирования процесса аккумуляции денежных средств с учетом всех нюансов физического и морального износа элементов их общего имущества.

Мы согласимся, что подобные расчеты актуальны преимущественно в отношении работ 1-ой группы, которые заранее можно спланировать. Однако в отношении работ 2 и 3-ей групп также могут быть рассчитаны приемлемые для ТСЖ алгоритмы после принятия решений об их производстве по результатам мониторинга технического состояния общего имущества, выполненного Фондом.

Как было отмечено выше, с наступлением периода начала проведения работ по воспроизводству жилья предлагается запускать механизмы кредитования, за надлежащее функционирование которых будет нести ответственность Строительный сберегательный банк.

В общей сложности нами предлагается наделение Строительного сберегательного банка следующими функциональными обязанностями (рис. 4):



Рис. 4. Функциональные обязанности Строительного сберегательного банка

С целью организации возможности предоставления кредитных средств на льготной основе, т.е. по более низким, чем на открытом рынке (у других коммерческих банков), ставкам предлагается следовать следующим принципам:

- устанавливать %-ый доход по депозитам (сберегательные счета) несколько ниже рынка;
- заключать напрямую договора кредитования (возможны иные способы) с ЦБ РФ с целью привлечения денежных средств по ставке рефинансирования данной организации, что в последующем также даст возможность выдавать кредиты ТСЖ по более низким, чем по рынку, ставкам.

В заключение следует отметить, что результаты проведенного анализа зарубежного опыта реализации комплексных программ реновации жилых домов позволили несколько по-иному взглянуть и оценить эффективность аналогичных отечественных программ. В результате была предложена авторская инновационная схема по эффективному вовлечению накоплений граждан и бюджетных средств в воспроизводство жилого фонда (текущий и капитальный ремонт, реконструкция), реализация которой позволит решить многие уже накопившиеся проблемы в данной сфере, так и те, которые появятся в будущем в связи с постепенным износом существующего и планируемого к строительству жилого фонда.

Ее внедрение в жизнь даст серьезный толчок для многих ТСЖ, в т.ч. для вновь созданных, задуматься о необходимости начать заботиться о будущем своего жилого фонда уже сейчас путем добровольных накоплений, зная при этом, что их инициатива будет отблагодарена как минимум приумножением сделанных вкладов и последующим предоставлением, причем неоднократно, льготных кредитов на проведение работ по текущему и капитальному ремонту, реконструкции жилья, но и возможностью многократного получения бюджетных субсидий и грантов.

По результатам авторских исследований, считаем возможным разработку инновационного алгоритма расчета суммы ежемесячных накоплений денежных средств ТСЖ в Строительном сберегательном банке, предназначенных для последующего финансирования производства работ по воспроизводству жилья. Несомненно, относительно универсальный алгоритм можно составить только в отношении работ 1 группы, так как в этом случае расчеты можно строить в привязке к нормативным срокам службы конструкций и инженерных систем. Однако изначально нужно принимать во внимание следующие моменты:

1) В течение нормативного физического срока службы жилого здания возникнет неоднократная потребность в проведении работ 1 группы воспроизводства жилья, т.к. средние нормативные сроки службы большинства его конструкций и инженерных систем относительно невелики. Так, если нормативный срок службы многоквартирных кирпичных зданий может достигать 150 лет, то, например, нормативный межремонтный срок службы систем водоснабжения и водоотведения дома – всего лишь 10-45 лет.

2) Для каждого элемента конструкции характерен свой нормативный срок службы. Так, например, если для систем горячего водоснабжения он равен 10-15 лет, то для слаботочных систем – 8-15 лет.

В этой связи возникает целесообразность организации процесса накопления на протяжении всего жизненного цикла объекта жилой недвижимости. При этом, принимая во внимание различие в межремонтных сроках, учет процесса накопления для каждого вида работ предлагается вести по отдельности.

В данном случае в целях наглядного отображения процесса аккумуляции денежных средств и их последующего расходования предлагается наладить процесс управленческого их учета, который целесообразно вести совместными усилиями ТСЖ и Фонда воспроизводства жилья. Управленческий учет может вестись путем создания субсчетов для отдельных групп работ, сгруппированных по конструктивной принадлежности. При этом каждый субсчет должен содержать конкретный перечень работ. Столь подробная детализация необходима для создания условий, когда накопление денежных средств будет происходить под конкретные виды работ, а не под абстрактные цели. Несомненно, подобный подход может быть осуществлен только с привлечением технических специалистов Фонда воспроизводства жилья.

Однако такая детализация оправдывает потраченные усилия, так как в итоге:

- для каждого члена ТСЖ будет создана наглядная возможность видеть, на какие цели происходит накопление их денежных средств;

- будет создана возможность своевременного и достаточно корректного внесения изменений в планы аккумуляции денежных средств в зависимости от динамики коррекции сметной стоимости работ, обусловленной инфляционным давлением и качественными изменениями в части внедрения инновационных технических решений (данная задача возлагается на Фонд воспроизводства жилья).

В дополнение следует отметить, что структура субсчетов управленческого учета разнотипных многоквартирных жилых домов имеет много общего, однако она на 100 % не идентична. 100 %-ная идентичность будет прослеживаться в зданиях однотипных серий.

В итоге объем ежемесячных взносов может быть рассчитан как сумма накоплений, относящихся к конкретно взятому субсчету (количество субсчетов – 12):

$$A_p^{(e)} = \sum_{j=1}^{12} \sum_{i=1}^n A_{pi}^{(e)j},$$

где  $A_p^{(e)}$  – общая сумма ежемесячных накоплений ТСЖ;

$A_{pi}^{(e)j}$  – сумма ежемесячных накоплений ТСЖ для выполнения  $i$ -ой работы  $j$ -субсчета;

$i=1-n$  – перечень работ, различный для каждого субсчета;

$j=1-12$  – субсчета «Стены и фасады», «Крыши», «Оконные и дверные заполнения», «Лестницы, балконы, крыльца», «Внутренняя и наружная отделка», «Центральное отопление», «Водопровод и канализация, горячее водоснабжение», «Электроснабжение и электротехнические устройства», «Газовые сети и оборудование», «Вентиляция и кондиционирование», «Специальные общедомовые технические устройства», «Внешнее благоустройство».

В данном случае расчет величины ежемесячных накоплений для выполнения  $i$ -ой работы  $j$ -субсчета ( $A_{pi}^{(e)j}$ ) следует выполнять, исходя из нормативных межремонтных сроков эксплуатации и сроков службы ( $T_{pi(мес)}^j$ ) той конструкции, в отношении которой предполагается проведение работ.

В целях упрощения алгоритма расчетов мы предположим, что аккумуляция денежных средств происходит только на проведение работ по капитальному ремонту, то есть предполагается полная замена конструкции, изделия и т.д. по истечении нормативного срока службы. Однако на практике нормативная величина – вещь, не всегда достижимая. Так, при достижении 70 % физического износа ответственных конструкций резко увеличивается вероятность возникновения аварийных ситуаций с серьезными экономическими последствиями

(например, возникновение протечек в газовой сети с последующим взрывом или выход из строя системы отопления в зимний период с последующей ее разморозкой).

Аналогичные доводы применимы в отношении всего жилого здания. Принято считать, что при физическом износе более 60 % резко повышается экономическая оправданность мнений в пользу его сноса.

В этой связи, по мнению авторов, при расчете  $A_{pi}^{(e)j}$  в отношении ряда конструктивных элементов к величине показателя нормативной службы применим коэффициент 0,7:

$$A_{pi}^{(e)j} = \frac{C_{pi(B)}^j}{0,7 * T_{pi(мес)}^j},$$

где  $C_{pi(B)}^j$  – стоимость выполнения  $i$ -ой работы  $j$ -субсчета в базисных ценах (на начало отчетного года);

$T_{pi(мес)}^j$  – нормативный срок службы конструктивного элемента « $i$ »  $j$ -субсчета в месяцах.

В дальнейшем, т.е. в конце каждого года, нами выдвигается идея необходимости пересчета общей величины требуемых к аккумуляции в течение отчетного года накоплений ( $A_p^{(e)}$ ) с учетом произошедших изменений в стоимости работ к концу отчетного года ( $k_{инф.i}^j$ ), так как изначально при определении величины ежемесячных накоплений расчеты производятся исходя из стоимости работ, установившихся на начало отчетного года, и коэффициента технологических изменений ( $k_{тех.i}^j$ ).

Следует отметить интересный факт. Обычно предполагается, что  $k_{тех.i}^j$  преимущественно будет принимать значения меньше 1, так как прогресс новых технологических решений идет в сторону уменьшения удельной стоимости продукции. По нашему мнению, в действительности это не всегда так. Существует достаточное количество примеров, когда в угоду отдельным транснациональным корпорациям (мировым монополистам в своей отрасли) принимались политизированные решения по законодательному запрету использования тех или иных материалов под предлогом их экологической небезопасности в жизнедеятельности человека (например, хладагент «фреон», асбест и т.д.), что приводило к вытеснению с рынка многих стран дешевой и относительно качественной продукции (по прошествии некоторого времени, когда было уже поздно, обнаруживалось, что ранее предъявленные объявления были частично или полностью сфальсифицированы).

$$A_p^{(e)} = \sum_{j=1}^{12} \sum_{i=1}^n A_{pi}^{(e)j} * k_{инф.i}^j * k_{тех.i}^j,$$

где  $A_p^{(e)}$  – общая сумма накоплений ТСЖ за год;

$A_{pi}^{(e)j}$  – сумма накоплений ТСЖ за год для выполнения  $i$ -ой работы  $j$ -субсчета;

$k_{инф.i}^j$  – коэффициент прироста (инфляции) величины затрат за год для выполнения  $i$ -ой работы  $j$ -субсчета;

$k_{тех.i}^j$  – коэффициент технологических изменений за год в отношении  $i$ -ой работы  $j$ -субсчета.

$$A_{pi}^{(e)j} = \frac{C_{pi(B)}^j}{0,7 * T_{pi(год)}^j},$$

где  $T_{pi(год)}^j$  – нормативный срок службы конструктивного элемента « $i$ »  $j$ -субсчета в годах.

$$K_{инф.i}^j = \frac{C_{pi(t)}^j}{C_{pi(B)}^j},$$

где  $C_{pi(t)}^j$  – стоимость выполнения  $i$ -ой работы  $j$ -субсчета в ценах на конец отчетного года.

$$K_{тех.i}^j = \frac{C_{pi(t)(N)}^j}{C_{pi(B)}^j},$$

где  $C_{pi(t)(N)}^j$  – стоимость выполнения  $i$ -ой работы  $j$ -субсчета с учетом технологических изменений в ценах на конец отчетного года.

В итоге после проведения перерасчета существует большая вероятность возникновения дефицита накопленных за отчетный год средств, обусловленная инфляционным ростом цен (в последнее время в связи с мировым экономическим кризисом также возросла вероятность дефляции цен, что может привести к возникновению профицита).

Следует особо отметить, что процедура перерасчета затрагивает только ту сумму, которая была накоплена в течение данного отчетного периода (года). В процессе пересчета не учитывается тот факт, что инфляция/дефляция цен приводит к уменьшению/увеличению стоимости всех накопленных денежных средств, а не только тех, которые были аккумулированы в текущем отчетном году. Однако, если производить пересчет предыдущих накоплений и разницу относить на текущий год, то в случае серьезного инфляционного роста цен, как, например, это было в строительной отрасли в предкризисные 2006-2008 гг., когда темп роста сметной стоимости ремонтно-строительных работ был бы значительно выше величины депозитной ставки Строительного сберегательного банка (как мы помним, нами была предложена идея начисления %-ных платежей на накопленные денежные средства ТСЖ), то может возникнуть ситуация, когда по результатам пересчета потребуется резко увеличить величину ежемесячных платежей в следующем отчетном году.

В этой связи с целью снижения вероятности резкого роста величины ежемесячных платежей предложенная выше политика коррекции вполне оправдана. В итоге в период стабильного роста экономики страны, а мы понимаем, что это сопряжено с инфляцией, пусть и не большой, а также при отсутствии внедрения новых прорывных инновационных технологий в области ЖКХ к моменту начала работ по капитальному ремонту сумма накоплений будет всегда меньше сметной стоимости работ, то есть всегда будет возникать потребность в заемных средствах, пусть и не в таком количестве, как это было бы при отсутствии процедуры плановой аккумуляции денежных средств ТСЖ на воспроизводство жилого фонда.

Одновременно в процессе пересчета не стоит забывать о том, что итоговая сумма ежемесячных накоплений за отчетный год дополнительно увеличивается на сумму, сформировавшуюся в результате их %-ного прироста, зависящую от величины депозитной ставки Строительного сберегательного банка.

$$A_p^{(e)разница} = A_p^{(e)} - 12 * A_p^{(e)} - A_p (\%),$$

где  $A_p^{(e)разница}$  – разница, сформировавшаяся по результатам пересчета необходимой величины накоплений ТСЖ по итогам отчетного года;

$A_p(\%)$  – величина %-ных начислений Строительного сберегательного банка на накопления ТСЖ, перечисленные в отчетном году.

$$A_p^{(e)} = \sum_{j=1}^{12} \sum_{i=1}^n A_{pi}^{(e)j} \pm \frac{A_p^{(e)разница}}{12},$$

где  $A_p^{(e)}$  – общая скорректированная величина ежемесячных накоплений ТСЖ, подлежащих перечислению в Строительный сберегательный банк в течение года, идущего за отчетным.

После приведенных алгоритмов возникает вопрос, связанный с определением потенциальной величины ежемесячных сборов в Республике Татарстан. Нами предлагается произвести оценочный расчет величины ежемесячных поступлений в Строительный сберегательный банк, аккумулируемых с целью последующего проведения основной массы работ 1-ой группы, связанных с капитальным ремонтом общего имущества ТСЖ.

В качестве примера рассмотрим 3 сценария развития событий в Республике Татарстан:

1. «Пессимистичный» – 25 % МКД участвует в процедуре накопления;
2. «Базовый» – 50 % МКД участвует в процедуре накопления;
3. «Оптимистичный» – 75 % МКД участвует в процедуре накопления.

В общей сложности в соответствии с предложенными сценариями в процедурах накопления могли бы принять участие:

- 11812 МКД (15 млн. м<sup>2</sup> жилья) – пессимистичный вариант;
- 23623 МКД (30 млн. м<sup>2</sup> жилья) – базовый вариант;
- 35435 МКД (45 млн. м<sup>2</sup> жилья) – оптимистичный вариант.

В процессе определения общей величины ежемесячных накоплений произведем оценочный расчет сметной стоимости работ по капитальному ремонту в расчете на 1 кв.м. жилья в разбивке по субсчетам управленческого учета аккумуляции денежных средств на проведение работ 1 группы по воспроизводству жилья (на примере объекта-аналога – 9-этажный кирпичный дом площадью 6522 м<sup>2</sup>. В процессе расчетов будем отталкиваться от величины сметной стоимости строительства нового жилья.

С учетом усредненных показателей срока службы конструкций и инженерных систем многоквартирных жилых зданий общий объем ежемесячных накоплений может составить (табл.):

1. «Пессимистичный» – 224,0 млн. руб.;
2. «Базовый» – 431,0 млн. руб.;
3. «Оптимистичный» – 666,35 млн. руб.

Таблица

**Величина ежемесячных накоплений в Строительном сберегательном банке  
по Республике Татарстан**

Субсчета	Величина ежемесячных накоплений, млн. руб.		
	Пессимистичный	Базовый	Оптимистичный
Стены и фасады			
Крыши	33,16	64,04	98,53
Оконные и дверные заполнения			
Лестницы, балконы, крыльца			
Внутренняя и наружная отделка	58,4	114,54	174,27
Центральное отопление	19,32	36,37	57,02
Водопровод и канализация, горячее водоснабжение	25,21	48,15	74,70
Электроснабжение и электротехнические устройства	67,21	132,16	200,75
Газовые сети и оборудование			
Вентиляция и кондиционирование	14,06	25,85	41,24
Специальные общедомовые технические устройства	6,59	10,91	18,84
Внешнее благоустройство			
<b>Итого</b>	<b>223,95</b>	<b>432,02</b>	<b>666,35</b>

Таким образом, представленная автором управленческая новация в форме «Фонда воспроизводства жилья» и «Строительного сберегательного банка» усилит возможность массового привлечения инвестиционных средств населения и повысит доступность жилья. Дальнейшее усиление роли предложенных финансовых формирований и населения в сфере строительства и жилищно-коммунальных услуг повысит надежность работы инженерно-коммунальных систем жизнеобеспечения и комфортность условий проживания граждан.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Полтерович В.М., Старков О.Ю. Проблема трансплантации ипотечных институтов в переходных экономиках: роль стройсберкасс. – М.: ЦЭМИ РАН, 2006. – 92 с.
2. Хабибулина А.Г. Управленческая новация по эффективному вовлечению бюджетных средств и накоплений граждан на рынок строительных и жилищно-коммунальных услуг // Известия КГАСУ, 2011, № 1 (15). – С. 256-264.
3. Хабибулина А.Г. Инновационная модель инвестирования сбалансированного развития рынка жилья (на примере Республики Татарстан). Дисс ... к.э.н. ... 08.00.05. – Казань: КХТИ. – 163 с.

4. Романова А.И. Инвестиционное стимулирование рынка строительных услуг // Известия КГАСУ, 2010, № 2 (14). – С. 339-344.
5. Романова А.И., Миронова М.Д., Монетова Е.М. Стимулирование внебюджетных инвестиций в региональный жилищно-коммунальный комплекс // Вестник ИНЖЭКОНа, 2010, № 5. – С. 81-85.
6. МГСН 301.01-96 «Об организации капитального ремонта жилых зданий в г. Москве».
7. Постановление Государственного комитета РФ по строительству и ЖКХ от 27.09.2003 г. № 170 «Об утверждении правил и норм технической эксплуатации жилищного фонда».
8. Письмо Государственного Комитета РФ по жилищной и строительной политике от 28.04.94 г. № 16-14/63.

#### REFERENCES

1. Polterovich V.M., Starkov O.Yu. A problem of transplantation of hypothecary institutes in transitive economy: a role of building-and-loan association. – M.: SEMI the Russian Academy of Sciences, 2006. – 92 p.
2. Khabibulina A.G. Administrative novation on effective involving of budgetary funds and accumulation of citizens on the market of building and housing-and-municipal services // Izvestiya KGASU, 2011, № 1 (15). – P. 256-264.
3. Khabibulina A.G. Innovative model of investment of balanced development of the market of habitation (on the Republic of Tatarstan example). The dissertation...cand. of econ. sci. ... 08.00.05. – Kazan: KHTI. – 163 p.
4. Romanova A.I. Investment stimulation of the market of building services // Izvestiya KazGASU, 2010, № 2 (14). – P. 339-344.
5. Romanova A.I., Mironova M.D., Monetova E.M. Stimulation of off-budget investments into a regional housing-and-municipal complex // Vestnik INZhEKONA, 2010, № 5. – P. 81-85.
6. MGSN 301.01-96 «About the organisation of major repairs of residential buildings in to Moscow».
7. The decision of the State committee of the Russian Federation on building and housing and communal services from 27.09.2003 № 170 «About the statement of rules and norms of technical operation of available housing».
8. The letter of the State Committee of the Russian Federation on the housing and building policy from 28.04.94 № 16-14/63.

УДК 659.1

**Яруллина Л.А.** – аспирантE-mail: [yalay@yandex.ru](mailto:yalay@yandex.ru)**Сафиуллин Н.З.** – доктор экономических наук, профессорE-mail: [safiullinnail@mail.ru](mailto:safiullinnail@mail.ru)**Казанский государственный аграрный университет**

## КЛАССИФИКАЦИЯ КАЧЕСТВА РЕКЛАМЫ

### АННОТАЦИЯ

Несмотря на наличие большого числа фундаментальных и прикладных работ в области экономики рекламы, многие проблемы формирования качества рекламы еще далеки от своего решения, тем более в связи с развитием общества и экономики постоянно возникают новые проблемы. Цель статьи – раскрыть классификацию качества рекламы (по задачам коммуникации, по средствам распространения рекламы, по заказчику и т.д.).

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** реклама, качество рекламы, классификация качества рекламы.

**Yarullina L.A.** – post-graduate student**Safiullin N.Z.** – doctor of economic sciences, professor**Kazan State Agrarian University**

## CLASSIFICATION OF QUALITY ADVERTISING

### ABSTRACT

In spite of presence large number of fundamental and applied works in sphere of economy of advertising, many problems of form quality of advertising yet distant from their decision, especially in communication with development of society and economy development constantly arise new problems. Purpose of article – to open classification of quality of advertising (on tasks of communication, on customer and so on).

**KEYWORDS:** advertising, quality of advertising, classification of quality of advertising.

При продвижении собственной продукции на рынок фирма использует рекламу, информирующую потенциальных потребителей о существующих характеристиках и ценах предлагаемых товаров [1, с. 41]. Самым важным конкурентным преимуществом является качество производимой продукции. Наиболее полным и емким среди всех определений понятия «качество» является следующее: «качество – это совокупность свойств и характеристик объекта (товара или услуги), которые придают ему способность удовлетворять обусловленные или предполагаемые потребности» [2, с. 83]. Реклама является продукцией, которая обладает определенными свойствами и к ее качеству предъявляются повышенные требования, а это требует исследования качества рекламной продукции (рекламы), используя экономический подход.

В современной экономике с сильной конкуренцией между производителями именно от рекламы и ее качества будет зависеть, заметят ли потенциальные покупатели конкретное предложение среди большого объема окружающей их информации и совершат ли они покупку. По нашему мнению, необходимо повышать качество рекламы, поскольку реклама является товаром, качество которого имеет большое значение и отражается на уровне прибыли предприятия. Мы можем выразить зависимость прибыли от качества рекламы в следующей общей функциональной форме:  $Q \uparrow P \uparrow$ , где  $Q$  – качество рекламы;  $P$  – прибыль предприятия.

Качество рекламы является одним из основных факторов экономического роста, роста общественного благосостояния и уровня жизни населения.

Определение понятия «качество рекламы» поможет нам раскрыть сущность исследуемого вопроса [3, с. 200].

Для того, чтобы наиболее полно представить все многообразие качества рекламы, необходимо разработать его классификацию. При определении классификационных признаков для качества рекламы мы будем частично опираться на уже имеющиеся классификации рекламы, с учетом специфики воздействия рекламы на экономические отношения. В

отечественной литературе встречаются различные системы классификации рекламы. Детальное исследование подходов к классификации рекламы представлено в работе Г.Р. Чумариной [4].

Экономист Г.Р. Чумарина в зависимости от задач коммуникации, на которые направлена реклама, выделяет информативную, увещательную (агитирующую), стимулирующую, внутрифирменную, сравнительную рекламы, имидж-рекламу, рекламу стабильности. Данный тип классификации наиболее распространен в экономической литературе. Характеристика каждого вида рекламы представлена в таблице 1. Исходя из этой классификации, можно выделить следующие виды качества рекламы: качество информативной рекламы, качество увещательной (агитирующей) рекламы, качество стимулирующей рекламы, качество внутрифирменной рекламы, качество сравнительной рекламы, качество имидж-рекламы, качество рекламы стабильности.

Таблица 1

## Классификация качеств рекламы

Признаки классификации	Характеристика рекламы/ примеры рекламы	Виды качества рекламы
Задачи коммуникации	Реклама предоставляет потребителю информацию о фирме и ее продукции, товарах, услугах, их характеристиках (свойствах), достоинствах, размещении, форме продаж, а также оповещает потенциального покупателя о появлении нового товара.	качество информативной,
	Реклама убеждает покупателя купить данный товар, а не товар конкурента.	увещательной (агитирующей), стимулирующей,
	Реклама стимулирует потребности покупателя.	
	Реклама нацелена внушать сотрудникам веру в предприятие, в котором они работают.	внутрифирменной
	Реклама основана на сравнении рекламируемого товара или услуги с товарами и услугами конкурентов.	сравнительной рекламы;
	Реклама создает благоприятный имидж (образ) фирмы и товара, а также знакомит потенциального покупателя с продукцией.	качество имидж-рекламы;
	Реклама направлена закреплять достигнутые результаты, даже при налаженном сбыте товаров и услуг.	качество рекламы стабильности.
Средства распространения рекламы	целевые рекламные материалы, рекламно-информационные письма;	качество прямой почтовой,
	каталоги, проспекты, буклеты, плакаты, оригинал-макеты, листовки, открытки, календари и другие печатные продукции;	печатной,
	кинореклама, телереклама, радиореклама, рекламные ролики, слайд-фильмы;	аудиовизуальной,
	билборды (дорожные или уличные рекламы), брендмауэры (настенные щиты), мультимедийные изображения, электрифицированные или газосветные панно с неподвижными или бегущими надписями, пространственные конструкции для размещения плакатов малого (обычного) размера в нескольких плоскостях, рекламы на транспорте, рекламы в салоне транспорта и т.д.;	наружной рекламы;
	реклама, размещенная в газетах, журналах, фирменных бюллетенях, справочниках, телефонных книгах;	качество рекламы в прессе;
	витрины магазинов, вывески, знаки, планшеты в торговом зале, событийные мероприятия, дегустации, демонстрации моделей, упаковки (с нанесенными названиями и торговыми знаками рекламодателя);	качество рекламы на месте продажи;
	баннеры на интернет-сайтах, спам-реклама и т.д.;	качество интернет-рекламы;
	публичная демонстрация достижений в области экономики, науки, техники, культуры, искусства и других областях общественной жизни;	качество выставки;
	ежегодно повторяющиеся распродажи товаров;	качество ярмарки;
предмет, предназначенный рекламировать производимый предприятием товар, услугу.	качество сувениров.	

Продолжение табл. 1

Цели	Реклама пропагандирует товары, работы, услуги, из которой предприятие ожидает получить прибыль.	качество коммерческой,
	Реклама применяется политиками для воздействия на избирателей для выполнения своих личных (и/или государственных) целей.	политической,
	Реклама направлена на достижение благотворительных, общественно полезных целей и обеспечение интересов государства.	социальной рекламы.
Территориальный признак	Реклама ориентирована на рынки нескольких стран.	качество международной,
	Реклама нацелена на потребителей в нескольких регионах страны или по всей стране.	национальной,
	Реклама используется для рекламирования товаров и услуг, которые распространяются в одном регионе.	региональной,
	Реклама воздействует на потребителей в одном городе или торговом зале.	местной рекламы.
Рекламируемый объект	Реклама содержит информацию о товаре.	качество товарной,
	Реклама включает информацию о производителе или продавце товара, результате интеллектуальной деятельности, мероприятии.	нетоварной рекламы.

В таблице 1 приведена классификация качеств рекламы.

В зависимости от средства распространения рекламы, согласно работе Г.Р. Чумариной, реклама делится на прямую почтовую рекламу, печатную рекламу, аудиовизуальную рекламу, наружную рекламу, рекламу в прессе, рекламу на месте продажи, интернет-рекламу, выставки, ярмарки, сувениры. Примеры каждого вида рекламы отражены в таблице 1. Соответственно можно выделить качество прямой почтовой рекламы, качество печатной рекламы, качество рекламы в прессе, качество аудиовизуальной рекламы, качество наружной рекламы, качество рекламы на месте продажи, качество интернет-рекламы, качество выставки, качество ярмарки, качество сувениров.

По этапам жизненного цикла товара, согласно Г.Р. Чумариной, реклама подразделяется на следующие виды: реклама на этапе внедрения, реклама на этапе роста, реклама на этапе зрелости, реклама на этапе насыщения, реклама на этапе спада. Подробное рассмотрение качественных признаков, характерных рекламе на том или ином этапе жизненного цикла товара, и видов рекламы, которые используются на соответствующем этапе жизненного цикла товара, представлено в таблице 2. Следовательно, существует качество рекламы на этапе внедрения, качество рекламы на этапе роста, качество рекламы на этапе зрелости, качество рекламы на этапе насыщения, качество рекламы на этапе спада.

Приведенная выше классификация не является исчерпывающей, более того, в настоящее время в связи с развитием инновационных процессов происходит постоянное изменение рекламы, увеличивается её разнообразие.

Новизна классификации, рассмотренной в данной статье, заключается в том, что впервые в современной экономике рекламы предлагается углубленная классификация качества рекламы. Классификация качества рекламы может быть использована в любой отрасли экономики, например, в строительстве, сельском хозяйстве и т.д., что будет способствовать ускорению движения товара и увеличению объема продаж рекламодателя. Представленная в данной работе классификация качества рекламы может применяться государственными органами, учреждениями статистики, рекламодателями, рекламопроизводителями, саморегулируемыми организациями в сфере рекламы, преподавателями при проведении лекционных и практических занятий по экономической теории, экономике, экономике рекламы, экономике организации (предприятия), маркетингу, анализу финансово-хозяйственной деятельности предприятия, а также исследователями для проведения дальнейших изысканий в области экономики и качества рекламы.

Таблица 2

## Виды качеств рекламы в зависимости от этапа жизненного цикла товара

Этап жизненного цикла товара	Качественные признаки рекламы	Виды (рекомендуемые) рекламы, которые используются на соответствующем этапе жизненного цикла товара	Вид качества рекламы
этап внедрения на рынок	В рекламе необходимо сделать акцент на информирование покупателей о назначении, области применения, основных характеристиках, названии нового товара. Качество рекламы на этом этапе связано с интенсивностью рекламы. Чем интенсивнее реклама товара на этапе его внедрения, тем существеннее сокращается этап по времени.	интенсивная реклама	качество рекламы на этапе внедрения
этап роста	Качество рекламы на этом этапе связано с интенсивностью рекламы. Реклама должна быть интенсивной, так как она позволит большинству людей узнать о новом товаре и быстрее согласиться на первую покупку. Этап роста благодаря рекламе завершается на большом объеме проданных товаров.	интенсивная реклама, увещательная (агитирующая) реклама. Необходимо повышать качество увещательной рекламы.	качество рекламы на этапе роста
этап зрелости	Реклама должна способствовать росту доли рекламируемого товара на рынке или, по крайней мере, не допускать снижения этой доли.	Увещательная (агитирующая) реклама помогает задерживать этап зрелости на некоторое время.	качество рекламы на этапе зрелости
этап насыщения	На этом этапе применяется реклама, увеличивающая время этапа насыщения, также при этом необходимо улучшить имидж фирмы и напоминать о товаре.	увещательная (агитирующая) реклама, имидж-реклама, напоминающая реклама	качество рекламы на этапе насыщения
этап спада	На этапе спада резко снижаются продажи и реклама бывает обычно нецелесообразной. Но если на складе осталось много непроданного товара, то фирма рекламирует товар до полной распродажи. То есть на этом этапе применяется реклама, которая должна способствовать продаже товара, оставшегося на складе предприятия.	Необходимо использовать такой вид рекламы, который способствует полной распродаже непроданного товара, оставшегося на складе предприятия.	качество рекламы на этапе спада

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Исмагилова Г.Н., Сафиуллин Н.З. Методологические особенности формирования потребительского спроса на товары длительного пользования при асимметричности информации // Вестник КГАУ, 2011, № 1. – С. 39-43.
- Сафиуллин Н.З., Исмагилова Г.Н. Потребительское поведение и качество товаров в экономике, основанной на знаниях // Вестник КГАУ, 2009, № 4. – С. 82-86.
- Сафиуллин Н.З., Яруллина Л.А. Качество рекламной продукции: развитие терминологии // Материалы Всероссийской научно-практической конференции. – Казань: Издательство Казанского ГАУ, 2010. – С. 197-201.
- Чумарина Г.Р. Рекламная деятельность в условиях модификации конкурентных отношений: теоретико-методологический аспект // Дисс. канд. экон. наук. – Казань, 2006. – 34 с.

## REFERENCES

1. Ismagilova G.N., Safiullin N.Z. Methodological features of formation of a consumer demand on goods of long using at asymmetric information // Vestnik KGAU, 2011, № 1. – P. 39-43.
2. Safiullin N.Z., Ismagilova G.N. Consumer behaviour and quality of goods in economy based on knowledge // Vestnik KGAU, 2009, № 4. – P. 82-86.
3. Safiullin N.Z., Yarullina L.A. Quality of the advertising product: terminology development // Materials of the All-Russia scientifically-practical conference. – Kazan: Publishing house of Kazan GAU, 2010. – P. 197-201.
4. Chumarina G.R. Advertising activity in the condition of updating competitive relations: teoretiko-methodological aspect // Dis. Cand. Econ. Sci. – Kazan, 2006. – 34 p.



УДК 69.003.13

**Баркалов С.А.** – доктор технических наук, профессор

E-mail: [sbarkalov@nm.ru](mailto:sbarkalov@nm.ru)

**Сенюшкин А.В.** – аспирант

**Янин А.Г.** – аспирант

**Воронежский государственный архитектурно-строительный университет**

## ПОСТРОЕНИЕ КАЛЕНДАРНОГО ПЛАНА ПРИ РЕКОМЕНДАТЕЛЬНЫХ ЗАВИСИМОСТЯХ МЕЖДУ РАБОТАМИ

### АННОТАЦИЯ

В статье приводится алгоритм решения задачи построения календарного плана с минимальной продолжительностью проекта. Известны четыре типа зависимостей между работами при совмещенном выполнении: «старт-финиш», «старт-старт», «финиш-финиш» и «финиш-старт». В статье рассматриваются зависимости «финиш-старт» как наиболее распространенные.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** календарный план, работа, жесткая зависимость, рекомендательная зависимость.

**Barkalov S.A.** – doctor of technical science, professor

**Senyushkin A.V.** – post-graduate student

**Yanin A.G.** – post-graduate student

**Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering**

## TIME SCHEDULE CONSTRUCTION UNDER VOLUNTARY DEPENDENCES BETWEEN WORKS

### ABSTRACT

The article deals with the algorithms for solution the problem of constructing the time schedule with minimum duration of the project. Four dependences between works under simultaneous implementation are known: start-finish, start-start, finish-finish, finish-start. The article considers dependences finish-start as the most common ones.

**KEYWORDS:** time schedule, work, rigid dependence, voluntary dependence.

Известны четыре типа зависимостей между работами при совмещенном выполнении: «старт-финиш», «старт-старт», «финиш-финиш» и «финиш-старт» [1, 2], причем следует отметить, что наиболее часто встречаются зависимости «финиш-старт». Эти зависимости имеют обязательный характер, то есть должны выполняться неукоснительно (недаром их еще называют жесткими зависимостями). Однако на практике нередки ситуации, когда эти зависимости носят не обязательный, а рекомендательный характер. Другими словами, они могут нарушаться, но их нарушение ведет к определенным потерям: либо к увеличению продолжительности работ, либо к росту затрат на реализацию проекта. Следует отметить, что обычные жесткие зависимости можно формально вести к зависимостям рекомендательного типа, если ввести большие потери или значительное увеличение продолжительности работы при их нарушении. Зависимости рекомендательного типа будем называть также мягкими (в отличие от жестких зависимостей).

Итак, пусть имеется проект из  $n$  работ, мягкие зависимости между которыми описаны сетевым графиком (рис. 1). В дальнейшем будем рассматривать наиболее распространенные зависимости «финиш-старт». Вершины сетевого графика соответствуют работам проекта. В верхней половине вершины указан номер работы, а в нижнем – ее продолжительность. Дуги соответствуют мягким зависимостям между работами. Для каждой дуги заданы два числа  $a_{ij}$  и  $b_{ij}$ . Первое число  $a_{ij} \geq 0$  определяет увеличение продолжительности работы  $j$ , если зависимость  $(i;j)$  нарушается, то есть если работа  $j$  начата до окончания работы  $i$ . Второе число  $b_{ij} \geq 0$  определяет увеличение затрат на выполнение работы  $j$ , если зависимость  $(i,j)$  нарушается.

Для описанной модели возможны различные постановки задач.

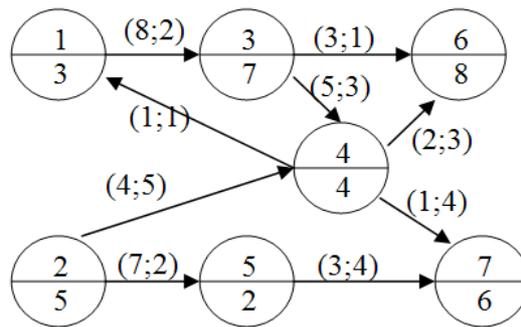


Рис. 1

**Задача 1.** Пусть заданы только числа  $a_{ij}$  (можно считать, что все  $b_{ij} = 0$ ). Требуется определить календарный план с минимальной продолжительностью проекта.

**Задача 2.** Пусть заданы только числа  $b_{ij}$  (можно считать, что все  $a_{ij} = 0$ ). Требуется определить календарный план с минимальными дополнительными затратами.

**Задача 3.** Пусть заданы оба числа  $a_{ij}$  и  $b_{ij}$ . Определить календарный план, при котором проект выполняется за время  $T$ , а увеличение затрат минимально.

Заметим, что сетевой график при мягких зависимостях может иметь контуры, в отличие от сетевого графика при жестких зависимостях.

Пример 1. Рассмотрим задачу 1 на примере сетевого графика рис. 1 (учитываем, только первые числа у дуг, определяющие только увеличение продолжительностей работ). Оптимальный сетевой график приведен на рис. 2.

Продолжительность проекта составляет  $T=13$  (пунктиром показаны зависимости, которые нарушаются).

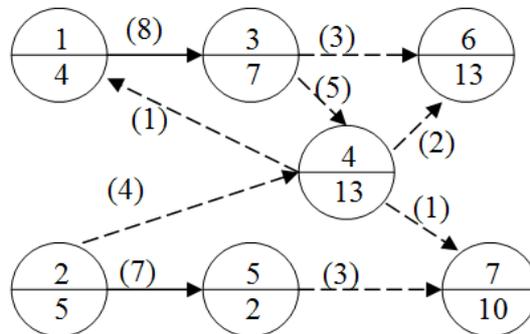


Рис. 2

Пример 2. Рассмотрим теперь задачу 2, полагая, что все  $a_{ij} = 0$ . Пусть  $T=14$ . Оптимальный сетевой график приведен на рис. 3 (критические пути выделены толстыми дугами).

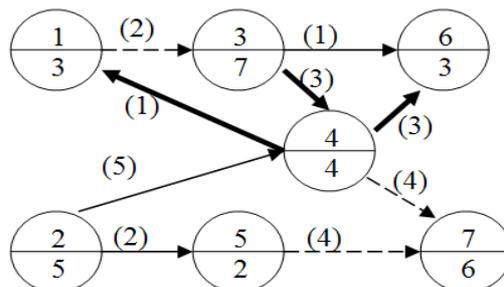


Рис. 3

Дополнительный рост стоимости проекта составляет  $S=6$ .

Рассмотрим алгоритм решения задачи построения календарного плана с минимальной продолжительностью проекта.

Присваиваем всем работам сетевого графика начальные индексы  $\lambda_i = \tau_i$ ,  $i = \overline{1, n}$  [3]. Рассматриваем каждую работу  $i$ . Обозначим через  $Q_i$  – множество работ, предшествующих работе  $i$ , то есть в сетевом графике существует дуга  $(j, i)$  для  $j \in Q_i$ . Обозначим через  $m_i$  – число дуг, заходящих в вершину  $i$  (число элементов множества  $Q_i$ ). Рассмотрим все подмножества из  $m_i$  элементов (их число равно  $2^{m_i}$ ). Для каждого подмножества, содержащего вершины  $R_i \subset Q_i$ , вычисляем:

$$t_i(R_i) = \tau_i + \max_{j \in R_i} \lambda_j + \sum_{j \in R_i} a_{ji} . \tag{1}$$

Определяем новый индекс вершины  $i$ :

$$\lambda_i = \min_{R_i} t_i(R_i) . \tag{2}$$

Алгоритм заканчивается, когда все индексы установятся. Конечность алгоритма следует из того, что последовательность индексов для каждого  $i$  является возрастающей. С другой стороны, индексы  $\lambda_i$  ограничены величиной:

$$T = \tau_i + \sum_{j \in Q_i} a_{ji} .$$

**Пример 3.** Рассмотрим сетевой график (рис. 4).

**1 шаг.**  $t_1=2, t_2=3, t_3=1, t_4=4, t_5=2, t_6=3$ .

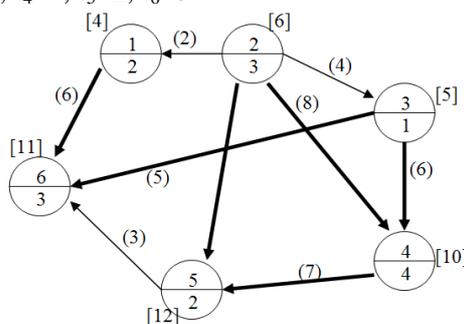


Рис. 4

**2 шаг.** Рассматриваем вершину 1. В нее заходит одна дуга (2, 1). Если соответствующую зависимость не учитывать, то продолжительность работы увеличится на 2 единицы и будет равна  $t_1=4$ . Если же зависимость (2, 1) учитывать (считать жесткой), то момент окончания работы будет равен  $t_1=2+3=5$ . Поэтому выгоднее зависимость (2, 1) не учитывать. Имеем  $\lambda_1 = \min(4; 5) = 4$ .

Рассматриваем вершину 2. В нее заходит также только одна дуга (6;2). Если соответствующую зависимость не учитывать, то момент окончания работы 2 будет равен  $t_2=3+3=6$ . Если не учитывать, то  $t_1=\tau_6+\tau_2=6$ . Обе величины равны, поэтому  $\lambda_2 = 6$ .

Рассматриваем работу 3. В нее также заходит только одна дуга (2, 3). Если соответствующую зависимость не учитывать, то  $\lambda_3 = \tau_3 + a_{23} = 5$ , а если учитывать, то  $\lambda_3 = \lambda_2 + \tau_3 = 6 + 1 = 7$ .

Выбираем минимальное время  $\lambda_3 = \min(5; 7) = 5$ .

Рассматриваем работы 4. В данном случае в величину 4 заходят две дуги (2;4) и (3;4). Поэтому имеются 4 варианта.

Обе зависимости (2, 4) и (3, 4) не учитываем. Продолжительность работы увеличивается на  $a_{24} + a_{34} = 8 + 6 = 14$  и момент ее окончания  $\lambda = 4 + 14 = 18$ .

Учитываем только одну зависимость (2,4). Продолжительность работы 4 увеличивается на  $a_{34} = 6$ , а момент ее окончания равен  $\lambda = t_2 + \tau_4 + a_{34} = 4 + 6 + 6 = 16$ .

Учитываем только зависимость (3,4). Продолжительность работы увеличивается на  $a_{24} = 8$ , а момент ее завершения равен  $\lambda = t_3 + \tau_4 + a_{24} = 5 + 8 + 4 = 17$ .

Учитываем обе зависимости (2, 4), (3, 4). Продолжительность работы не увеличивается, а момент ее завершения равен

$$\lambda = \max(\lambda_2; \lambda_3) + \tau_4 = 6 + 4 = 10.$$

Выбираем вариант с минимальной величиной  $\lambda$ , то есть

$$\lambda_4 = \min(18, 16, 17, 10) = 10.$$

Рассматриваем работу 5. В нее также заходят две дуги (2, 5) и (4, 5), поэтому рассматриваем четыре варианта. Обе зависимости не учитываем. Имеем

$$\lambda = \tau_5 + a_{25} + a_{45} = 2 + 4 + 7 = 13. \text{ Учитываем зависимость (2, 5). Имеем}$$

$$\lambda = \tau_5 + a_{45} + \lambda_2 = 2 + 7 + 6 = 15.$$

Учитываем зависимость (4, 5). Имеем  $\lambda = \tau_5 + a_{25} + \lambda_4 = 2 + 4 + 10 = 16$ . Учитываем обе зависимости (2, 5) (4, 5). Имеем  $\lambda = \max(\lambda_2; \lambda_4) + \tau_5 = 2 + 10 = 12$ .

Выбираем четвертый вариант  $\lambda_5 = 12$ .

Рассматриваем работу 6. В вершину 6 заходят три дуги (1,6) (3,6) и (5,6), в данном случае имеем  $2^3=8$  вариантов. Все три зависимости не учитываем. Имеем

$$\lambda = \tau_6 + a_{16} + a_{36} + a_{56} = 3 + 6 + 5 + 3 = 17$$

Учитываем зависимость (1,6). Имеем

$$\lambda = \tau_6 + a_{36} + a_{56} + \lambda_1 = 3 + 5 + 3 + 4 = 15.$$

Учитываем зависимость (3,6). Имеем

$$\lambda = \tau_6 + a_{16} + a_{56} + \lambda_3 = 3 + 6 + 3 + 5 = 17.$$

Учитываем зависимость (5,6). Имеем

$$\lambda = \tau_6 + a_{16} + a_{36} + \lambda_5 = 26.$$

Учитываем зависимости (1,6) и (3,6). Имеем

$$\lambda = \tau_6 + a_{56} + \max(\lambda_1; \lambda_3) = 3 + 3 + 5 = 11.$$

Учитываем зависимости (1,6) и (5,6). Имеем

$$\lambda = \tau_6 + a_{36} + \max(\lambda_1; \lambda_5) = 3 + 5 + 12 = 20.$$

Учитываем зависимости (3,6) и (5,6).

Имеем  $\lambda = \tau_6 + a_{16} + \max(\lambda_3; \lambda_5) = 21$ .

Учитываем все три зависимости (1,6), (3,6) и (5,6). Имеем

$$\lambda = \max(\lambda_1; \lambda_3; \lambda_5) + \tau_6 = 15.$$

Выбираем пятый вариант  $\lambda_6 = 11$ .

Проверим корректировку индексов вершин в том же порядке.

Рассматриваем вершину 1. Имеем одну заходящую дугу и значит два варианта  $\lambda_2 = \min(\tau_1 + a_{21}; \tau_1 + \lambda_2) = 4$ .

Величина индекса не изменилась.

Рассматриваем вершину 2. Имеем такие два варианта

$$\lambda_2 = \min(\tau_2 + a_{62}; \tau_2 + \lambda_6) = 6.$$

Величина индекса не изменилась.

Рассматриваем вершину 3. Имеем два варианта

$$\lambda_3 = \tau_3 + \min(a_{23}; \lambda_2) = 5.$$

Величина индекса не изменилась.

Рассматриваем вершину 4. Имеем три варианта, так как в вершину 4 заходят 2 дуги. Имеем

$$\lambda_4 = \tau_4 + \min(6; 13; 18) = 10.$$

Величина индекса не изменилась.

Рассматриваем вершину 5. Имеем три варианта

$$\lambda_5 = \tau_5 + \min(10; 13; 11) = 12.$$

Величина индекса не изменилась.

Рассматриваем вершину 6. Имеем четыре варианта, так как в вершину 6 заходят 3 дуги.

$$\text{Имеем } \lambda_6 = \tau_6 + \min(12; 8; 12) = 11.$$

Величина индекса не изменилась.

Поскольку индексы установлены, то алгоритм закончен.

Теорема. Установившиеся значения индексов  $\lambda_i$  определяют минимальные ранние сроки завершения работ.

Доказательство. Заметим, что величины индексов, получаемые на каждом шаге, являются нижними оценками моментов окончания соответствующих работ. После того как индексы установились, можно выделить зависимости, которые становятся жесткими зависимостями. Можно построить сетевой график выполнения работ с учетом только жестких зависимостей. Очевидно, что этот сетевой график не имеет контуров. Рассчитывая его известными алгоритмами (с учетом того, что зависимости, которые не выполняются, приводят к увеличению продолжительностей работ), мы получим те же самые установившиеся индексы. Это доказывает теорему.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баркалов С.А. Теория и практика календарного планирования в строительстве. – Воронеж: ВГАСА, 1999. – 216 с.
2. Курочка П.Н. Моделирование задач организационно-технологического проектирования. – Воронеж: ВГАСУ, 2004. – 204 с.
3. Бурков В.Н., Новиков Д.А. Как управлять проектами. – М.: Синтег, 1997. – 188 с.
4. Баркалов С.А., Бурков В.Н., Гилязов Н.М. Методы агрегирования в управлении проектами. – М.: ИПУ РАН, 1999. – 55 с.
5. Бурков В.Н., Заложнев А.Ю., Новиков Д.А. Теория графов в управлении организационными системами. – М.: СИНТЕГ, 2001. – 265 с.
6. Баркалов С.А., Маилян А.Л. О выборе управленческого решения в условиях неопределенности // Научный вестник Воронеж. гос. арх.-строит. ун-та. Строительство и архитектура, 2009, 4 (16). – С. 124-129.
7. Набиуллин И.Ф., Суровцев И.С. Формирование оптимального плана закупок // Научный вестник Воронеж. гос. арх.-строит. ун-та. Строительство и архитектура, 2010, 4 (20). – С. 156-162.
8. Баркалов С.А., Бурков В.Н., Голенко-Гинсбург Д.И., Сидоренко Е.А. Алгоритм оптимального распределения ресурсов внутри проекта // ВЕСТНИК Воронеж. гос. техн. ун-та, 2010, т. 6, № 10. – С. 65-68.
9. Баркалов С.А., Бурков В.Н., Сычев А.П., Хицков Д.Э. Задача выбора стратегий организационной системы в условиях неопределенности // ВЕСТНИК Воронеж. гос. техн. ун-та, 2010, т. 6, № 8. – С. 175-179.

### REFERENCES

1. Barkalov S.A. Theory and practice of time scheduling in building construction. – Voronezh: VGASA, 1999. – 216 p.
2. Kurochka P.N. Modelling of the problems of organizational and technological design. – Voronezh: VGASU, 2004. – 204 p.
3. Burkov V.N., Novikov D.A. How to manage the projects. – Moscow: Sinteg, 1997. – 188 p.
4. Barkalov S.A., Burkov V.N., Gilyazov N.M. Methods of aggregation in project management. – M.: IPU RAN, 1999. – 55 p.
5. Burkov V.N., Zalozhnev A.Yu., Novikov D.A. Theory of graphs in organization system management. – M.: Sinteg, 2001. – 265 p.
6. Barkalov S.A., Mailyan A.L. On selection of management decision under uncertainty // Nauchny Vestnik VGASU. Stroitelstvo i arkhitektura, 2009, 4 (16). – P. 124-129.
7. Nabiullin I.F., Surovtsev I.S. Formation of optimal purchase plan // Nauchny Vestnik VGASU. Stroitelstvo i arkhitektura, 2009, 4 (16). – P. 124-129.
8. Barkalov S.A., Burkov V.N., Golenko-Ginsburg D.I., Sidorenko Ye.A. An algorithm of the optimal resource distribution in projects // Vestnik VGTU, 2010, vol. 6, № 10. – P. 65-68.
9. Barkalov S.A., Burkov V.N., Sychev A.P., Khitskov D.E. The problem of selection of strategies of organization system under uncertainty // Vestnik VGTU, 2010, vol. 6, № 10. – P. 175-179.



УДК 66.02:519.771.3

**Ахмадиев Ф.Г.** – доктор технических наук, профессор

E-mail: [Akhmadiev@kgasu.ru](mailto:Akhmadiev@kgasu.ru)

**Казанский государственный архитектурно-строительный университет**

## **МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КИНЕТИКИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПЕРЕРАБОТКИ ДИСПЕРСНЫХ СРЕД**

### **АННОТАЦИЯ**

Рассмотрены вопросы математического моделирования кинетики технологических процессов переработки дисперсных сред. Построены математические модели кинетики целого класса процессов переработки материалов, таких как: процессы смешения, измельчения, классификации зернистых материалов по размерам на основе теории марковских процессов и приведены решения соответствующих дифференциальных уравнений. Установлена адекватность построенных кинетических моделей.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** математические модели, кинетика, смешение, измельчение, классификация, дисперсная среда, марковские процессы.

**Akhmadiev F.G.** – doctor of technical sciences, professor

**Kazan State University of Architecture and Engineering**

## **MATHEMATICAL MODELLING OF KINETICS OF TECHNOLOGICAL PROCESSES OF CONVERSIONS OF DISPERSE ENVIRONMENTS**

### **ABSTRACT**

Questions of mathematical modeling of kinetics technological processes of conversions of disperse environments are considered. Mathematical models of kinetics the whole class of processes of conversions of materials, such as processes of mixture, crushing, classification of granular materials by the sizes on the basis of the theory of the Markov-processes are constructed and decisions of the corresponding differential equations are resulted. Adequacy of the constructed kinetic models is established.

**KEYWORDS:** mathematical models, kinetics, mixture, crushing, classification, the disperse environment, Markov-processes.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Основу современного подхода к построению методов расчета технологических процессов составляет системный анализ [1, 2]. Фундаментальную роль в системном анализе играет математическое моделирование.

Существенной особенностью технологических процессов в гетерогенных средах является то, что они имеют двойственную детерминированно-стохастическую природу и являются нелинейными. Поэтому при математическом моделировании технологических процессов в гетерогенных средах, кроме методов механики гетерогенных сред, должны быть использованы методы статистической физики и термодинамики необходимых процессов и современные математические методы. Все это в высшей степени относится к процессам переработки гетерогенных сред, таких как: смешение, измельчение, классификация, дозирование сыпучих материалов и т.п., которые составляют основу многих технологических процессов, в частности, производства строительных материалов.

При описании кинетики любого процесса рассматривают изменение некоторых величин, характеризующих реальный процесс во времени и пространстве. Такая оценка обычно определяется через средние физические параметры (концентрацию некоторого компонента, температуру, скорость движения материалов, размеры частиц и т.д.). Но во многих случаях при сушке, адсорбции (десорбции), измельчении, эмульгировании и смешении описание процессов через средние величины не дает исчерпывающей информации и не удовлетворяет требованиям, предъявляемым им технологической практикой. Обычно все технологические процессы, при которых осуществляется переработка гетерогенных сред, по своей природе являются случайными и

в них наблюдаются флуктуации основных физико-химических параметров. Поэтому во многих реальных процессах необходимо учитывать вероятностную природу этих процессов и оценить распределение по степени обработки (равномерность) перерабатываемых материалов [1, 3].

Решение поставленной задачи классическими методами осреднения турбулентного переноса и осреднения в механике гетерогенных сред вызывает большие трудности. Поэтому предлагается использовать упрощенный подход с применением приближения теории марковских процессов, некоторые приложения которой рассмотрены в работах [4-6].

Рассматриваемые процессы можно характеризовать через многомерную плотность распределения  $W(\bar{x}, t)$  точек, изображающих соответствующее явление в фазовом пространстве, где  $\bar{x}(t) = \{x_1(t), \dots, x_n(t)\}$ . Для вывода уравнения, которому удовлетворяет  $W(\bar{x}, t)$ , может быть использован следующий метод [7-8]. Пусть  $\bar{x}(t)$  удовлетворяет системе кинетических уравнений:

$$dx_i(t)/dt = F_i(\bar{x}, t) + F_i'(\bar{x}, t), \quad \bar{x}(0) = \bar{x}_0, \quad i = \overline{1, n}, \quad (1.1)$$

где  $F_i(\bar{x}, t)$  – детерминированные функции,  $F_i'(\bar{x}, t)$  – дельта – коррелированное во времени гауссовское случайное поле со средним значением  $\langle F_i'(\bar{x}, t) \rangle = 0$ . Тогда случайный процесс  $\bar{x}(t)$  является диффузионным марковским и  $W(\bar{x}, t)$  удовлетворяет уравнению Колмогорова-Фоккера-Планка (К.-Ф.-П.) [7-8]:

$$\frac{\partial W(\bar{x}, t)}{\partial t} = - \sum_{i=1}^n \frac{\partial}{\partial x_i} [k_i(\bar{x}, t)] + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \frac{\partial^2}{\partial x_i \partial x_j} [k_{ij}(\bar{x}, t) W(\bar{x}, t)], \quad (1.2)$$

где первый и второй инфинитезимальные моменты (коэффициенты сноса и диффузии)  $k_i(\bar{x}, t)$  и  $k_{ij}(\bar{x}, t)$  изменения случайной величины  $\bar{x}(t)$  вычисляются по (1.1) известным правилам [7-8], т.е. нелинейная динамическая система (1.1) заменяется хорошо изученным уравнением (1.2) для плотности вероятности, которое полностью описывает исследуемый процесс. Причем, во многих случаях  $k_i(\bar{x}, t)$  совпадают с функцией  $F_i(\bar{x}, t)$ , а  $k_{ij}(\bar{x}, t)$  – являются постоянными величинами.

Данный подход может быть использован для не дельтакоррелированных процессов с конечным временным радиусом корреляции поля  $F_i'(\bar{x}, t)$ , для динамических систем с негауссовскими флуктуациями параметров и для кинетических систем интегро-дифференциальных уравнений [8].

Учитывая все вышеизложенное, в дальнейшем, не нарушая общность, можно рассматривать динамические уравнения только вида (1.1). При этом необязательно, чтобы каждый компонент  $x_i(t)$  был марковским, чтобы процесс  $\bar{x}(t)$  в целом был марковским диффузионным [7].

В качестве координат  $X_i$  фазового пространства могут быть приняты концентрация некоторого компонента, температура, скорость движения материалов, размеры частиц, время пребывания материалов в аппарате, внешние пространственные координаты и т.д. В этом случае динамические уравнения (1.1) должны быть дополнены также уравнениями сохранения механики гетерогенных сред с учетом флуктуаций соответствующих величин.

Для математического моделирования кинетики некоторых процессов переработки гетерогенных систем также можно использовать теорию разрывных марковских процессов на основе системы дифференциально-разностных уравнений Колмогорова [9]:

$$\frac{dP_{x_i}(t)}{dt} = I_{x_{i-1}} P(t)_{x_{i-1}} - (I_{x_i} + m_{x_i}) P_{x_i}(t) + m_{x_{i+1}} P_{x_{i+1}}(t), \quad (1.3)$$

где  $x_i = \overline{x_{in}, x_{ik}}$ , интенсивности  $I_{x_i}$  и  $m_{x_i}$  характеризуют скорости осуществления прямого и обратного процессов.

Некоторые аспекты математического моделирования нелинейных химических, химико-технологических и теплофизических процессов и обзор подобных работ рассмотрены также, например, в работах [10-11].

Рассмотрим применение вышеописанного подхода для математического моделирования кинетики некоторых процессов переработки дисперсных сред.

### 1. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КИНЕТИКИ ПРОЦЕССОВ СМЕШЕНИЯ КОМПОЗИЦИЙ, СОДЕРЖАЩИХ ТВЕРДУЮ ФАЗУ

Смешение представляет собой процесс пространственного распределения компонентов смеси с целью получения однородной по составу, физико-механическим и химическим свойствам смеси и носит случайный характер. Оценка качества смеси обычно проводится через законы распределения определяющих параметров или их числовые характеристики.

Процесс смешения гетерогенных систем происходит под действием некоторого силового поля. Пусть  $X_i(t)$  – случайные величины, определяющие количество несмешанных частиц или объединений частиц  $i$ -го сорта в момент времени  $t$  в некотором выделенном характерном объеме перерабатываемых материалов в соответствующем аппарате,  $x_i$  – те целочисленные значения, которые эти случайные величины могут принимать. Будем наблюдать за изменением случайной величины  $X_i(t)$  и обозначим через  $P_{x_i}(t) = P\{X_i(t) = x_i\}$ , где  $x_i = \overline{x_{ik}, x_{in}}, x_{in}, x_{ik}$  – соответственно начальное и предельное конечное числа частиц или групп частиц  $i$ -го сорта. В процессе смешения под действием силового поля происходит либо увеличение, либо уменьшение, либо одновременное увеличение и уменьшение числа частиц (групп частиц)  $X_i(t)$ , т.е. образование и распад (сегрегация) элементов смеси. Тогда исследуемому процессу можно поставить в соответствие марковский процесс рождения и гибели частиц (групп частиц)  $i$ -го сорта, который описывается системой уравнений (1.3). Интенсивности рождения  $I_{x_i}$  и гибели  $m_{x_i}$ , характеризующие процесс смешения, зависят от состояния системы, физико-механических свойств смешиваемых материалов, конструкций аппарата, условий и продолжительности процесса. Причем, вопрос выбора конкретного вида интенсивностей процесса  $I_{x_i} = I_{x_i}(x_i, t)$  и  $m_{x_i} = m_{x_i}(x_i, t)$  может быть решен на основании экспериментальных исследований физики (механизма) процесса и дискриминации конкурирующих гипотез с учетом физических особенностей реализации соответствующего процесса.

Из системы уравнений (1.3) можно получить уравнения относительно моментов распределения случайных величин. Для этого, если каждое уравнение системы (1.3) умножить на  $x_i$  в соответствующем состоянии и просуммировать их, то после несложных преобразований удастся получить дифференциальное уравнение вида:

$$\frac{ds(t)}{dt} = f(s). \quad (2.1)$$

Здесь следует отметить, что при непрерывном добавлении (удалении) дисперсного материала в смеситель в процессе смешения правая часть системы уравнений (2.1) должна быть дополнена членами, характеризующими пуассоновские потоки с соответствующими интенсивностями  $n_i(t)$ .

Полученное кинетическое уравнение (2.1) описывает изменения математического ожидания соответствующих величин, характеризующих процесс смешения, т.е. величина  $s(t)$  является средним абсолютным или среднеквадратичным отклонением концентрации соответствующего компонента от значения, заданного рецептурным соотношением.

При смешении бинарных смесей в периодическом режиме уравнение (2.1), например, имеет вид:

$$a) \frac{ds(t)}{dt} = -k(s^2 - s_p^2) \text{ при } m_{x_1} = m(x_1^2 - x_{1k}^2), \quad I_{x_1} = I(x_1^2 - x_{1k}^2), \quad (2.1.1)$$

$$б) \frac{ds(t)}{dt} = -k_2 s^2 + k_1 s \text{ при } m_{x_1} = m x_1^2, \quad I_{x_1} = I x_1(x_{1n} - x_1). \quad (2.1.2)$$

При соответствующих постулатах относительно интенсивностей гибели и рождения  $m_{x_1}$  и  $I_{x_1}$  можно получить и другие кинетические уравнения. Для выбора наилучшей модели необходимо провести дискриминацию гипотез на основе анализа остатков и критерия Уилкса [12].

Из полученных моделей (2.1.1.) и (2.1.2) некоторое предпочтение можно отдать модели (2.1.2). При выводе уравнений (2.1.1) и (2.1.2) был принят механизм образования смеси в виде схемы:



где  $A$  и  $B$  – группы частиц сортов  $A$  и  $B$ , представляющих собой наименьшее число частиц, из которых может образоваться элемент смеси ( $AB$ ). В случае приготовления бинарных смесей  $X(t)$  означает число несмешанных групп частиц сортов  $A$  и  $B$  ( $i = 1, 2$ ), причем  $X_1(t) = X_2(t)$ . При выводе уравнения (2.1) также учтено, что  $m_{x_1}(t) = \sum_{x_{1i}=x_{1k}}^{x_{1n}} x_{1i} P_{x_{1i}}(t)$  – математическое ожидание (среднее число) несмешанных элементов сорта  $A$ ,  $m_x \cdot Q_A / Q = C_{A\text{несм.}}$  – концентрация несмешанных частиц сорта  $A$ , где  $Q_A$  – вес или объем одного несмешанного элемента (группы) частиц сорта  $A$ ,  $Q$  – вес или объем выделенного объема смеси,  $C_{A\text{несм.}}$  с точностью до постоянной величины совпадает с абсолютным отклонением концентрации компонента  $A$  от значения, заданного рецептурным соотношением, т.е.  $|C_A - m_A|$ .

При приготовлении смесей в полунепрерывном режиме кинетическое уравнение (2.1), например, имеет вид:

$$\frac{ds(t)}{dt} = - \left[ k(t) + \frac{q_{cp} + \mathbf{1} \sin wt}{q_o + q_{cp} \cdot t + \mathbf{1}(1 - \cos wt)/w} \right] s(t) + \frac{q_A(t)}{q_o + q_{cp} \cdot t + \mathbf{1}(1 - \cos wt)/w} \quad (2.1.3)$$

при линейной зависимости интенсивностей  $m_{x_1}$  и  $I_{x_1}$  от  $x_1$  и подаче компонентов в смеситель по закону  $n(t) = n_o + \mathbf{1}_o \sin wt$ , где  $q_A(t) = q_{Acp} + \mathbf{1}_A \sin wt$  – производительность дозатора по компоненту  $A$ ,  $q_o$  – начальная загрузка смесителя,  $q_{cp}$  – мгновенная средняя производительность дозаторов,  $\mathbf{1}$  и  $w$  – амплитуда и частота в подаче компонентов.

Работа смесительного комплекса в полунепрерывном режиме дает возможность сократить общее время приготовления смеси по сравнению с периодическим режимом смешения.

Этот выигрыш во времени в конкретных условиях в зависимости от времени загрузки  $t_3$  и вида смесителя может составить до 25-35 % от времени смешения. На рис. 1 приведены расчетные данные по кинетике смешения в полунепрерывном режиме и их сравнение с опытными данными.

Таким образом, работу смесительных комплексов целесообразно осуществлять в полунепрерывном режиме по сравнению с периодическим. Это особенно важно при эксплуатации крупногабаритных аппаратов, заполнение которых происходит в течение значительного времени.

Аналогичным образом можно описать кинетику процессов смешения в непрерывнодействующих смесителях. Используя кинетические зависимости, можно оценить влияние пульсаций в подаче компонентов в смеситель на качество готовой смеси и сглаживающую способность смесительного комплекса.

Подобным подходом также удастся описать кинетику процессов смешения и многокомпонентных смесей.

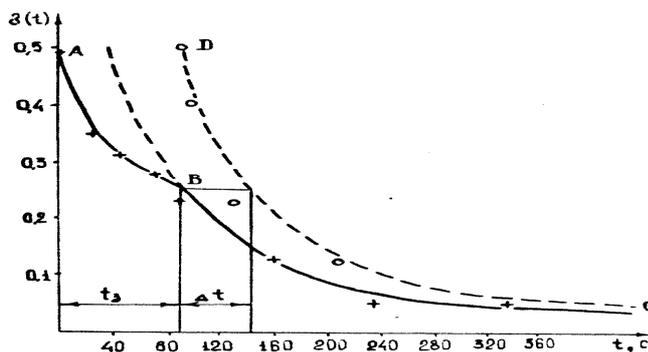


Рис. 1. Сравнение опытных и расчетных данных по кинетике смешения кварцевого песка с NaCl в двухвальном лопастном смесителе в полунепрерывном режиме.

Кривая АВ соответствует полунепрерывному режиму смешения в период загрузки  $t_3 = 90$  с, а кривая ВС – периодическому режиму. Соотношение компонентов 0,417:0,583;  $q_0 = 0,5$  кг;

$$q_A = 0,01156 \text{ кг/с}; q_B = 0,01624 \text{ кг/с}; q = 3 \text{ кг}; \Delta t = 55,7 \text{ с}, s(t = 325 \text{ с}) = 0,022.$$

Для более подробной оценки качества смесей необходимо определить плотность вероятности  $W(s, t)$  из уравнения (К.-Ф.-П.) (1.2), которое строится по кинетическому уравнению (1.1), используя для этого выражение (2.1). Тогда уравнение (1.2) в случае системы с сосредоточенными параметрами (периодический процесс смешения) можно записать в виде:

$$\frac{\partial W(s, t)}{\partial t} = -\frac{\partial}{\partial s} [f(s)W(s, t)] + \frac{\partial^2}{\partial s^2} [bW(s, t)], \quad (2.3)$$

которое решается при следующих начальном и граничном условиях:

$$W(s, 0) = j(s), \quad (2.4.1)$$

$$G[W(s_{\min}, t)] = 0, \quad G[W(s_{\max}, t)] = 0, \quad (2.4.2)$$

$$G[W(s, t)] = -f(s)W(s, t) + \frac{\partial}{\partial s} [bW(s, t)],$$

где  $s_{\min}, s_{\max}$  – соответственно минимально и максимально возможные значения  $s$ .

При описании кинетики реальных процессов смешения значение параметра « $b$ » обычно меняется в пределах от  $10^{-2}$  до  $10^{-6}$ . Поэтому необходимо учитывать малость параметра « $b$ » при старшей производной и при решении задачи (2.3)-(2.4) пользоваться асимптотическими методами [13]. Решение исходной задачи (2.3)-(2.4) может быть представлено в виде:

$$W(s, t) = W_{cm}(s) + \sum_{n=1}^{\infty} A_n \exp(-I_n t) Y'_n(s), \quad (2.5)$$

где  $I_n = \frac{m_n^2}{b}$ ,  $Y_n(s) = y(s) \tilde{Y}_n(s)$  определяют соответственно, собственные значения и функции исходной задачи:

$$W_{cm}(s) = \frac{p(s)}{\int_{s_{\min}}^{s_{\max}} p(s) ds}, \quad p(s) = \exp\left[\frac{1}{b} \int f(s) ds\right],$$

$$y(s) = \exp\left[\frac{1}{2b} \int f(s) ds\right], \quad (2.6)$$

$$A_n = \int_{s_{\min}}^{s_{\max}} [j(s) - W_{cm}(s)] (Y'_n(s) / p(s)) ds \Big/ \int_{s_{\min}}^{s_{\max}} [Y'_n(s)]^2 / p(s) ds \cdot$$

На рис. 2 приведены результаты некоторых расчетов и сравнения их с опытными данными. При этом относительная погрешность не превышает 15 ÷ 18 %.

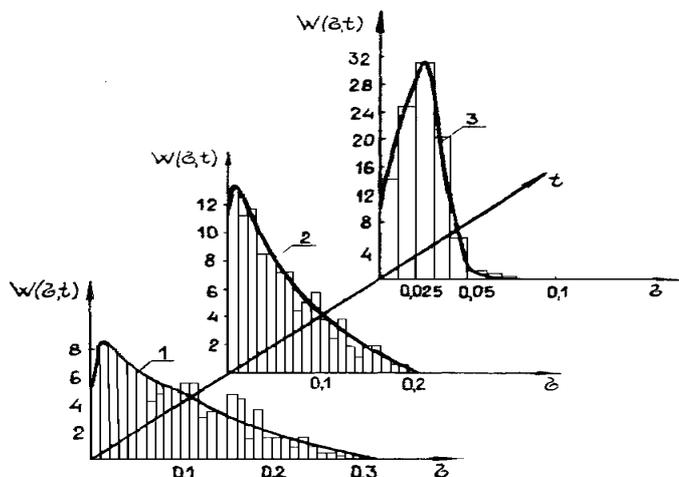


Рис. 2. Сравнение опытных и расчетных значений  $W(s, t)$  при смешении кварцевого песка с 10 % водным раствором NaКМЦ в двухвальном лопастном смесителе при начальном распределении  $j(s) = 0,7d(s - 0,3) + 0,3d(s - 0,7) : 1 - t = 17$  мин.,  $s_{cp} = 0,1$ ;  $2 - t = 30$  мин.,  $s_{cp} = 0,061$ ;  $3 - W_{cm}(s), s_{cp} = 0,025$

Следует отметить, что для описания кинетики процесса смешения можно пользоваться несколько упрощенным, более удобным в плане численных и практических реализаций подходом. В этом случае среднюю кинетику можно оценить, используя зависимости типа (2.1), без подробной ее оценки при помощи плотности вероятности  $W(s, t)$ . В результате определяются время достижения стационарного состояния (распределения) и минимальное время смешения  $t_{min}$ , необходимое для получения смеси с заданными свойствами. А конечное состояние смеси можно оценить через плотность вероятности  $W_{cm}(s)$ , т.е. описать продукт более детально. Данный подход применим и для описания кинетики других процессов обработки гетерогенных сред, таких как: измельчение, эмульгирование, классификация, массообмен и др.

## 2. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ

Пусть измельчение осуществляется в некотором аппарате, в который загружен измельчаемый материал с объемом  $Q$ , начальной удельной поверхностью  $S_n$  и средним диаметром:

$$d_n = \int_{d_{min}}^{d_{max}} Y f(Y) dY,$$

$f(Y)$  – начальная дифференциальная функция распределения частиц по размерам.

Процессу измельчения можно поставить в соответствие марковский процесс рождения и гибели, который описывается системой дифференциально-разностных уравнений Колмогорова (1.3). В данном случае  $X(t)$  означает число частиц в аппарате в момент времени  $t$ , а интенсивности рождения  $I_x$  и гибели  $m_x$  означают, соответственно, интенсивности дробления и агломерации, которые можно принять в виде:

$$I_x = I_1(t)(x_k - x), \quad m_x = m_1(t)(x_k - x). \tag{3.1}$$

После перехода к системе уравнений (1.3) с учетом зависимости (3.1) и математическому ожиданию случайной величины  $X(t)$  можно получить следующее кинетическое уравнение:

$$\frac{dm_x(t)}{dt} = I(t)[m_k - m_x(t)] = f_1(m_x(t)), \quad (3.2)$$

где  $m_x(t)$  и  $m_k$  – среднее число частиц в аппарате в момент времени  $t$  и в конце процесса измельчения,  $I(t)$  – параметр процесса. Число частиц  $m_x(t)$  и средний их диаметр частиц связаны соотношением:

$$m_x(t) = \frac{6Q}{\rho d^3(t)}. \quad (3.3)$$

Тогда уравнение (3.2) может быть записано в виде:

$$\frac{dd(t)}{dt} = f_2(d(t)). \quad (3.2.1)$$

Решение уравнения (3.2) с учетом (3.3) и начального условия  $d(0) = d_n$  в терминах  $d(t)$  и  $S(t)$  имеет вид:

$$\left(\frac{d_k}{d(t)}\right)^3 = 1 - \left[1 - \left(\frac{d_k}{d_n}\right)^3\right] \exp\left[-I\left(t + \frac{b}{2}t^2\right)\right] \quad (3.4.1)$$

$$\left(\frac{S(t)}{S_k}\right)^3 = 1 - \left[1 - \left(\frac{S_n}{S_k}\right)^3\right] \exp\left[-I\left(t + \frac{b}{2}t^2\right)\right] \quad (3.5.1)$$

при  $I(t) = I(1 + bt)$  и

$$\left(\frac{d_k}{d(t)}\right)^3 = 1 - \left[1 - \left(\frac{d_k}{d_n}\right)^3\right] \exp\left[-\frac{I}{a}(e^{at} - 1)\right] \quad (3.4.2)$$

$$\left(\frac{S(t)}{S_k}\right)^3 = 1 - \left[1 - \left(\frac{S_n}{S_k}\right)^3\right] \exp\left[-\frac{I}{a}(e^{at} - 1)\right] \quad (3.5.2)$$

при  $I(t) = I \exp(at)$ , где  $I, a, b$  параметры моделей.

Здесь степень измельчения характеризуется через средний диаметр частиц  $d(t)$  или удельную поверхность  $S(t)$ . Если ввести плотность вероятности  $w(d, t)$ , то с учетом уравнения (3.2.1) уравнение (К.-Ф.-П.) (1.2) для определения этой величины может быть представлено в виде:

$$\frac{\partial W(d, t)}{\partial t} = -\frac{\partial}{\partial d}[f_2(d)W(d, t)] + \frac{1}{2} \frac{\partial^2}{\partial d^2}[bW(d, t)]. \quad (3.6)$$

Решение этого уравнения при соответствующих начальном и граничном условиях определяет функцию распределения частиц по размерам. Например, стационарное решение уравнения (3.6) имеет вид:

$$W_{cm}(d) = \frac{P_1(d)}{\int_{d_{\min}}^{d_{\max}} P_1(d) dd}, \quad P_1(d) = \exp\left[\frac{1}{2b} \int f_2(d) dd\right], \quad (3.7)$$

которое является дифференциальной функцией распределения частиц по размерам конечного измельчаемого продукта.

### 3. ПРОЦЕССЫ КЛАССИФИКАЦИИ ЗЕРНИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ ПО РАЗМЕРАМ

Для разделения зернистых материалов по размерам часто используются ситовые одно- или многоярусные классификаторы. Поступающий на классификатор материал характеризуется некоторой функцией распределения по размерам (диаметр, длина, ширина и т.д.), описываемой плотностью вероятности  $W(\bar{d})$ , где  $\bar{d}(d_1, d_2, \dots, d_n)$  – вектор размеров материала. Требуется разделить исходный материал на  $m$  фракций размерами  $(\bar{d}_j, \bar{d}_{j+1})$ . При этом доля (число) частиц  $i$ -ой фракции определяется соотношением:

$$n_{\bar{d}_j} = \int_{\bar{d}_j}^{\bar{d}_{j+1}} W(\bar{d}) d\bar{d}. \quad (4.1.1)$$

Во многих практически важных случаях необходимо выделить одну фракцию размерами  $\bar{d} \leq \bar{d}_{кр}$ , где  $\bar{d}_{кр}$  определяется технологическими требованиями, размером и формой отверстия сита. Тогда доля (концентрация) этой фракции равна:

$$n_{\bar{d}} = \int_{\bar{d}_{\min}}^{\bar{d}_{кр}} W(\bar{d}) d\bar{d}. \quad (4.1.2)$$

Концентрация  $n_{\bar{d}_j}$  или  $n_{\bar{d}}$  за счет влияния случайных возмущающих факторов во время классификации является случайной величиной и на каждом  $i$ -ом ярусе классификатора ее можно характеризовать некоторой плотностью вероятности  $W_i(n_{\bar{d}_j}, \bar{r}, t)$ . В этом случае система кинетических уравнений (1.1) может быть представлена в виде:

$$\frac{dn_{\bar{d}_j}}{dt} = F_i(n_{\bar{d}_j}, \bar{r}, \bar{z}, t) + F'_i(\bar{z}, t), \quad i = \overline{1, n}. \quad (4.2.1)$$

$$\frac{d\bar{r}}{dt} = \bar{V}_j^i + V_j'^i, \quad r_j \frac{d\bar{V}_j^i}{dt} = \sum_k \bar{f}_k + \bar{f}'(t), \quad (4.2.2)$$

где  $\bar{f}_k$  – действующие на частицы фракции  $\bar{d}_j$  детерминированные силы,  $\bar{f}'$  силы случайного воздействия,  $F_i$  – кинетическая функция, характеризующая скорость просеивания зернистого материала на  $i$ -ом ярусе,  $F'_i$  – случайные кинетические функции,  $\bar{z}$  – вектор свойств материала,  $\bar{V}_j^i$  – скорость движения частиц  $\bar{d}_j$ -ой фракции на  $i$ -ом ярусе.

Уравнение (К.-Ф.-П.) (1.2) с учетом кинетических уравнений (4.2.1)-(4.2.2) имеет вид:

$$\frac{\partial W_i}{\partial t} = - \sum_{k=1}^3 \frac{\partial}{\partial x_k} (V_{x_k}^i W_i) - \frac{\partial}{\partial n_{\bar{d}_j}} (F_i W_i) + \frac{1}{2} \sum_{k=1}^4 \sum_{s=1}^4 \frac{\partial^2 (B_{ks}^i W_i)}{\partial x_k \partial x_s}, \quad (4.3)$$

где  $V_{x_k}^i$  – компоненты средней скорости движения частиц на  $i$ -ом ярусе,  $B_{ks}^i$  – вторые инфинитезимальные моменты (коэффициенты диффузии),  $x_4 = n_{\bar{d}_j}$ . Уравнения (4.3) описывают процесс классификации на многоярусных классификаторах, которые решаются при соответствующих начальных и граничных условиях.

Для определения кинетических функций  $F_i$  необходимо найти среднюю вероятность просеивания частицы  $P$  в элементарную ячейку просеивающей поверхности. Вычислению данной вероятности посвящены, например, работы [16-17]. Тогда кинетические уравнения (4.2.1), описывающие тонкослойный процесс классификации на  $i$ -ом ярусе для выбранной фракции могут быть представлены в виде:

$$\frac{dN_i}{dt} = \frac{\partial N_i}{\partial t} + V_{icp} \frac{\partial N_i}{\partial x} = F_i(n_{\bar{d}_j}, \bar{r}, \bar{z}, t) + F_i'(\bar{z}, t) = a_{i-1}N_{i-1} - a_i N_i + b_i h_i(t), \quad a_0 \equiv 0, \quad i = \overline{1, n}, \quad (4.4)$$

где  $h_i(t)$  – дельта-коррелированные во времени случайные функции со средними значениями, равными нулю, характеризующие отклонение числа частиц данной фракции от средних величин на поверхности  $i$ -го сита.

При работе аппарата разделяемый материал в основном перемещается вдоль сита и в случае независимой работы каждого яруса уравнения (К.-Ф.-П.) (4.3) запишутся в виде:

$$\frac{\partial W_i}{\partial t} = - \frac{\partial(V_{icp} W_i)}{\partial x} - \frac{\partial(F_i W_i)}{\partial n_{\bar{d}_j}} + \frac{1}{2} \frac{\partial^2(D_i W_i)}{\partial n_{\bar{d}_j}^2}. \quad (4.5)$$

Начальное распределение  $W_i(n_{\bar{d}_j}, x, 0)$  определяется составом разделяемого материала и организацией подачи его на классификатор.

Распределение на входе задается исходным фракционным составом продукта:

$$W_i(n_{\bar{d}_j}, 0, t) = W_i(n_{\bar{d}_j}). \quad (4.6)$$

Концентрация рассматриваемой фракции может меняться от нуля до единицы. Тогда граничные условия могут быть записаны в виде:

$$W_i(0, x, t) = 0, \quad W_i(1, x, t) = 0. \quad (4.7)$$

По полученным решениям были проведены численные расчеты (вычислительный эксперимент) для конкретных условий работы классификаторов. На рис. 3 приведены результаты расчетов линейных плотностей  $N_1$  и  $N_2$  для различных фракций вдоль первого и второго сита. Эти решения позволяют поставить и решить задачи оптимизации работы классификаторов.

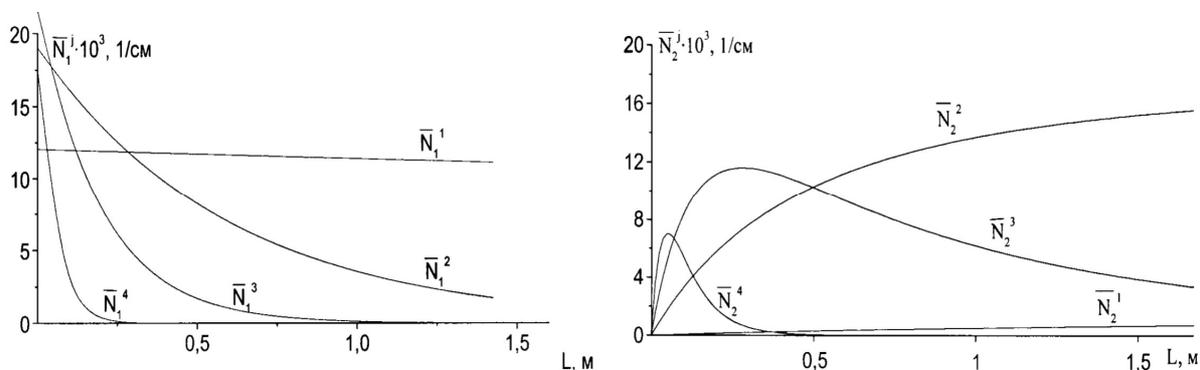


Рис. 3. Распределение линейной плотности выбранных фракций вдоль первого и второго сита:  $a_1^1 = 5,78 \cdot 10^{-3}$ ;  $a_1^2 = 8,42 \cdot 10^{-2}$ ;  $a_1^3 = 2,57 \cdot 10^{-1}$ ;

$$a_1^4 = 9,08 \cdot 10^{-1}; \quad a_2^1 = 3,66 \cdot 10^{-4}; \quad a_2^2 = 2,77 \cdot 10^{-3}; \quad a_2^3 = 7,18 \cdot 10^{-2};$$

$$a_2^4 = 6,93 \cdot 10^{-1}, \quad (c^{-1}); \quad V_{cp} = 0,05 \text{ м/с.}$$

Размеры фракций: 1 – (0,8±0,9); 2 – (0,7±0,8); 3 – (0,6±0,7); 4 – (0,5±0,6), (мм).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Теория марковских процессов совместно с методами механики гетерогенных сред, дополненная экспериментальными исследованиями для определения параметров модели, позволяет построить математические модели кинетики целого класса технологических процессов с гетерогенными рабочими средами, которые являются основой для оптимизации и управления соответствующими процессами. Построенные математические модели были использованы для описания ряда процессов переработки дисперсных систем.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кафаров В.В., Дорохов И.Н. Системный анализ процессов химической технологии. – М.: Наука, 1976.– 499 с.
2. Моисеев Н.Н. Математические задачи системного анализа. – М.: Наука, 1981.– 487 с.
3. Протодьяконов И.О., Богданов С.Р. Статистическая теория явлений переноса в процессах химической технологии. – Л.: Химия, 1983.– 397 с.
4. Непомнящий Е.А. Кинетика некоторых процессов переработки дисперсных материалов // Теорет. основы хим. технологии, 1973, т. 7, № 5. – С. 754-763.
5. Александровский А.А., Ахмадиев Ф.Г., Чураков В.С. Математическое моделирование процессов переработки дисперсных систем на основании теории марковских процессов. / В кн.: Теоретические основы химической технологии: Рефераты докладов и сообщений XII Менделеевского съезда по общей и прикладной химии. – М.: Наука, 1981. – 22 с.
6. Ахмадиев Ф.Г., Александровский А.А., Дорохов И.Н. О моделировании процессов массообмена с учетом флуктуаций физико-химических параметров. // Инж.-физ. журнал, 1982, т. 43, № 2. – С. 274-280.
7. Казаков В.А. Введение в теорию марковских процессов и некоторые радиотехнические задачи. – М.: Сов. радио, 1973. – 231 с.
8. Кляцкин В.И. Стохастические уравнения и волны в случайно-неоднородных средах. – М.: Наука, 1980. – 365 с.
9. Баруча-Рид А.Т. Элементы теории марковских процессов и их приложения. – М.: Наука, 1969. – 511 с.
10. Холпанов Л.П. Самоорганизация и динамический хаос // Теоретические основы химической технологии, 1998, т. 32, № 4. – С. 355-368.
11. Холпанов Л.П. Математическое моделирование нелинейных процессов // Теоретические основы химической технологии, 1999, т. 33, № 5. – С. 466-484.
12. Химмельблау Д. Анализ процессов статистическими методами. – М.: Мир, 1973. – 957 с.
13. Найфэ А. Методы возмущений. – М.: Мир, 1976. – 455 с.
14. Мальцев Н.Е. Об одной модификации метода ВКБ. Докл. АН СССР, 1983, т. 271, № 5. – С. 1108-1111.
15. Александровский А.А., Ахмадиев Ф.Г., Островская Э.Н. Исследование кинетики процесса эмульгирования. // Журн. прикладной химии, 1984, т. 57, № 1. – С. 187-190.
16. Гортинский В.В., Демский А.Б., Борискин М.А. Процессы сепарирования на зерноперерабатывающих предприятиях. – М.: Колос, 1973. – 304 с.
17. Beeckmans J., Hu E., Germain R., McInture A. Performance characteristics of a probability screening machine. – Powder Technol, 1985, v. 43, № 3. – P. 249-256.

## REFERENCES

1. Kafarov V.V., Dorohov I.N. The system analysis of processes of chemical technology. – M.: Science, 1976. – 499 p.
2. Moiseev N.N. Mathematical problems of the system analysis. – M.: Science, 1981. – 487 p.
3. Protodyakonov I.O., Bogdanov S.R. The statistical theory of the phenomena of carrying over in processes of chemical technology. – L.: Chemistry, 1983. – 397 p.

4. Nepomnyashy Y.A., Kinetics of the some processes of processing of disperse materials. // Theoretical bases of chemical technologies, 1973, v. 7, № 5. – P. 754-763.
5. Aleksandrovsky A.A., Akhmadiev F.G., Churakov V.C. Mathematical modeling of processes of processing of disperse systems on the basis of the theory of the Markov-processes. / Theoretical bases of chemical technologies: Abstracts of reports and messages XII of Mendeleevsky congress in the general and applied chemistry. – M.: Science, 1981. – 22 p.
6. Akhmadiev F.G., Aleksandrovsky A.A., Dorohov I.N. About modeling of processes of mass exchange taking into account fluctuations of physical and chemical parameters. // Engineering-physical magazine, 1982, v. 43, № 2. – P. 274-280.
7. Kazakov V.A. Introduction in the theory of the Markov-processes and some radio engineering problems. – M.: Sov. Radio, 1973. – 231 p.
8. Klyatskin V.I. The stochastic equations and waves in is casual-non-uniform environments. – M.: Science, 1980. – 365 p.
9. Barucha-Rid A.T. Elements of theory of the Markov-processes and their appendix. – M.: Science, 1969. – 511 p.
10. Kholpanov L.P. Self-organizing and dynamic chaos. // Theoretical bases of chemical technologies, 1998, v. 32, № 4. – P. 355-368.
11. Kholpanov L.P. Mathematical modeling of nonlinear processes. // Theoretical bases of chemical technologies, 1999, v. 33, № 5. – P. 466-484.
12. Himelblau D. The analysis of processes by statistical methods. – M.: World, 1973. – 957 p.
13. Nayfe A. Methods of indignations. – M.: World, 1976. – 455 p.
14. Maltsev N.Y. About one updating of method VKB. / Report. AS USSR, 1983, v. 271, № 5. – P. 1108-1111.
15. Aleksandrovsky A.A., Akhmadiev F.G., Ostrovskaya Y.N. Research of kinetics of the emulsify processes. // Magazine of applied chemistry, 1984, v. 57, № 1. – P. 187-190.
16. Gortinsky V.V., Demsky A.B., Boriskin M.A. Separation processes on the grainprocessing enterprises. – M.: Ear, 1973. – 304 p.
17. Beeckmans J., Hu E., Germain R., Mc. Inture A. Performance characteristics of a probability screening machine. – Powder Technol, 1985, v. 43, № 3. – P. 249-256.

УДК 697

**Садыков Р.А.** – доктор технических наук, профессорE-mail: [sadykov\\_r\\_a@mail.ru](mailto:sadykov_r_a@mail.ru)**Казанский государственный архитектурно-строительный университет****ТЕОРИЯ ПРОЦЕССОВ СТАЦИОНАРНОГО НЕЛИНЕЙНОГО ПЕРЕНОСА  
С УЧЕТОМ ФИЛЬТРАЦИИ ВОЗДУХА,  
КОНДЕНСАЦИИ ИЛИ ИСПАРЕНИЯ ПАРООБРАЗНОЙ ВЛАГИ****АННОТАЦИЯ**

Для различных канонических форм (плоскость, цилиндр, шар и др.) предлагается обобщенная математическая модель (ММ) нелинейного стационарного процесса молекулярного переноса тепла (или влаги) через многослойные ограждающие конструкции (ОК) с учетом инфильтрации или эксфильтрации паровоздушной (газовой) смеси и наличия разнообразных внутренних или поверхностных стоков (влагосодержания) или источников теплоты (ИТ). Приводится математическая формализация поставленной одномерной краевой задачи переноса и ее общее решение, на основе которого при заданных различных условиях однозначности строятся и анализируются решения многообразных конкретных физических процессов с постоянными или переменными теплофизическими характеристиками и ИТ.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** математическая модель, тепломассоперенос, ограждающая конструкция, фильтрация, влагосодержание, тепловой поток, испарение, конденсация, воздухопроницаемость.

**Sadykov R.A.** – doctor of technical sciences, professor**Kazan State University of Architecture and Engineering****THE THEORY OF THE STATIONARY NON-LINEAR TRANSFER PROCESS TAKING  
INTO ACCOUNT AIR FILTRATION, CONDENSATION  
OR EVAPORATION OF A VAPOROUS MOISTURE****ABSTRACT**

General mathematical model (MM) of the stationary non-linear molecular transfer of heat and moisture through shielding constructions (SC) with consideration of infiltration and ex-filtration of vapor-air mixture in the presence of internal heat drainages or heat sources (HS) is offered for various canonical forms (the plane, the cylinder, a sphere, etc.). Mathematical formalization of the one-dimensional transfer problem and its general solution are presented. On the basis of this general solution and under given set of various uniqueness conditions, solutions of concrete diverse physical processes with constant or variable thermo-physical characteristics and heat sources are constructed and analyzed.

**KEYWORDS:** mathematical model, heat and mass transfer, protecting design, filtration, moisture content, thermal stream, evaporation, condensation, air penetration.

**Введение.** Процессы тепло- и массопереноса, фильтрации парогазовых смесей и жидкостей через капилляры твердых ОК весьма сложны и тесно взаимосвязаны. Кроме того, в зависимости от периода года эти процессы сопровождаются такими физическими явлениями, как испарительное охлаждение или конденсационный нагрев. Осуществление же плотного наружного слоя ОК помещений возможно не во всех случаях, т.к. такое конструктивное решение может ухудшить влажностное состояние ограждения из-за трудностей воздухопроницаемости в ОК, а следовательно, и ее просушки в летний период года [1-5].

Современные многослойные энергосберегающие ОК (под которыми в широком смысле могут подразумеваться также тепловые или инженерные сети, емкости и резервуары для подогрева, охлаждения или хранения каких-либо жидкостей или газов и т. п.) в основном состоят из капиллярно-пористых твердых материалов, которые находят все большее применение не только в строительстве, но и во многих других отраслях промышленности (высокотемпературные теплообменники; тепловые, электрические и инженерные сети; турбинные лопатки; ракетные сопла; обшивка скоростных летающих аппаратов; обмуровка тепло- и электрогенерирующих

установок, системы ядерных реакторов с внутренним охлаждением и т. д.), где различные элементы оборудования подвержены достаточно высоким термическим напряжениям, возникающим в результате больших градиентов температуры  $\nabla t$  [6-10].

**Основная часть.** Перенос тепловой энергии в ОК происходит через твердый скелет материала, жидкую и парообразную влагу, которые содержатся в капиллярно-пористых телах. Уравнение стационарного нелинейного переноса с учетом фильтрации (газа, парогазовой смеси, жидкости) и наличия внутренних объемных стоков (влаги) или ИТ при общепринятых допущениях [1-5] в одномерном случае применительно к каноническим формам в соответствующих системах координат в общем случае может быть записано в виде обыкновенного дифференциального неоднородного уравнения второго порядка [11-12]:

$$\left[ I(t)t' \right]' + \frac{\Gamma-1}{r} [I(t)t]' + \operatorname{sgn}[G]G(t)c_p(t)t' + \operatorname{sgn}[I]I(t) = 0, \quad (1)$$

где  $t(r)$  – температура;  $r$  – текущая координата,  $r \in [0, h]$ ,  $h$  – толщина многослойной ОК;  $\lambda$  – коэффициент теплопроводности ОК (возможно с учетом её объемной пористости  $\Pi$ );  $\Gamma$  – постоянная формы ( $\Gamma=1;2;3$  – соответственно неограниченная пластина, цилиндр или квадратный брусок, шар или куб);  $c_p$  – изобарная теплоемкость паровоздушной смеси;  $G$  – плотность потока паровоздушной смеси, здесь «+» означает процесс эксфильтрации, «-» – инфильтрации паровоздушной смеси;  $I(t)$  – мощность внутреннего ИТ (+) или стока (-); «'» (верхний штрих) – дифференцирование по  $r$ ;  $\operatorname{sgn}[\cdot]$  – (сигнум) функция «знак».

Если  $I=\operatorname{const}$ , то в рассматриваемой области термических сопротивлений действует непрерывно равномерно распределенный положительный или отрицательный ИТ.

Если  $I(t) \neq \operatorname{const}$ , то в этой области действуют местные, сосредоточенные или распределенные положительные или отрицательные ИТ.

При обобщенном физическом описании процессов охлаждения ОК (возможно и испарительного) или нагрева (возможно и конденсационного) аналогично уравнению (1) могут быть составлены тепловые балансы как для области  $r \in [-\infty, 0]$ , так и для области  $r \in [h, +\infty]$ , которые приводят к новым дифференциальным уравнениям набегающего к ОК и отходящего от ОК потоков газа (или жидкости) с соответствующими для новых закрытых интервалов  $r$  граничными условиями. В этом случае к дифференциальному уравнению (1) добавляются в зависимости от условий задачи еще один или два дифференциальных уравнения второго порядка и соответственно два или четыре граничных условия. Таким образом, обобщенная ММ даже только для стационарного теплопереноса в ОК должна содержать в себе три дифференциальных уравнения второго порядка и шесть граничных условий для нахождения соответствующих констант интегрирования. В этом случае температурное поле  $t(r)$  в ОК выражается через температуры окружающего воздуха (газа, жидкости, теплоносителя или хладагента) по обе ее стороны. В более упрощенном варианте эти граничные дифференциальные уравнения для ОК заменяются краевыми условиями третьего рода с возможным учетом на границе поверхностей ОК поверхностных стоков или ИТ [6-9].

В свою очередь, уравнение (1) с граничными условиями третьего рода может быть заменено более простыми граничными условиями первого рода при условии ввода постоянных фиктивных (эквивалентных) пограничных слоев. Анализ конвективного теплообмена показывает, что в этом случае граничные условия третьего рода фактически отображаются в граничные условия первого рода. Тогда при интегрировании уравнения (1) и наличии в граничных условиях двух изотермических поверхностей можно использовать преобразование Кирхгофа [7, 9], которое через новую вспомогательную переменную  $q$  и средний коэффициент теплопроводности  $I_c$  приводит дифференциальное уравнение (1) к формализации следующей краевой задачи:

$$\left\{ \begin{aligned} q'' + \frac{\Gamma-1}{r} q' + \operatorname{sgn}[G] \frac{G(q)c_p(q)}{I_c} q' + \operatorname{sgn}[I] \frac{I(q)}{I_c} &= 0, \end{aligned} \right. \quad (2)$$

$$q(0) = q_1 = t_1, \quad (3)$$

$$q(h) = q_2 = t_2, \quad (4)$$

$$I_c q' = I(t) f', \tag{5}$$

где  $I_c = \frac{1}{\Delta t} \int_{t_1}^{t_2} I(x) dx$ ,  $\Delta t = t_2 - t_1$ ,  $t_2 > t_1$ ,  $t_1$  и  $t_2$  – температуры противоположных

поверхностей ОК. Направление потока тепла относительно  $r \geq 0$  определяется граничными условиями задачи.

Формализованную задачу (2)-(4) можно переписать в критериальном виде через критерии Пекле ( $Pe$ ) и Померанцева ( $Po$ ) и безразмерных масштабах температуры ( $T$ ) и термического сопротивления ( $\bar{R}$ ), что особенно удобно, т. к. позволяет перевести многослойную ОК в однослойную.

В этом случае, опуская промежуточные преобразования, задачу (2)-(4) можно записать в виде:

$$\begin{cases} T'' + \frac{\Gamma - 1}{R} T' + \text{sgn}[Pe] Pe(T) T' + \text{sgn}[Po] Po(T) = 0, & (6) \\ T(0) = 0, & (7) \\ T(1) = 1, & (8) \end{cases}$$

где  $T = \frac{q - q_1}{q_2 - q_1} \in [0, 1]$  – безразмерная температура,  $\bar{R} = \frac{R}{R_0} \in [0, 1]$  – безразмерное

термическое сопротивление, здесь  $R = r/I$  – текущее термическое сопротивление,  $R_0$  – общее термическое сопротивление (суммарное, приведенное, требуемое или многослойной стенки), которое выбирается в зависимости от принятых граничных условий;  $Pe = G(T) c_p(T) R_0$  (в строительной теплофизике выражение  $G c_p R_0$  называют относительным коэффициентом фильтрационного теплообмена [3], характеризующим отношение тепловой емкости потока воздуха  $G c_p$  к коэффициенту теплопередачи ограждения  $K = 1/R_0$ ). Если учесть объемную

пористость ОК, то  $Pe = \frac{G(T) c_p(T)}{1 - \Pi} R_0$ ;  $Po = I(T) h^2 / I_c \Delta T$ , в этой постановке задачи  $\Delta T$  в критерии Померанцева можно опустить, т. к. максимальный перепад температур равен единице; «'» (верхний штрих) – дифференцирование по  $\bar{R}$ .

Если известны пределы изменения  $Pe$  и  $Po$ , то знак сигнатуры в уравнении (6) в принципе можно опустить, если рассматривать эти критерии только в интервале  $[0, 1]$ . Тогда критерии Пекле и Померанцева запишутся в виде  $\bar{Pe} = (Pe - \inf Pe) / (sup Pe - \inf Pe)$ ,  $\bar{Po} = (Po - \inf Po) / (sup Po - \inf Po) \in [0, 1]$ . В этом случае все зависимые и независимые переменные и параметры поставленной краевой задачи безразмерны и лежат в четырехмерном нормированном единичном пространстве  $(T, \bar{R}, \bar{Pe}, \bar{Po})$ . Тогда система (6)-(8) переписется в виде:

$$\begin{cases} T'' + \frac{\Gamma - 1}{R} T' + \bar{Pe}(T) T' + \bar{Po}(T) = 0, & (9) \\ T(0) = 0, & (10) \\ T(1) = 1. & (11) \end{cases}$$

Таким образом, приведенные преобразования значительно упрощают математическую формализацию задачи, устраняют физические размерности и знаки, решают вопросы масштабного перехода. Единственно, несколько усложняется физическая интерпретация задачи, особенно когда в вышеуказанном пространстве строится графическое решение задачи, где фактически как бы «теряются» направленность потока ( $G$ ) и знак ИТ ( $I$ ) из-за отсутствия отрицательных значений параметров задачи на закрытом интервале  $[0, 1]$ , но это усложнение легко устраняется при обратном переходе к первоначальным параметрам поставленной задачи.

Рассмотрим в качестве примеров несколько упрощенных частных случаев решения

поставленной краевой задачи, часть из которых сводится к известным решениям, изложенным, в частности, в [1-9].

I. При  $\Gamma=1$ ,  $I(t)$ ,  $Pe = const$ ,  $Po = const$  и искусственно опущенного знака сигнатуры (т. к.  $Pe$  и  $Po \notin [0,1]$ ), краевую задачу (6)-(8) можно записать в форме:

$$\begin{cases} T'' + Pe T' + Po = 0, & (12) \\ T(0) = 0, & (13) \\ T(1) = 1, & (14) \end{cases}$$

где при  $Pe < 0$  происходит инфильтрация в ОК, при  $Pe > 0$  – эксфильтрация, при  $Pe = 0$  – фильтрация воздуха отсутствует; при  $Po < 0$  действует отрицательный ИТ, при  $Po > 0$  – положительный ИТ, при  $Po = 0$  – ИТ отсутствует.

Аналитическое решение краевой задачи (12)-(14) получено в виде:

$$T = \frac{e^{-Pe \bar{R}} - 1}{e^{-Pe} - 1} \left( 1 + \frac{Po}{Pe} \right) - \frac{Po}{Pe} \bar{R}, \quad (15)$$

которое уже охватывает все комбинации вышеперечисленных частных случаев параметров переноса ( $Pe$ ,  $Po$ ) при заданных условиях однозначности.

Таким образом, в зависимости от знака и величины  $Pe$  или  $Po$ , имеем различные ММ, отражающие соответствующие им физические процессы (явления). При условии же ввода в уравнение (12)  $\bar{Pe}$  и  $\bar{Po} \in [0,1]$  обобщенная физическая интерпретация поставленной задачи и полученное в этом масштабе решение несколько усложняется ввиду отсутствия в ММ и ее решении отрицательных значений  $\bar{Pe}$  и  $\bar{Po}$ . Кроме того, необходимо отметить, что частное решение (15), несмотря на видимую простоту, получено все же при функциональной зависимости коэффициента теплопроводности от температуры  $I[t(r)]$ . Поэтому, если  $I(t) \neq const$ , то для получения профиля  $t(r)$  необходимо полученное решение  $T(\bar{R})$  первоначально перевести в  $q(r)$ , а далее обратным переходом через преобразование Кирхгофа (5) найти уже поле температур  $t(r)$  в исходных обозначениях поставленной задачи. Алгоритм такого перехода рассмотрен на нижеследующем примере.

II. При  $\Gamma = 2$ ,  $I(t) = I_0(1 + bt)$  ( $I_0$  – известный коэффициент при контрольной температуре  $t_0$ ,  $b$  – температурный коэффициент теплопроводности),  $Pe = 0$  и  $Po = 0$  получим промежуточное известное решение задачи (2)-(4) в виде:

$$q = t_1 + (t_2 - t_1) \frac{\ln(r/r_1)}{\ln(r_2/r_1)}. \quad (16)$$

Исходная же зависимая переменная  $t(r)$  находится при помощи полуопределенного интегрирования (5) и для случая линейной зависимости  $I(t)$  получим квадратное уравнение вида:

$$\frac{b}{2} t^2 + t = t_1 + \frac{b}{2} t_1^2 - \frac{I_c}{I_0} (t_1 - q), \quad (17)$$

где

$$I_c = I_0 \left[ 1 + \frac{b}{2} (t_1 + t_2) \right], \quad (18)$$

решая которое относительно  $t$  (корень из физических соображений берется с положительным знаком радикала) с учетом (16) и (18), получим:

$$t = \frac{1}{b} \left\{ (1 + bt_1) \sqrt{1 - \left[ 1 - \frac{(1 + bt_2)^2}{(1 + bt_1)^2} \right] \frac{\ln(r/r_1)}{\ln(r_2/r_1)} - 1} \right\}. \quad (19)$$

Сравнение случаев постоянного и переменного коэффициентов теплопроводности показывает, что непостоянство коэффициента теплопроводности при  $b > 0$  повышает, а при  $b < 0$  понижает теплообмен. Тогда формула для расчета прироста относительного изменения потока тепла из-за непостоянства коэффициента теплопроводности будет:

$$\Delta q = \frac{q(b) - q}{q} \text{ (для } b > 0) \quad \text{или} \quad \Delta q = \frac{q - q(b)}{q(b)} \text{ (для } b < 0). \quad (20)$$

В связи с тем, что термические напряжения сильно (особенно для высокотемпературных процессов) зависят от  $\nabla t$ , то из (20) следует, что переменная теплопроводность может существенно влиять не только на распределение температур и теплообмен, но также и на величину и распределение термических напряжений, что подтверждается многочисленными практическими примерами из области авиа- и машиностроения, строительной индустрии и промышленной энергетики.

III. При  $\Gamma = 2$ , линейной зависимости  $I(t)$ ,  $Pe = 0$  и  $Po = const$  общее решение дифференциального уравнения (2) путем промежуточной замены переменной  $U = q + \frac{I}{4I_c} r^2$  можно свести к решению дифференциального уравнения для ранее рассмотренного случая II (когда  $Po = 0$ ). Тогда общее решение уравнения (2) при  $Po = const$  с учетом указанной замены запишется в виде:

$$q = c_1 \ln r - \frac{I}{4I_c} r^2 + c_2, \quad (21)$$

а после определения  $c_1$  и  $c_2$  из краевых условий (3), (4) решение  $q(r)$  будет:

$$q = \left[ t_2 - t_1 + \frac{I}{4I_c} (r_2^2 - r_1^2) \right] \frac{\ln(r/r_1)}{\ln(r_2/r_1)} - \frac{I}{4I_c} (r^2 - r_1^2) + t_1. \quad (22)$$

Для более упрощенного изложения алгоритма перехода к исходным переменным поставленной задачи примем  $t_1 = t_2 = 0$ . Тогда уравнение (22) примет вид:

$$q = \left[ \frac{I}{4I_c} (r_2^2 - r_1^2) \right] \frac{\ln(r/r_1)}{\ln(r_2/r_1)} - \frac{I}{4I_c} (r^2 - r_1^2), \quad (23)$$

а квадратное уравнение относительно  $t$  будет:

$$\frac{bI_0}{2} t^2 + I_0 t - I_c q = 0, \quad (24)$$

из решения которого следует:

$$t = \frac{1}{b} (\sqrt{1 + 2bg} - 1), \quad (25)$$

где

$$g = \frac{I}{4I_0} \left[ (r_2^2 - r_1^2) \frac{\ln(r/r_1)}{\ln(r_2/r_1)} - (r^2 - r_1^2) \right]. \quad (26)$$

При  $b = 0$  следует, что  $t = g$ , а при  $b > 0$  следует  $b \leq \frac{1}{2} \max g$ .

Из анализа полученных решений аналогично примеру II выводится оценка температурного профиля в зависимости от  $I(t)$  как при  $b > 0$ , так и при  $b < 0$ .

IV. При  $\Gamma = 1$ ,  $I = const$ ,  $Po = const$  и  $Pe = 0$  решением задачи (6)-(8) будет:

$$T = \bar{R} \left[ 1 + \frac{Po}{2} (1 - \bar{R}) \right], \quad (27)$$

а при совпадении потока тепла с положительным направлением оси  $r$  будет:

$$T = (1 - \bar{R}) \left( 1 + \frac{Po}{2} \bar{R} \right). \quad (28)$$

Численные расчеты относительной температуры  $T(\bar{R})$  для различных значений  $Po$

показали, что в зависимости от значения  $Po$  температура стенки может быть заметно больше максимальной температуры поверхности стенки при  $Po \geq 3$  и меньше минимальной температуры поверхности при  $Po \leq -3$ . Таким образом, чем выше влагосодержание (сток тепла ОК), тем глубже сдвигается фронт конденсации влаги внутрь ОК (зимний период года) и тем шире зона конденсации. Аналогично находятся смещение фронта испарения и сужение зоны конденсации в обратном направлении, т.е. к наружной поверхности ОК, когда происходит просушка ограждения (уменьшение влагосодержания и, соответственно, стока тепла в летний период года). Точное расположение фронта и зоны конденсации (испарения) можно найти из условий существования экстремума функции  $T(\bar{R})$ . Скорость смещения фронта и зоны конденсации (испарения) в том или ином направлении зависит от  $\nabla t$ , влагосодержания и энергии (формы) связи влаги с материалом ОК. Плотность теплового потока находится из уравнения  $q = -dT/dR$  и в первоначальных обозначениях при совпадении потока тепла с положительным направлением оси  $r$  примет вид:

$$q = \frac{I_c}{h}(t_1 - t_2) - I\left(\frac{h}{2} - r\right). \quad (29)$$

Из (29) следует, что  $q$  может быть со знаком «+» при совпадении с положительным направлением оси абсцисс  $r$  (когда  $t_1 > t_2$ ), и со знаком «-» при направлении в сторону уменьшения  $r$  (когда  $t_1 < t_2$ ).

Обобщенная постановка задачи (9)-(11) позволяет рассмотреть множество других вариаций параметров  $\Gamma$ ,  $I(t)$ ,  $Pe(T)$ ,  $Po(T)$  (с учетом направленности потоков и знака ИТ), но алгоритм решения будет аналогичен вышерассмотренным.

Исходное же уравнение (1) при переменных параметрах переноса [ $I(t)$ ,  $Pe(t)$ ,  $Po(t)$ ] и краевых условиях различного рода (возможно смешанных и нелинейных), учитывающих и поверхностные источники (стоки) тепла, в наиболее общем случае решается численными или приближенными методами решения обыкновенных дифференциальных уравнений, а при определенных условиях указанных параметров переноса оно может быть сведено к решению известных дифференциальных уравнений Бесселя, Лежандра или к решению линейного неоднородного дифференциального уравнения  $n$ -го порядка (в нашем случае – второго) с переменными коэффициентами вида:

$$\sum_{i=0}^n a_{n-i}(r) t^{(i)}(r) = f(r), \quad (30)$$

где  $a_i(r)$  – переменные коэффициенты неоднородного дифференциального уравнения  $n$ -порядка;  $(i)$  – верхний индекс при  $t$  означает номер производной,  $t^{(0)}=t$ ;  $a_0=1$ .

Общее решение которого есть:

$$t(r) = t_{oo}(r) + t_{чн}(r), \quad (31)$$

где  $t_{oo}(r)$ ,  $t_{чн}(r)$  – соответственно общее решение однородного уравнения ( $f(r) = 0$ ) и какое-либо частное решение неоднородного уравнения.

Если на некотором интервале известна линейно независимая фундаментальная система решений  $t_i$  ( $i = \overline{1, n}$ ) соответствующего однородного уравнения (30), то общее решение неоднородного уравнения может быть найдено методом вариации произвольных постоянных. В этом случае решение уравнения (30) ищем в виде [13]:

$$t(r) = \sum_{i=1}^n c_i(r) t_i(r), \quad (32)$$

где  $c_i(r)$  – неизвестные функции находятся из системы  $n$  уравнений:

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^n c_i'(r)t_i(r) = 0, \\ \sum_{i=1}^n c_i'(r)t_i'(r) = 0, \\ \dots \\ \sum_{i=1}^n c_i'(r)t_i^{(n-1)}(r) = f(r). \end{cases} \quad (33)$$

Разрешая систему (33) относительно  $c_i'(r)$ , получим:

$$c_i' = Y_i(r), \quad (34)$$

откуда

$$c_i(r) = \int Y_i(r)dr + \bar{c}_i. \quad (35)$$

Далее, подставляя полученные значения  $c_i(r)$  в (32), получим общее решение неоднородного уравнения (30). Например, для уравнения второго порядка система (33) примет вид:

$$\begin{cases} c_1't_1 + c_2't_2 = 0, \\ c_1't_1' + c_2't_2' = f(r). \end{cases} \quad (36)$$

Решая ее относительно  $c_1'$  и  $c_2'$ , найдем:

$$\begin{aligned} c_1(r) &= -\int \frac{t_2 f(r)}{W[t_1, t_2]} dr + \bar{c}_1, \\ c_2(r) &= \int \frac{t_1 f(r)}{W[t_1, t_2]} dr + \bar{c}_2, \end{aligned} \quad (37)$$

где  $W(r) = W[t_1, t_2] = \begin{vmatrix} t_1(r) & t_2(r) \\ t_1'(r) & t_2'(r) \end{vmatrix}$  – Вронскиан для функций  $t_i(r)$ ,  $\bar{c}_i$  ( $i=1,2$ ) – произвольные постоянные интегрирования, определяемые из краевых условий задачи.

На рис. представлены некоторые характерные профили распределения  $t(R)$  в ОК в зависимости от параметров переноса  $[I(t), Pe(t), Po(t)]$  и их знаков.

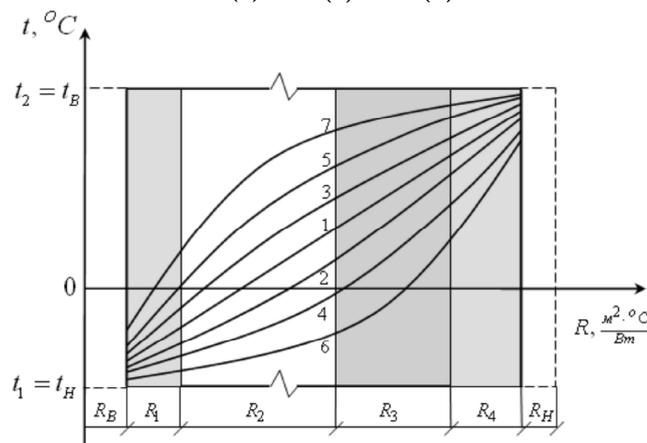


Рис. Характерные частные графические зависимости распределения  $t(R)$  в многослойной ОК:

- (1) – без учета фильтрации, ИТ и  $I = const$ ;
- (2) – с учетом воздухопроницаемости при инфильтрации воздуха; (3) – при эксфильтрации;
- (4) – с учетом инфильтрации и стока теплоты (наличия влаги в ОК); (5) – с учетом эксфильтрации и ИТ;
- (6) – кривая (4), но с учетом линейной зависимости  $I(t)$  при ( $b < 0$ );
- (7) – кривая (4), но с учетом линейной зависимости  $I(t)$  при ( $b > 0$ ).

### Заключение

Предлагаемая в критериальном виде обобщенная ММ (9)-(11) процессов нелинейного переноса в многослойной ОК позволяет независимо от масштабов исследуемого объекта и направления потоков:

–рассчитывать поля температур, тепловые потоки, а также различные коэффициенты переноса (теплоотдачи, теплопередачи, термического сопротивления, порового охлаждения, фильтрационного охлаждения) и др. производные характеристики с учетом ее влагосодержания, различного рода включений или неоднородностей для многообразных классов физических явлений или процессов;

–учитывать в расчетах полей переноса (тепла, влаги, парогазовой смеси) изменение теплофизических характеристик от толщины многослойной ОК или ее термического сопротивления;

–использовать полученные результаты для практических расчетов при проектировании многослойных ОК зданий и сооружений, тепловых инженерных сетей, разработке СНиПов, СП по тепловой защите зданий [14, 15] и т. д.;

–проводить расчеты как тепло-, так и массопереноса различных ОК для канонических систем координат (декартовой – для пластин, стен; цилиндрической – для трубопроводов; сферической – для ёмкостей): ввиду аналогии законов переноса в приведенных уравнениях символ температуры « $t$ » можно, например, заменить на символ влагосодержания « $U$ », а вместо теплообменных критериев в обобщенной задаче можно использовать массообменные и далее соответственно проинтерпретировать поставленную физическую задачу.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ильинский В.М. Строительная теплофизика (ограждающие конструкции и микроклимат зданий). – М.: «Высшая школа», 1974. – 320 с.
2. Фокин К.Ф. Строительная теплотехника ограждающих частей зданий. – М.: «АВОК-ПРЕСС», 2006. – 256 с.
3. Богословский В.Н. Строительная теплофизика (теплофизические основы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха). – СПб.: «АВОК Северо-Запад», 2006. – 400 с.
4. Ушков Ф.В. Теплопередача ограждающих конструкций при фильтрации воздуха. – М.: Стройиздат, 1969. – 144 с.
5. Hugo Nens. Building Physics – Heat, Air and Moisture. – John Willey & Sons Limited, 2007. – 270 p.
6. Исаченко В.П., Осипова В.А., Сукомел А.С. Теплопередача. – М.: «Энергоиздат», 1981. – 416 с.
7. Коздоба Л. И. Методы решения нелинейных задач теплопроводности. – М.: «Наука», 1975. – 227 с.
8. Эккерт Э.Р., Дрейк Р.М. Теория тепло- и массообмена. – М. – Л.: «Госэнергоиздат», 1961. – 680 с.
9. Исаев С.И., Кожинов И.А., Кофанов В.И. и др. Теория тепломассообмена (под ред. Леонтьева А.И.). – М.: «Высшая школа», 1979. – 495 с.
10. Садыков Р.А. Расчет теплотехнических характеристик ограждающих конструкций с учетом термодиффузии и фильтрации влаги. // Материалы Международной научно-технической конференции «Теоретические основы теплогазоснабжения и вентиляции». – М.: МГСУ, 2005. – С. 53-57.
11. Садыков Р.А., Крайнов Д.В., Иванова Р.В. Процессы переноса в ограждающих конструкциях с учетом воздухопроницаемости и стоков теплоты. // Сборник докладов 3-й Международной научно-технической конференции «Теоретические основы теплогазоснабжения и вентиляции». – М.: МГСУ, 2009. – С. 90-92.
12. Крайнов Д.В., Садыков Р.А. Расчет термического сопротивления ограждающих конструкций с интегральным учетом их воздухопроницаемости и источников теплоты. // Сборник трудов X Международного симпозиума «Энергоресурсоэффективность и энергосбережение». – Казань, 2009. – С. 187-195.
13. Матвеев Н.М. Методы интегрирования обыкновенных дифференциальных уравнений. – М.: Изд-во «Высшая школа», 1967. – 564 с.
14. СНиП 23-02-2003. Тепловая защита зданий. – М., 2003. – 31 с.
15. СП 23-101-2004. Проектирование тепловой защиты зданий. – М., 2004. – 167 с.

## REFERENCES

1. Pinsky V.M, Building thermo - physics (shielding construction and building micro climate). – M.: «Vysshaya shkola», 1974. – 320 p.
2. Fokin K.F. Constructional heat engineering of the shielding parts of a building. – M.: the AVOK-PRESS, 2006. – 256 p.
3. Bogoslovsky V.N. Constructional thermo physics (thermo-physical basis of heating, ventilation and air conditioning): the Textbook for high schools – SPb.: Publishing house «Severo-Zapad AVOK», 2006. – 400 p.
4. Ushkov F.V. The Heat transfer of shielding constructions with air filtration. – M.: Stroyizdat, 1969. – 144 p.
5. Hugo Hens. Building physics – Heat, Air and Moisture. – John Willey AND Sons Limited, 2007. – 270 p.
6. Isachenko V.P, Osipov V.A, Sukomel A.S. Heat transfer. – M.: «Energoizdat», 1981. – 416 p.
7. Kozdoba L.I. Solution methods of the nonlinear problems of heat conductivity. – M.: «Nauka», 1975. – 227 p.
8. Ekkert E.R., Drake R.M. Theory of heat and mass transfer. – M. – L.: «Gosenergoizdat», 1961. – 680 p.
9. Isaev S.I., Kozhinov I.A., Kofanov V.I., etc. Theory of heat and mass transfer (under the editorship of Leonteva A.I.). – M.: «Vysshaya shkola», 1979. – 495 p.
10. Sadykov R.A. Calculation of thermo-technical characteristics of shielding constructions taking into account thermo diffusion and moisture filtration. Materials of the International scientific and technical conference «Theoretical bases of heat and gas supply and ventilation». – M.: MGSU, 2005. – P. 53-57.
11. Sadykov R.A, Krajnov D.V, Ivanova R.V., Transfer process in shielding constructions taking into account air permeability and heat drains. The collection of reports of 3rd International scientific and technical conference «Theoretical bases of heat and gas supply and ventilation». – M.: MGSU, 2009. – P. 90-92.
12. Krajnov D.V., Sadykov R.A. Calculation of thermal resistance of shielding constructions with the integration account of their air permeability and heat sources. The collection of works of X International symposium «Effectiveness of the power resources and power savings». – Kazan, 2009. – P. 187-195.
13. Matveev N.M. Integration methods of the ordinary differential equations. – M.: «Vysshaya shkola», 1967. – 564 p.
14. СНиП 23-02-2003. Thermal shielding of buildings. – M., 2003. – 31 p.
15. СП 23-101-2004. Designing of thermal shielding for buildings. – M., 2004. – 167 p.



УДК 377

**Яруллина Л.Р.** – кандидат психологических наук, доцент

E-mail: [rusja9@rambler.ru](mailto:rusja9@rambler.ru)

**Сафин Р.С.** – доктор педагогических наук, профессор

**Вильданов И.Э.** – кандидат педагогических наук, доцент

**Абитов Р.Н.** – кандидат педагогических наук, доцент

**Казанский государственный архитектурно-строительный университет**

## **ПРОБЛЕМЫ КОМПЕТЕНТНОСТНОГО ПОДХОДА ПРИ ПОДГОТОВКЕ ПЕДАГОГА ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБУЧЕНИЯ**

### **АННОТАЦИЯ**

Проведен анализ проблем и противоречий компетентностного подхода при подготовке педагога профессионального обучения. Определены направления модернизации при подготовке педагогов профессионального обучения. Рассмотрена сущность компетенции педагога профессионального обучения и ее составляющие. Проанализирована роль компетентностного подхода в системе высшего и среднего профессионального образования при подготовке педагогов профессионального обучения.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** компетенции, компетентностный подход, педагог профессионального обучения, федеральный государственный стандарт образования.

**Jarullina L.R.** – candidate of psychological sciences, associate professor

**Safin R.S.** – doctor of pedagogical sciences, professor

**Vildanov I.E.** – candidate of pedagogical sciences, associate professor

**Abitov R.N.** – candidate of pedagogical sciences, associate professor

**Kazan State University of Architecture and Engineering**

## **PROBLEMS OF COMPETENCE-BASED APPROACH IN PREPARATION OF PROFESSIONAL EDUCATION TEACHERS**

### **ABSTRACT**

The analysis of problems and contradictions, competence-based approach in the preparation of teachers of professional education have been made. The directions of modernization in the preparation of teachers of vocational education have been identified. The essence of the competence of teachers of vocational education have been considered. The role of competence-based approach in the higher education in the preparation of professional educators have been analysed.

**KEYWORDS:** competence, competence-based approach, teachers of professional education, modernization, federal state standard.

Существует объективная необходимость повышения качества профессионального образования при подготовке педагогов профессионального обучения в контексте приоритетных направлений модернизации современной высшей и средней профессиональной школы, поиска путей и средств подготовки функционально-грамотных, профессионально-компетентных, конкурентоспособных и мобильных специалистов, умеющих быстро адаптироваться к динамично изменяющейся социально-технологической и профессионально-производственной среде, постоянно повышать свой профессиональный уровень и моделировать процессы и результаты своей профессиональной деятельности [2].

Вопрос о ключевых компетенциях стал предметом обсуждения во всем мире. Особенно актуально эта проблема звучит сейчас в связи с модернизацией российского образования, которая стала следствием необходимости осмысления специфики процесса обучения в условиях «экономики знаний» (И. Фрумин).

В отечественной образовательной педагогике и психологии определения и состав компетентностей и компетенций содержатся в работах В.И. Байденко, Э.Ф. Зеера, И.А. Зимней, Г.И. Ибрагимова, В.А. Кальней, А.М. Новикова, М.В. Пожарской, А.В. Хуторского и др.

По мнению Э.Ф. Зеера, *компетентности* – это содержательные обобщения теоретических и эмпирических знаний, представленных в форме понятий, принципов, смыслообразующих положений. *Компетентности теоретического уровня* обобщения отражают внутренние связи и отношения предметов и явлений действительности; *компетентности эмпирического уровня* – внешние свойства предметов и явлений. Таким образом, компетентности можно определить как целостную и систематизированную совокупность обобщенных знаний. Универсальные компетентности широкого спектра применения называют ключевыми. Ключевые компетенции (личностные и социальные) относят к надпрофессиональным компетенциям. В федеральных государственных образовательных стандартах высшего профессионального образования (ФГОС ВПО) они включены в состав общекультурных компетенций. Они содержат основы современного знания, принципы и закономерности множества предметов и действительности [3].

Сущностными признаками компетенций являются следующие характеристики – постоянная изменчивость, связанная с изменениями к успешности взрослого в постоянно меняющемся обществе. Рассматривая с научных подходов сущность компетенции педагога профессионального обучения, считаем, что ее главный признак – человекоориентированный характер, так как результатом ее применения является обучение профессии другого человека, и в силу этого в ее структуре выделяем три составляющие:

- 1) *социальную компетенцию* – способность педагога выступать субъектом процесса обучения в профессиональных учебных заведениях;
- 2) *психолого-педагогическую компетенцию*, являющуюся своего рода методологической базой и технологией процесса передачи профессионального опыта;
- 3) *специально-предметную компетенцию*, которая выступает в качестве содержательной, тематической основы взаимодействия педагога и обучающегося.

По сути, компетентности и компетенции – это крупные, интегральные дидактические единицы, применение которых позволяет существенно сократить время на освоение нового теоретического материала и овладение навыками работы.

Результаты образования, выраженные на языке компетенций, рассматриваются в компетентностном подходе как главные целевые установки в реализации ФГОС ВПО. Их основанием является компетентностная парадигма. Требования к выпускнику или результатам освоения основных образовательных программ (ООП) задаются в ФГОС ВПО в форме компетенций выпускника применять знания, умения и личностные качества для успешной деятельности в определенной области. Образовательные стандарты, разрабатываемые университетами с особым статусом, в части требований к результатам освоения основных образовательных программ и к условиям их реализации должны быть не ниже требований соответствующих ФГОС. При формулировании компетенций выпускника в ОС необходимо понимать, что при разработке ОС вузы могут совершенствовать формулировки тех или иных компетенций, укрупнять или перегруппировывать их, делать иную систематизацию групп компетенций [6].

Представление результатов образования в виде компетенций, которыми должен овладеть выпускник вуза, требует серьезной модернизации всей образовательной системы: образовательной среды вуза, структуры и содержания образования, условий и технологии реализации образовательного процесса, системы деятельности преподавателей, студентов, организаторов образования, средств и технологий оценки и аттестации умений и компетенций. При этом студент из объекта педагогических воздействий превращается в субъект познавательной, будущей профессиональной деятельности, что содействует повышению его познавательной, социальной и профессиональной мобильности, формирует у него активно преобразовательное отношение к окружающей действительности и к самому себе. Компетентностный подход в профессиональном образовании можно рассматривать как один из факторов активизации личности в процессе обучения, так как он связан прежде всего с усилением практической стороны обучения. Перечень обязательных компетенций для выпускников, выполняющих разные виды профессиональной деятельности (учебно-профессиональной; научно-исследовательской; образовательно-проектировочной; организационно-технологической; обучения по рабочей профессии), определен государственным стандартом по направлению 051000 Профессиональное обучение (по отраслям). В части стандарта «Требования к результатам освоения основных образовательных

программ бакалавриата» обозначено, какими общекультурными и профессиональными компетенциями должен обладать выпускник по завершении обучения.

При этом общекультурные компетенции не зависят от специфики видов профессиональной деятельности. Это обусловлено тем, что в условиях высокого уровня изменчивости социальной ситуации, возможных профессиональных ролей, определяющих специфику профессиональных требований, конкурентоспособность специалиста определяется не только имеющимися у него профессиональными знаниями и умениями, но и характеристиками самого субъекта труда. Следовательно, существенную значимость имеет то, насколько выпускник оказывается зрелой личностью, как он справляется с трудными жизненными и профессиональными ситуациями. Профессиональные компетенции же, напротив, напрямую отражают специфику осваиваемой профессии. Профессиональные компетенции изначально предполагают знания и умения, соотнесённые с возможными вариантами профессиональной деятельности специалиста. При этом профессиональная деятельность может требовать не только практических, но и интеллектуальных умений, а также специальных способностей, готовности к осуществлению этих видов деятельности, наличия определенных социально-личностных характеристик.

В качестве примера можно привести федеральный государственный стандарт высшего профессионального образования по направлению подготовки 051000 «Профессиональное образование (по отраслям)» (квалификация (степень) «бакалавр»), утверждённый 22 декабря 2009 года. Сущность концептуальных проблем реализации компетентного подхода определяется множественностью и разнонаправленностью интересов всех участвующих в этом процессе субъектов. Совершенно очевидным является не только регулярное обсуждение проблем компетентного подхода, но и более широкой проблематики, связанной с качеством образования и способами его оптимизации. Достижение заданных целей возможно только через специально организованный учебный процесс путем применения технологий обучения, создания соответствующих условий реализации ООП, направленных на системную организацию процессов преподавания и освоения образовательных программ в целях их оптимизации.

Актуальной проблемой развития концепции компетентного подхода на сегодня становится разработка средств и технологий его реализации в тех или иных образовательных сферах. В частности, это касается такой важной образовательной области, как среднее профессиональное образование. Именно здесь происходит подготовка мастера производственного обучения – центральной фигуры начального профессионального образования, по сути педагога. Грядущая профилизация общеобразовательной школы лишь упрочит эту роль мастера и расширит зону его деятельности. Профилизация образования – это, в сущности, одно из направлений его профессионализации и одновременно интеграции двух форм его существования – общей и профессиональной. Наличие этих форм во многом определяет своего рода «кальку» разделения труда, приведшего на определенном этапе исторического развития к дезинтеграции жизни человека, к противопоставлению «мыслительной деятельности деятельности практической» [5]. Компетентностная концепция образования позволяет нам говорить о предельно широкой трактовке цели педагогической подготовки, а именно о включении в нее такой составляющей, как формирование ключевых профессионально-педагогических и психологических компетенций.

Между тем, существует ряд проблем в системе общего и профессионального образования, которые, формально не затрагивая сущность и структуру компетентного подхода, очевидным образом влияют на возможности его применения. Среди них [4]:

1. Проблема учебника, в том числе возможностей их адаптации в условиях современных гуманистических идей и тенденций в образовании;
2. Проблема квалификации преподавателей и их профессиональной адекватности не только вновь разрабатываемому компетентному подходу, но и гораздо более традиционным представлениям о профессионально-педагогической деятельности;
3. Проблема противоречивости различных идей и представлений, бытующих в современном образовании буквально по всем поводам;
4. Проблема внутренней противоречивости наиболее популярных направлений модернизации, в том числе: идеи профилизации старшей школы и одновременно развития школьного самоуправления и централизации системы финансирования образования и др.

Все эти проблемы позволяют сделать вывод о несовершенности компетентностного подхода в образовании и указывают на существующие проблемы, которые неукоснительно необходимо решать.

В соответствии с целью модернизации профессионального образования необходимо создание устойчивого механизма повышения качества подготовки специалистов – педагогов профессионального обучения. Подготовку кадров для образовательных учреждений, осуществляющих подготовку учащихся по профессиям и специальностям начального, среднего и дополнительного образования, учебно-курсовой сети предприятий и организаций, центров по подготовке, переподготовке и повышению квалификации рабочих и специалистов, а также служб занятости населения – мастеров и педагогов профессионального обучения – призвана осуществлять система профессионально-педагогического образования. В условиях новой образовательной парадигмы, переориентированной с содержания предметных дисциплин на человека, и в соответствии с целью модернизации профессионального образования подготовка профессионально-педагогических кадров нового типа становится важнейшим условием возрождения не только образовательного пространства, но и всей отечественной культуры, ее интеграции в общечеловеческую и европейскую культуру. Именно профессионально-педагогические кадры обеспечивают расширенное воспроизводство главного общественного богатства людей, способных к творческому самоопределению и самореализации в своей профессиональной деятельности.

Профессиональный облик мастера и педагога профессионального обучения, их профессионально-педагогическая компетентность формируется, прежде всего, в системе профессионально-педагогического образования. Успешность профессионально-педагогической деятельности выпускников колледжей и вузов системы будет зависеть от того, насколько процесс обучения сориентирован на формирование готовности к непрерывному образованию, способность к научному познанию, необходимость в котором обусловлена возрастающими темпами развития науки и культуры, перестройки общественного сознания и отношений, изменением содержания и методов профессионального обучения. Значимость подготовки профессионально-педагогических кадров нового типа для современной системы профессионального образования подчеркивается новой стратегией их образования. Современное педагогическое образование рассматривается как гуманитарное образование, призванное обеспечить готовность выпускников средних и высших педагогических учебных заведений к трансляции общечеловеческих и культурных ценностей, которая основывается на воспитании гуманистически ориентированной профессиональной позиции, на формировании профессиональных умений моделирования и проектирования способов педагогической деятельности [1].

Таким образом, возникает необходимость развития профессионально-педагогической компетентности мастера профессионального обучения, обусловленная рядом обстоятельств. Производственное обучение – самостоятельная часть учебного процесса в учреждении профессионального образования, осуществляемая педагогом профессионального обучения. Для производственного обучения характерны закономерности процесса обучения в целом. Вместе с тем процесс производственного обучения обладает специфическими особенностями в части целеполагания, содержания, логики, дидактических принципов, организационных форм, методов, средств обучения.

Перед педагогическими коллективами, осуществляющими подготовку мастеров профессионального обучения, ставятся важные задачи, требующие глубокого методологического осмысления проблемы кардинального изменения системы подготовки. В связи с ориентацией на непрерывное профессиональное образование возникает необходимость в технологизации учебного процесса, в деятельностной организации обучения и в разработке системы средств, обеспечивающих развитие профессионально значимых качеств и управленческо-педагогических способностей будущих мастеров профессионального обучения.

Назрела необходимость научно обоснованного подхода к разрешению противоречий, проявляющихся в процессе профессиональной подготовки студентов по направлению подготовки – 051000 Профессиональное обучение (по отраслям).

Наиболее существенными из них являются противоречия между:

1. потребностью профессионально-педагогической практики в творчески работающих мастерах производственного обучения, способных к самостоятельной преобразующей деятельности, и преобладанием у нынешних мастеров вербальных методов воздействия, которые формируют пассивных, конформистски настроенных мастеров профессионального обучения;
2. необходимостью опережающего характера обучения как главного инструмента социокультурного наследования и консерватизмом системы профессиональной подготовки мастеров производственного обучения;
3. потребностью в целенаправленном системном управлении профессиональным становлением мастеров производственного обучения со стороны педагогов среднего профессионального учебного заведения и фактической разобщенностью, несогласованностью педагогических воздействий;
4. направленностью профессионально-педагогического образования на развитие каждого студента, его личностно-профессиональных способностей и методической некомпетентностью преподавателей в организации системы обучения.

Перечисленные противоречия, требующие быстрее разрешения, позволяют обосновать проблему развития профессионально-педагогической компетентности будущих мастеров производственного обучения как психолого-педагогическую.

В условиях профессионального образования установка на компетентностный подход ориентирует на воспроизводство будущей профессиональной деятельности во всей совокупности ее эмоционально-ценностных, когнитивно-познавательных и моторно-двигательных составляющих. В результате происходит единый процесс личностного и «специального» становления профессионала, способного органично интегрировать в себе теоретические знания профессионального характера, а также глубинную психолого-педагогическую подготовку.

Психологическая компетентность относится к разряду основополагающих в структуре педагогической деятельности. Под разными наименованиями («понимание учеников», «понимание душевного состояния другого», «наблюдательность» и т.п.) она входит в структуру общих педагогических способностей. Талантливые педагоги всегда отличаются хорошим знанием психологии воспитанников. Вместе с тем общеизвестно утверждение, что инструментальность и практичность получаемых в вузе психологических знаний остаются невысокими. Во многих исследованиях установлено, что большинство студентов и работающих педагогов не удовлетворены своей психологической подготовкой и в первую очередь ее практической составляющей, т.к. цель преподавания психологии формулировалась в учебных программах как научное обоснование педагогического процесса.

Кардинальные изменения в обществе и в образовании привели к серьезным изменениям в педагогической деятельности: преобразованию и расширению функций педагога (не столько транслятора знаний, сколько проектировщика и конструктора условий и средств нормального развития ребенка). Педагоги сталкиваются с необходимостью учить не только знаниям, но и способам их получения, формировать учебную деятельность студентов, строить образование как систему, создающую условия для самопроектирования и формирования многомерного сознания, способностей самоопределяться в истории и культуре, развивать у школьников техники понимания, мышления, действия, рефлексии. Образовательный процесс, ориентированный на развитие многообразных способностей человека, может строиться только на адекватной теоретической основе, ядро которой составляют психология и педагогика образования.

В современной подготовке педагога профессионального обучения недостаточно дифференцированы общетеоретическая и практическая составляющие. Наиболее очевидно это проявляется в не разработанности содержания и структуры педпрактики в психолого-педагогическом направлении. Современная экономика ориентирована на кадры, которые намного превосходят показатели образования большинства выпускников как средней, так и высшей школы. Очевидно и то, что более значимыми и эффективными для успешной профессиональной деятельности являются не разрозненные знания, но обобщенные умения, проявляющиеся в умении решать жизненные и профессиональные проблемы.

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Евдокимов В.В. Проблемы профессионально-педагогической подготовки мастеров профессионального обучения в средних профессионально-педагогических учебных заведениях // Вестник УМО по ППО, выпуск 3 (34). – Екатеринбург, 2003. – С. 100-103.
2. Зимняя И.А. Ключевые компетенции – новая парадигма результата образования // Высшее образование сегодня, 2003, № 5. – С. 34-42.
3. Зеер Э.Ф. Компетентностный подход к образованию: пленар. докл. к конф. «Образование в Урал. регионе: научные основы развития и инноваций». – Екатеринбург, 2005. – С. 23-30.
4. Запесоцкий А.С. Образование, философия, культурология, политика. – М.: Наука, 2006. – С. 43.
5. Леонтьев А.Н. Избранные психологические труды: В 2 т. – М., 1983.
6. Шехонин А.А., Караваева Е.В., Аржанова И.В. Компетенции выпускников в образовательных стандартах, самостоятельно устанавливаемых университетами // Высшее образование в России, 2011, № 4. – С. 25-26.

**REFERENCES**

1. Evdokimov V.V. Problems of vocational and educational training of masters training in secondary vocational and teacher training institutions // Herald IMO PPO, output 3 (34). – Yekaterinburg, 2003. – С. 100-103.
2. Zimnjaja I.A. Key competences – new pragmas result of education // High education today, 2003, № 5. – С. 34-42.
3. Zeer E.F. Competency approach to education: to the conference plenary talk «Education in the Urals scientific: basic for development and innovation». – Yekaterinburg, 2005. – С. 23-30.
4. Zapesozki A.C. Education, philosophy, culture, politics. – М.: Nauka, 2006. – С. 43.
5. Leontev A.N. Favorite psychological works: In 2 v. – М., 1983.
6. Shehonin A.A., Karavaeva E.V., Arganova I.V. Competence of graduates in the educational standards set by the universities themselves // High education in Russia, 2011, № 4. – С. 25-26.

---

---

**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 – 297x210мм (формат А4);
- поля: сверху – 20 мм, снизу – 20 мм, слева – 25 мм, справа – 25 мм;
- ориентация страницы – книжная.

**Параметры форматирования текста:**

- шрифт – Times New Roman;
- размер шрифта – 11 пт;
- абзацный отступ – 10 мм (не задавать пробелами);
- выравнивание – по ширине;
- заголовки полужирным шрифтом, с выравниванием по центру;
- междустрочный интервал – одинарный.

При наборе статьи исключить автоматический перенос слов. Запрещено уплотнение интервалов шрифта.

Объем публикации – не менее 5 полных страниц и не более 10 страниц, включая таблицы и иллюстрации. Иллюстративный материал не должен перегружать статью (не более 4 рис.). Таблицы и иллюстрации скомпоновать с учетом вышеуказанных полей.

Таблицы создать средствами Microsoft Word и присвоить им имена: Таблица 1, Таблица 2 и т.д. Название таблицы с порядковым номером (или номер таблицы без названия) располагается над таблицей. Текст таблицы должен быть набран шрифтом размером 10-12 пт с одинарным межстрочным интервалом.

Иллюстрации представить в виде файлов основных графических форматов (tif, jpg, bmp, gif) с именами Рис. 1, Рис. 2 и т.д. Все объекты должны быть черно-белыми (градации серого), четкого качества. Рекомендуемое разрешение – 300 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 и вставки символов использовать встроенный в Microsoft Word редактор формул Microsoft Equation или Math Type. Формулы в статье, подтверждающие физическую суть исследования (процесса), представляются без развернутых математических преобразований. Формулы компонуются с учетом вышеуказанных полей (при необходимости использовать перенос формулы на следующую строку), помещаются по центру строки, в конце которой в круглых скобках ставится порядковый номер формулы. Ссылку на номер формулы в тексте также следует брать в круглые скобки. Следует применять физические величины, соответствующие стандарту СТ СЭВ 1052-78 (СН 528-80).

Иллюстрации, формулы, таблицы и ссылки на цитированные источники, встречающиеся в статье, должны быть пронумерованы в соответствии с порядком цитирования в тексте. При этом ссылка на литературные источники берётся в квадратные скобки.

**ОБРАЗЕЦ ОФОРМЛЕНИЯ СТАТЬИ**

УДК 691.33

**Иванов И.И.** – кандидат технических наук, доцент

E-mail: [ivanov@mail.ru](mailto:ivanov@mail.ru)

**Казанский государственный архитектурно-строительный университет**

разделительный интервал

**СОВРЕМЕННЫЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ**

разделительный интервал

**АННОТАЦИЯ**

**Текст аннотации**

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** теплоизоляционные материалы, карбамидные пенопласты, модификация

разделительный интервал

**Ivanov I.I.** – candidate of technical sciences, associate professor

**Kazan State University of Architecture and Engineering**

разделительный интервал

**MODERN BUILDING MATERIAL**

разделительный интервал

**ABSTRACT**

**Текст аннотации**

**KEYWORDS:** thermal insulating materials, of carbamide foams, updating

разделительный интервал

**Текст статьи**

разделительный интервал

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

разделительный интервал

### REFERENCES\*

\* Перечень ссылок, переведённый на английский язык (названия изданий не переводить – писать в латинской транскрипции).

**Перечень библиографических ссылок обязателен!**

**Библиографические ссылки представить в соответствии с ГОСТ Р 7.0.5-2008.**

#### Примеры:

1. Баженов Ю.М. Технология бетона. – М.: Изд-во АСВ, 2002. – 500 с.
2. Драновский А.Н. Динамические параметры прочности песков // Сб. научных трудов «Материалы 49-й Республиканской научной конференции». – Казань: КГАСА, 1998. – С. 186-191.
3. Завадский В.Ф., Путро Н.Б., Максимова Ю.С. Поризованная строительная керамика // Строительные материалы, 2004, № 2. – С. 21-22.
4. Корчагина В.И. Исследование в области модификации ПВХ и биполимерных систем на его основе // Автореферат канд. дисс. на соиск. степени канд. хим. наук. – Казань, 1974. – 22 с.
5. Химическая технология керамики: Учеб. пособие для вузов / Под ред. проф. И.Я. Гузмана. – М.: ООО РИФ «Стройматериалы», 2003. – 496 с.
6. Приемопередающее устройство: пат. 2187888 Рос. 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 // PROGNOISIS.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 parameters 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 bipoymeros 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. Guzmans. – 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 // PROGNOISIS.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 (дискета 3,5 дюйма, 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.

**Стоимость публикации – 390 рублей за одну страницу, включая НДС.**

**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](mailto:patent@kgasu.ru). Ответственный исполнитель журнала – Хабибулин Марат Максutowич.

**Банковские реквизиты:**

КГАСУ  
420043, г. Казань, ул. Зеленая, 1  
ИНН 1655018025 КПП 165501001  
Сч. 40503810200001000001  
в ГРКЦ НБ РТ Банка России г. Казань  
БИК 049205001  
Л/с 03111А30890  
Код ОКАТО 92401000000

**Указать назначение платежа:** Код дохода: 07430201010010000130 реализация изд. деять-ти.

## АНКЕТА АВТОРА(ОВ)

(заполняется в электронном виде отдельным файлом, названным «Анкета», с расширением RTF)

<b>Фамилия, имя, отчество</b> (полностью), <b>учёная степень,</b> <b>звание,</b> <b>должность.</b> <b>Полное наименование организации,</b> <b>город</b> (указывается, если не следует из названия организации) (для каждого автора)	
<b>Название статьи</b>	
<b>Аннотация</b> (1 абзац от 500 до 1000 знаков с пробелами)	
<b>Ключевые слова</b> (от 5 до 10 слов или словосочетаний)	
<b>Научная тематика статьи</b>	Впишите одну из представленных: – Теория и история архитектуры, реставрация и реконструкция историко-архитектурного наследия; – Архитектура зданий и сооружений. Творческие концепции архитектурной деятельности; – Градостроительство, планировка сельскохозяйственных населенных пунктов; – Строительные конструкции, здания и сооружения; – Основания и фундаменты, подземные сооружения; – Теплоснабжение, вентиляция, кондиционирование воздуха, газоснабжение и освещение; – Водоснабжение, канализация, строительные системы охраны водных ресурсов; – Строительные материалы и изделия; – Гидротехническое строительство; – Технология и организация строительства; – Проектирование и строительство дорог, метрополитенов, аэродромов, мостов и транспортных тоннелей; – Гидравлика и инженерная гидрология; – Строительная механика; – Экология (в строительстве); – Экономика и управление народным хозяйством (в строительстве); – Системный анализ, управление и обработка информации (в строительстве); – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ (в строительстве); – Теория и методика профессионального образования (в строительном вузе).
<b>Паспортные данные</b> (номер, кем выдан, дата выдачи, адрес регистрации), <b>ИНН</b>	
<b>Адрес для переписки</b>	
<b>E-mail</b>	
<b>Контактные телефоны</b>	

## AUTHOR'S QUESTIONNAIRE

(it is filled in electronic type by separate file named «Questionnaire» with expansion RTF)

<b>Full Last name First name, Middle name</b>	
<b>Scientific degree,</b>	
<b>Scientific rank,</b>	
<b>Current position.</b>	
<b>Full name of the organization,</b>	
<b>City</b> (it is noticed if it is not clear from the name of organization)	
(for each author)	
<b>Title of the article</b>	
<b>Abstract</b> (1 paragraph from 500 to 1000 symbols with gaps)	
<b>Keywords</b> (from 5 to 10 words or phrases)	
<b>Scientific topic of the article</b>	<p>Include one of the presented:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Theory and history of architecture, restoration and reconstruction of historical-architectural heritage;</li> <li>– Architecture of buildings and constructions. Creative conceptions of architectural activity;</li> <li>– Town-planning, planning of rural settlements;</li> <li>– Building constructions, buildings and structures;</li> <li>– Ground works and foundations, underground constructions;</li> <li>– Heating, ventilation, air conditioning, gas supply and illumination;</li> <li>– Water-supply, water drain, building systems of water resources protection;</li> <li>– Building materials and making;</li> <li>– Hydraulic engineering construction;</li> <li>– Technology and organization of building;</li> <li>– Design and construction of roads, metropolitan railways, airdromes, bridges and transport tunnels;</li> <li>– Hydraulics and engineering hydrology;</li> <li>– Building mechanics;</li> <li>– Ecology (in building);</li> <li>– Economy and management of a national economy (in building);</li> <li>– System analysis, management and information processing (in building);</li> <li>– Mathematical modelling, numerical methods and complexes of programs (in building);</li> <li>– Theory and vocational training technique (in engineering higher educational institution).</li> </ul>
<b>Mailing address</b>	
<b>Telephone numbers for communication</b>	

---

---

**Известия КГАСУ**

2011 г., № 3 (17)

Гл. редактор: Низамов Р.К.

Учредитель и издатель:

ФГОУ ВПО «Казанский государственный архитектурно-строительный университет»

Редактор: Канзафарова С.М.

Макет: Хабибулин М.М., Никитина А.Р.

Адрес редакции: 420043, г. Казань, ул. Зеленая, 1

Тел. для справок: (843) 510-46-39

Журнал зарегистрирован: Регистр. ПИ № ФС77-25136

Электронное периодическое издание: <http://izvestija.kgasu.ru> Регистр. Эл № ФС 77-31046

Федеральная служба

по надзору за соблюдением законодательства в сфере массовых коммуникаций

и охране культурного наследия.

Индекс издания – 36939

Общероссийский каталог ОАО Агентства «РОСПЕЧАТЬ»

Подп. к печати 05.10.2011

Формат 60x84/8

Заказ 439

Бумага тип. № 1

Усл.-печ. л. 36,0

Уч.-изд. л. 36,5

Тираж 500 экз.

I завод-100

Отпечатано ПМО КГАСУ, г. Казань, ул. Зеленая, 1