

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 2018 г., № 1 (43)

ББК 38  
И 33  
УДК 69

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

### РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Гагарин В.Г., д-р техн. наук, проф. чл.-корр. РААСН;	Мирсаяпов И.Т., д-р техн. наук, проф.;
Есаулов Г.В., д-р арх., проф., академик РААСН;	Строганов В.Ф., д-р хим. наук, проф., почетный член РААСН;
Ильичев В.А., д-р техн. наук, проф., первый вице-президент РААСН;	Сулейманов А.М., д-р техн. наук, проф. чл.-корр. АН РТ;
Каюмов Р.А., д-р физ.-мат. наук, проф.;	Хозин В.Г., д-р техн. наук, проф.;
Королев Е.В., д-р техн. наук, проф.;	Яковлев Г.И., д-р техн. наук, проф.

### МЕЖДУНАРОДНЫЙ РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ:

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

### УЧРЕДИТЕЛЬ И ИЗДАТЕЛЬ:

ФГБОУ ВО «Казанский государственный архитектурно-строительный университет»

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

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

### АДРЕС РЕДАКЦИИ:

420043, г. Казань, ул. Зеленая, 1, ком. 79  
Тел. (843) 510-46-39, факс (843) 238-37-71  
E-mail: [patent@kgasu.ru](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 2018, № 1 (43)

BBC 38  
I 33  
UDC 69

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

### EDITORIAL BOARD:

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

### INTERNATIONAL EDITORIAL BOARD:

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

### THE FOUNDER AND THE PUBLISHER:

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

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

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

### EDITORIAL ADDRESS:

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



<b>ТЕОРИЯ И ИСТОРИЯ АРХИТЕКТУРЫ, РЕСТАВРАЦИЯ И РЕКОНСТРУКЦИЯ ИСТОРИКО-АРХИТЕКТУРНОГО НАСЛЕДИЯ</b>	
Аитов Р.Р., Афанасьева Е.А. Происхождение принципа чередования цветов в традиционной татарской архитектурной колористике	7
Балабанова Ю.П., Будкевич Н.М. Анализ опыта реновации и развития постпромышленных территорий в исторических городах	19
Ефимов Д.Д., Фахрутдинова И.А. Истоки и направления советского модернизма	28
Закирова Т.Р. Развитие типов общественных зданий Казани и принципов их размещения в конце XVIII-XIX вв.	41
Кисельникова Д.Ю., Филиппов В.Н. Строительство апартamentов в крупных российских городах на примере Новосибирска	48
Мухитов Р.К. Актуальность функционального мониторинга пешеходной зоны исторического города (на примере улицы Баумана в Казани)	55
Эль Катани Фатин, Лааунат Карим, Валеева-Сулейманова Г.Ф. Концепция вертикального города, как объекта проектирования в условиях пустыни Сахара на территории г. Марзуга в Марокко	63
<b>АРХИТЕКТУРА ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ. ТВОРЧЕСКИЕ КОНЦЕПЦИИ АРХИТЕКТУРНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ</b>	
Бурова Т.Ю. Современные тенденции в формировании выставочных экспозиций	72
Селецкая К.В., Новиков С.В. Принципы ресурсосбережения в архитектуре арктических поселений	79
Хазеева К.Р., Забрускова М.Ю. Ресурсосбережение в области проектирования общественных зданий санитарно-гигиенического назначения (на примере общественной уборной)	87
Хуснутдинова А.Ф., Забрускова М.Ю. Влияние использования альтернативной энергетики на формирование архитектуры придорожных автозаправочных станций	96
<b>ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО, ПЛАНИРОВКА СЕЛЬСКИХ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ</b>	
Гришина М.П. Современная практика архитектурно-планировочных решений и функциональной организации дворовых территорий на примере Казани	103
Закирова Ю.А., Хакимова Т.С. Влияние футурологических концепций на градостроительное планирование XX-XXI вв.	112
<b>СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ, ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ</b>	
Замалиев Ф.С. К оценке прочности сталежелезобетонного перекрытия с преднапряженными балками и плитой	120
Кузнецов И.Л., Пеньковцев С.А., Гимранов Л.Р. Перфорированная балка с поясами из стальных профилей	129
Лукашенко В.И., Абдуллин Ф.Ф., Ахметзянов Р.И. Постановка задачи определения ресурса отдельных элементов и всей конструкции при действии случайных ветровых нагрузок	136
Свирский М.Н., Бочкарева Т.М. Исследование прочностных характеристик каменной кладки, армированной тканым композитным материалом	145
<b>ОСНОВАНИЯ И ФУНДАМЕНТЫ, ПОДЗЕМНЫЕ СООРУЖЕНИЯ</b>	
Мирсаяпов И.Т., Сабирзянов Д.Д. Несущая способность основания фундаментов при комбинированных, чередующихся, длительно статических и циклических нагрузениях	153
<b>ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ, ВЕНТИЛЯЦИЯ, КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ ВОЗДУХА, ГАЗОСНАБЖЕНИЕ И ОСВЕЩЕНИЕ</b>	
Замалеев З.Х., Шигапова А.И. Диффузия паров водных растворов	164
Золотоносов Я.Д., Горская Т.Ю., Мартынов П.О. Математическая модель теплообменника с пружинно-винтовым каналом, выполненным из элементов вида овоид	171
Файзов А.И., Садыков Р.А., Антропов Д.Н. Проектирование и расчет блочного подогревателя нефти с термомасленным котельным агрегатом	179
<b>СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ</b>	
Мухаметрахимов Р.Х., Галаутдинов А.Р. Механоактивированное гипсоцементно-пуццолановое вяжущее на основе модифицированного низкомарочного сырья	187
Потапова Л.И., Фурер В.Л., Коваленко В.И. Исследование структуры и водородных связей в адамантилкаликс[6]арене методами ИК-спектроскопии и квантовой химии	196
Фурер В.Л. Изучение колебательных спектров фосфортригидразонового дендримера с концевыми фенольными группами	204
<b>ТЕХНОЛОГИЯ И ОРГАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА</b>	
Галиев И.Х., Ашрапов А.Х., Ибрагимов Р.А. Научно-техническое сопровождение объекта культурного наследия дома купца Лисицына при проведении строительно-монтажных работ по его реставрации и реконструкции	211

<b>Мавлюбердинов А.Р., Хоцянян Д.Н.</b> Технологические особенности возведения многоэтажных жилых зданий из CLT-панелей	219
<b>Мудров А.Г.</b> Конструкции и модель смешения в аппаратах с мешалкой	226
<b>Мухаметрахимов Р.Х., Лукманова Л.В., Камалиев М.И.</b> Особенности системы контроля качества при устройстве навесных вентилируемых фасадных систем	234
<b>ПРОЕКТИРОВАНИЕ И СТРОИТЕЛЬСТВО ДОРОГ, МЕТРОПОЛИТЕНОВ, АЭРОДРОМОВ, МОСТОВ И ТРАНСПОРТНЫХ ТОННЕЛЕЙ</b>	
<b>Габдуллин Т.Р.</b> Шумовые полосы на дорожном покрытии	241
<b>Майстренко И.Ю., Зиннуров Т.А., Султангирова А.А., Майстренко Т.И.</b> Статистическое моделирование доминирующих параметров транспортного потока для оценки числа расчетных циклов нагружений за период эксплуатации технической системы	249
<b>Нарбеков М.Ф.</b> Классификация автомобильных дорог в СНГ и странах Запада	260
Правила представления материалов для публикации в научном журнале «Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета»	270



# CONTENTS

<b>ARCHITECTURE THEORY AND HISTORY, HISTORICAL AND ARCHITECTURAL HERITAGE RESTORATION AND RECONSTRUCTION</b>	
<b>Aitov R.R., Afanasyeva E.A.</b> The origin of the alternating colors principle in a traditional Tatar architectural coloristics	7
<b>Balabanova J.P., Budkevich N.M.</b> Analysis of renovation experience and development of post-industrial territories in historic cities	19
<b>Efimov D.D., Fakhrutdinova I.A.</b> Origins and trends of Soviet modernism	28
<b>Zakirova T.R.</b> Development of public buildings types of Kazan and principles of their placing at the end of XVIII-XIX centuries	41
<b>Kiselnikova D.Y., Filippov V.N.</b> Construction of apartments in major Russian cities on the example of Novosibirsk	48
<b>Muhitov R.K.</b> The relevance of functional monitoring of the pedestrian zone of the historic town (on the example of the Bauman Street in Kazan)	55
<b>El Katani Fatine, Laaouinat Karim, Valeeva-Suleymanova G.F.</b> The concept of a vertical city as an object of designing in conditions of The Sahara desert in the territory of Marzuga, Morocco	63
<b>HOUSES ARCHITECTURE. THE CREATIVE CONCEPT OF ARCHITECTURAL ACTIVITIES</b>	
<b>Burova T.Y.</b> Modern trends in the formation of expositions	72
<b>Seletskaya K.V., Novikov S.V.</b> Saving principles in the architecture of arctic settlements	79
<b>Hazeeva K.R., Zabruskova M.Y.</b> Resource conservation in design of public building for sanitary purposes (e.g. public toilets)	87
<b>Husnutdinova A.F., Zabruskova M.Y.</b> Influence of the use of alternative energy for the formation of the architecture of roadside gas stations	96
<b>URBAN DEVELOPMENT, RURAL SETTLEMENTS PLANNING</b>	
<b>Grishina M.P.</b> Experience in the development of architectural and planning solutions and the functional organization of yard territories on the example of Kazan	103
<b>Zakirova Y.A., Hakimova T.S.</b> Influence of the principles of futurological concepts on urban planning of the XX-XXI centuries	112
<b>BUILDING STRUCTURES, HOUSES</b>	
<b>Zamaliyev F.S.</b> To the evaluation of the strength of the composite steel-concrete slab with pre-stressed beams and slab	120
<b>Kuznetsov I.L., Penkovcev S.A., Gimranov L.R.</b> Perforated girders with perforated of steel profiles	129
<b>Lukashenko V.I., Abdullin F.F., Ahmetzyanov R.I.</b> Statement of the task of determining the resource of individual elements and the entire structure under the action of random wind loads	136
<b>Svirskiy M.N., Bochkareva T.M.</b> Research of strength characteristics of masonry reinforced with woven composite material	145
<b>FOUNDATIONS, UNDERGROUND STRUCTURES</b>	
<b>Mirsayapov I.T., Sabirzyanov D.D.</b> Bearing capacity of foundations base under combined, alternating, long-term static and cyclic loading	153
<b>HEATING, VENTILATION, AIR CONDITIONING, GAS SUPPLY AND LIGHTING</b>	
<b>Zamaleev Z.K., Shigapova A.I.</b> Diffusion of vapors of aqueous solutions	164
<b>Zolotonosov Y.D., Gorskya T.Y., Martynov P.O.</b> A mathematical model of the heat exchanger with a spring-twisted channel made of elements of ovoid	171
<b>Faizov A.I., Sadykov R.A., Antropov D.N.</b> Design and calculation of block heater oil with thermal oil boiler unit	179
<b>BUILDING MATERIALS AND PRODUCTS</b>	
<b>Mukhametrakhimov R.K., Galautdinov A.R.</b> Mechanical activated gypsum cement-pozzolan binder based on modified low branded materials	187
<b>Potapova L.I., Furer V.L., Kovalenko V.I.</b> Investigation of the structure and hydrogen bonding in the adamantylcalix[6]arene by methods of IR-spectroscopy and quantum chemistry	196
<b>Furer V.L.</b> Study of the vibrational spectra of phosphoretrihydrazone dendrimer with terminal phenolic groups	204
<b>CONSTRUCTION TECHNOLOGY AND ORGANIZATION</b>	
<b>Galiev I.H., Ashrapov A.H., Ibragimov R.A.</b> Scientific and technical support of the object of cultural heritage «Merchant Lisitsyns house» during the construction works for its restoration and reconstruction	211
<b>Mavlyuberdinov A.R., Khotsanian D.N.</b> Technological features of erecting multi-storey residential buildings from CLT-panels	219
<b>Mudrov A.G.</b> Design and model mixing in the apparatus with stirrer	226
<b>Mukhametrakhimov R.Kh., Lukmanova L.V., Kamaliev M.I.</b> Features of the quality control system of the installation of hinged ventilated facade systems	234

---

---

<b>ROADS, SUBWAYS, AIRPORTS, BRIDGES AND TUNNELS DESIGN AND CONSTRUCTION</b>	
<b>Gabdullin T.R.</b> Noise strips on the road surface	241
<b>Maystrenko I.I., Zinnurov T.A., Sultangirova A.A., Maystrenko T.I.</b> Statistical modeling of the transport stream dominant parameters for estimating the number of design load cycles for the period of the technical system operation	249
<b>Narbekov M.F.</b> Road Classification in the CIS and Occident	260
Rules of representation of materials for the publication in scientific journal «Kazan State University of Architecture and Engineering news»	270



УДК 72.017 (470.41)

**Аитов Рамиль Равилевич**

кандидат архитектуры, профессор

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

**Афанасьева Елена Алексеевна**

кандидат психологических наук, доцент

E-mail: [elenaalex2011@yandex.ru](mailto:elenaalex2011@yandex.ru)

**Казанский государственный архитектурно-строительный университет**

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

## Происхождение принципа чередования цветов в традиционной татарской архитектурной колористике

### Аннотация

*Постановка задачи.* Целью работы является определение содержания и факторов формирования традиционного колористического принципа татарской архитектурной полихромии – принципа чередования цветов.

*Результаты.* На основе анализа и обобщения данных историко-архитектурных и современных натуральных исследований в Республике Татарстан выявлены особенности реализации принципа чередования цветов, типы колористических решений и предпочитаемые цветовые гаммы в историческом и современном аспектах. Проведен сравнительный анализ памятников исламской архитектуры различных регионов в отношении исследуемого колористического принципа. Определены основные историко-культурные влияния на формирование принципа чередования цветов в традиционном татарском архитектурном декоре.

*Выводы.* Значимость полученных результатов для архитектуры состоит в выявлении исторических и современных вариантов реализации традиционного принципа чередования цветов. Устойчивость данного принципа основана на длительной истории его формирования под преимущественным влиянием исламской архитектуры Турции и Египта и его дальнейшего развития в условиях местного деревянного строительства и традиций болгарской архитектурной полихромии.

**Ключевые слова:** история татарской архитектуры, архитектурный декор, архитектурная полихромия, принцип чередования цветов.

### Введение

В современной архитектурной теории и практике продолжает ощущаться некоторая нехватка осмысления, использования и дальнейшего развития региональных и национальных традиций, в связи с этим местная архитектура нередко «отрывается» от реального места своего существования, перестает воплощать собой некое культурное и эстетическое национальное содержание. В противоположность профессионально-интернациональному подходу, в народном зодчестве продолжают воплощаться и развиваться местные эстетические традиции; однако масштаб построек и непрофессиональное, народное происхождение их декоративных качеств не позволяют включить этот процесс в русло развития современной архитектуры. Предприняв серию исследований последних лет [1, 2 и др.], авторы ставят задачу изучения и популяризации некоторых аспектов национального архитектурного наследия – традиционной татарской архитектурной полихромии.

Выбор колористических особенностей татарской архитектуры в качестве объекта исследования не случаен. В традиционном народном зодчестве татар именно своеобразные цветовые решения экстерьеров зданий в первую очередь создавали и создают яркий, хорошо узнаваемый образ жилых домов, усадеб и сел. Их многоцветность, контрастность сочетаемых цветов, характерная окраска «в полоску» сразу выделяют татарские поселения среди множества других. Однако, даже обнаруживая чрезвычайную устойчивость многих традиционных колористических приемов [1], мы не можем точно указать временные параметры их существования.

Исследования XIX века (в частности, А. Фукс, 1840; К. Фукс, 1844), делая упор на этнографических и статистических вопросах, чрезвычайно скупо характеризовали внешний вид татарских построек, например: «Много хороших домов, но все на татарский вкус» (А. Фукс, [3, с. 2]). Подробное изложение содержания «татарского вкуса» можно обнаружить только в работах раннего советского периода: М.Г. Худякова (1923, 1924), И.М. Дульского (1923, 1925), Н.И. Воробьева (1925, 1926). Эти исследования, помимо описания современного им состояния татарских сельских построек, предоставляют косвенные свидетельства давности происхождения колористических традиций: примеры народного фольклора, в которых упоминается окраска домов, или свидетельства о том, что «в старину дома были еще красивее» [3]. Устойчивость и дальнейшее развитие архитектурно-декоративных традиций татар прослеживается благодаря более поздним работам XX в.: Н.И. Воробьева (1953, 1964), Ф.Х. Валеева (1964, 1969, 1984 и др.), И.Г. Гайнутдинова (1960, 1975), Р.Р. Аитова (1986, 1991).

Обобщение материалов этих исследований позволило выявить систему основных характеристик традиционной татарской архитектурной полихромии: предпочитаемые цвета и цветосочетания, принципы использования цветов [1, 2 и др.]. Также были определены исторические условия формирования традиционных цветовых сочетаний и некоторых колористических принципов [2 и др.]. Цель данной работы – определить содержание и источники историко-культурных влияний на формирование одного из важнейших традиционных принципов татарской архитектурной полихромии – принципа чередования цветов. В качестве объекта исследования рассматривается традиционная татарская архитектурная колористика, предмет исследования – принцип чередования цветов, его содержание и происхождение. Гипотезой исследования является предположение о преимущественном влиянии на формирование данного принципа примеров архитектуры ряда восточных культур, с которыми татары поддерживали тесные политические, экономические, религиозные отношения в течение основных исторических этапов развития этноса.

Для проведения исследования были использованы следующие методы: анализ исторических свидетельств о содержании и распространении в татарской архитектуре изучаемого колористического принципа; анализ современных данных по материалам полевых исследований, проведенных в Республике Татарстан (в Алексеевском, Арском, Атнинском, Верхнеуслонском, Высокогорском, Кайбицком, Лаишевском и Спасском районах); сравнительный анализ архитектурных памятников ряда исламских стран на предмет использования принципа чередования цветов. Обобщение полученных данных, их сопоставление с особенностями основных исторических этапов развития татарского этноса и татарской архитектуры, позволило выявить основные источники происхождения изучаемого принципа в традиционном татарском архитектурном декоре.

### **Принцип чередования цветов в традиционном и современном зодчестве**

Принцип чередования цветов в наружной отделке архитектурных объектов заключается в расположении цветных плоскостей в определенном порядке, зависящем от количества используемых цветов, а также от особенностей определенной архитектурной формы и ее материала. В традиционном татарском зодчестве с помощью чередования цветов декорировались почти все деревянные сельские здания и сооружения: мечети, жилые дома; хозяйственные постройки и заборы; особенно ярко выявлялись цветом ворота. По историческим и современным данным [1], при чередовании цветов могут использоваться как крупные цветовые членения (фронтон, стены, карнизы, углы, наличники), так и более мелкие (чередование цветов на карнизных досках, на поясах декоративных колонок или на дощатой обшивке углов дома). Нередко можно увидеть комбинацию в одном строении крупных и мелких цветовых членений. Но наиболее узнаваемы и характерны для татарской традиционной колористики мелкие цветовые членения, образующие раскраску «в полоску». Такая окраска, сразу привлекая внимание, становится акцентирующим композиционным средством, которым могут быть выделены различные элементы постройки: обрамления и «сияния» фронтонных ниш, весь фронтон (при отсутствии ниши), углы здания. На зданиях мечетей такую отделку использовали на стволе минарета, на жилых домах наиболее активно цветом разрабатывался фронтон.



Из всех типов современных сельских построек, только индивидуальные жилые дома и другие строения усадеб предоставляют достаточный материал для изучения национальных традиций архитектурного декора. Сельский жилой дом в целом сохраняет традиционную форму и структуру: компактный прямоугольный план, скатную кровлю, торцевой уличный фасад и боковой дворовый с устройством входа. При рассмотрении цветовой композиции главного (уличного) фасада сельского жилого дома следует, прежде всего, выделить основные структурные элементы фасада. Его верхнюю часть занимает плоскость фронтона (традиционно треугольная под симметричной скатной крышей, но возможны и другие варианты), фронтонные карнизы, фронтонное окно (окно фронтонной ниши, слуховое окно чердака, окно мансарды). Плоскость фронтона отделена от плоскости стены ступенчатым карнизом. На плоскости стены выделяются оконные проемы с декоративным обрамлением и углы дома. Традиционно конструкция дома представляет собой деревянный сруб, причем концы бревен на углах выступают.

Сруб чаще всего обшит досками, и эта обшивка служит основой для окраски. При окраске в полоску она ведется по отдельным доскам; получающийся визуальный эффект зависит от места и структуры обшивки – ее размеров, фактуры, ритма, направления. Сруб может быть полностью обшит досками, или могут быть обшиты только его угловые выступы. Обшивка и окраска дома всегда зависели не только от эстетических предпочтений и традиций владельцев, но и от уровня их достатка. Согласно исследованиям 1920-х гг., только самые богатые сельские дома были полностью обшиты и окрашены; у большинства домов были обшиты только углы. Фронтон в любом случае был дощатый, что создавало возможность активной полихромной разработки.

Размеры обшивки зависят от доступного ассортимента досок и реек; Н.И. Воробьев [3] указывал на обшивку шириной 5-10 см. Фактура и ритм обшивки оказываются взаимосвязанными признаками, претерпевшими значительные исторические изменения. В начале XX в. обшивка татарских домов велась в два ряда, второй верхний слой обшивки закрывал стыки нижнего слоя досок. При этом получалось чередование разных по ширине полос – широких выступающих и узких заглубленных. Такая обшивка обязательно полихромно окрашивалась [3]. Сейчас можно констатировать, что дощатая обшивка домов утратила как фактуру, так и ритм; и состоит теперь из одинаковых по ширине досок, установленных встык. Фактурная дощатая поверхность до сих пор иногда встречается на заборах, где стыки широких досок закрывают узкими рейками-нащельниками; такие заборы обычно окрашиваются в два цвета.

Направление обшивки может быть горизонтальным, вертикальным, наклонным. Угол наклона зависит от места обшивки: на углах он составляет 20-30 градусов, на фронтоне преимущественно 45 градусов. Наклонная обшивка может идти в одном направлении или в противоположных направлениях (тогда получается обшивка «в елочку», причем наклон от центра идет снизу вверх). Если раппорт обшивки из двух направлений повторяется на поверхности несколько раз, то получается своеобразный декор «в зигзаг». Выбор направления обшивки частично связан с видом поверхности (например, фронтоны обычно обшиты «в елочку») и вариантом общей декоративной композиции фасада. Обшивка фасада задает структуру поверхности, которая может быть не окрашена или окрашена разными способами. Если при окраске по обшивке используется принцип чередования цветов, то получаемые «полоски», «елочки» и «зигзаги» превращают каждую в целом стандартную срубную постройку в уникальное проявление народных колористических традиций.

#### **Классификация типов колористических композиций с чередованием цветов**

В результате анализа полученного фактического материала было выявлено несколько типов колористических композиций фасадов, в декоре которых использован данный принцип. Оказалось, что используются не любые, а строго определенные комбинации «полосатого» декора различных элементов фасада. Сложность структурно-цветовых композиций зависит при этом от количества элементов, разработанных на основе принципа чередования цветов – от одного фронтона до включения всех основных структурных элементов в «полосатую» композицию. Типы колористических композиций фасадов следующие.



а)



б)



в)



г)



д)



е)

Рис. 1. Принцип чередования цветов в структурно-цветовых композициях фасадов жилых домов, Республика Татарстан:

- а – Кайбицкий р-н, Имянлек; б – Арский р-н, Арск; в – Арский р-н, Чулпаново;  
г – Арский р-н, Урнашбаш; д – Атнинский р-н, Нижняя Береске;  
е – Арский р-н, Качелино. Фото Р.Р. Аитова

I тип – «фронтон». Самый распространенный тип композиции, в котором мелкими цветовыми членениями разработан только фронтон дома. Чередование цветов идет по наклонной обшивке «в елочку». Иногда при этом нижняя часть фронтона обшита вертикально, в том числе с украшением резными накладками (фронтон на рис. 1е). На такой плоскости также используется принцип чередования цветов. Редкий, но очень интересный вариант наклонной обшивки фронтона и соответственной окраски – «в зигзаг» (рис. 1б). Самая распространенная пара чередующихся цветов – белый-голубой, но используются также белый-зеленый, изредка белый-желтый или голубой-зеленый.

II тип – «углы». На фоне крупных цветовых членений фасада выделяются мелкими членениями только углы дома. Чередование цветов идет по наклонной обшивке.

Чередуются два цвета: белый-голубой, белый-зеленый, зеленый-голубой, желтый-голубой, желтый-зеленый.

III тип – «фронтон и углы». Вариант часто встречающийся и характеризующийся большим разнообразием цветовых композиций. Имеет два подтипа:

III.1 – фронтон обшит «в елочку», углы – под наклоном (рис. 1а, д). Направление обшивки и цветных полос на углах различно: на угол вверх, на угол вниз. Изредка встречается и обшивка углов «в елочку» (рис. 1е);

III.2 – фронтон обшит «в елочку», углы – горизонтально (рис. 1в, г).

Третий тип цветовой композиции, таким образом, характеризуется двумя акцентными поверхностями, разработанными мелкими членениями с чередованием цветов. Использование при этом одинаковых пар цветов встречается реже, чем использование двух разных пар. Например, фронтон разработан в бело-голубую полосу, а углы в желто-голубую. Возможны и другие разнообразные сочетания цветов в пределах традиционной колористической гаммы, но стабильна закономерность повторения одного из цветов, как на фронтоне, так и на углах.

IV тип – «фронтон, углы, стены». Такая разработка всех поверхностей фасада мелкими членениями чередующихся цветов встречается довольно редко. При этом количество цветовых пар не увеличивается свыше двух и сохраняется повторяемость одного из цветов на всех поверхностях. Например, фронтон «в елочку» зелено-голубой, углы и стена, обшитые под наклоном, зелено-белые.

Способ колоризации построек на современном этапе различен. Это, прежде всего, традиционная окраска деревянной обшивки, которая является основной до сих пор. В соответствии с современными возможностями расширяется перечень оттенков красок, однако общая гамма цветов остается традиционной [1]. Например, кроме широко распространенной в XX в. темно-зеленой краски, сейчас применяют сине-зеленую, зелено-голубую, зелено-бирюзовую разных степеней яркости и светлоты.

Помимо окраски, на современном этапе применяется и обшивка домов цветным сайдингом, причем традиционная цветовая гамма в целом сохраняется (светло-зеленый, голубой и бежевый в паре с белым) [1]. Используются при этом те же типы колористических композиций – обшивка углов под наклоном с чередованием цветов, обшивка фронтонов «в елочку» и т.д.; представленный на рис. 1г основной объем дома обшит сайдингом, включая бело-голубые углы. Особый вариант реализации принципа чередования цветов можно обнаружить на кирпичных постройках сельской усадьбы, в которых используются различные комбинации кладки из красного и белого кирпича. Чередование цветов в виде мелких членений получается горизонтальными рядами кладки с разным ритмом (количеством чередующихся рядов). Но этот вариант можно назвать слабо распространенным, причем чаще такую горизонтально-полосатую структуру имеют стены хозяйственных построек (гаражей, бань); горизонтальные полосы на стенах жилых домов локализованы в определенных местах; чаще на углах дома, реже на межколонных пролетах.

### **Особенности распространения принципа чередования цветов**

При обобщении полученных данных по частоте встречаемости декора разных типов строений сельских усадеб (включая окраску деревянной обшивки, облицовку сайдингом, кирпичную кладку) с использованием принципа чередования цветов с мелкими членениями, было обнаружено крайне неравномерное распространение этого декоративного приема в исследуемых районах Татарстана. Наибольшая частота такого декора и его наибольшее структурное и цветовое разнообразие обнаруживаются в Арском и Атнинском районах республики, гораздо реже в Высокогорском, очень редко в Алексеевском, Верхнеуслонском, Кайбицком, Лаишевском и Спасском районах. Эта закономерность локализации традиций татарской архитектурной колористики была замечена еще в начале XX в. и сохраняется, как мы видим, до сих пор. Предположительные причины этого явления, по Н.И. Воробьеву, заключаются в особенностях заселения этих районов казанскими татарами, в значительной степени представителями богатых и знатных семейств, мигрировавшими из Казани после российского завоевания. Обосновывая выбор этой части Татарстана («Арского кантона»)

в качестве объекта исследования, автор пишет: «...этот кантон в отношении жилища дает много высшей степени интересных конструктивных и орнаментальных форм, говорящих о высоких художественных вкусах населения и не повторяющихся почти нигде в других кантонах» [3, с. 1] и далее: «В других районах таких оригинальных жилищ гораздо меньше, но почти всякий татарин считает дома Атнинско-Менгерского района очень красивыми и тем идеалом, к которому необходимо стремиться» [3, с. 27]. И, хотя внешний вид татарских сел за прошедшее время несколько изменился (в целом снизилась этажность и сложность планировок жилых домов, больше не воспроизводятся традиционные фронтовые ниши, частично изменился характер резного декора, применяются новые строительные и отделочные материалы), в структурно-цветовых характеристиках наружной отделки продолжают воспроизводиться татарские традиционные типы архитектурного декора.

### **Исторические условия формирования традиционной колористики**

Исследование факторов формирования принципа чередования цветов в татарской архитектурной полихромии требует обращения к изучению тех культурных связей, которые складывались у татарского этноса на различных исторических этапах. Предполагаемые обстоятельства развития характерного полихромного стиля можно обнаружить уже у Н.И. Воробьева: «Раскраска зданий, и раскраска полихромная, есть стихия татарина, в которой чувствуется влияние турецкого востока. Неподражаемая раскраска Самаркандских построек, влияние Золотоордынских городов, Булгара, да и построек татарской Казани несомненно сказались на раскраске современных татарских деревянных домов в селах Арского кантона» [3, с. 14].

Таким образом, связь архитектурной татарской полихромии с эстетикой некоторых восточных культур в целом определена достаточно давно. Большую роль в формировании татарской культуры и искусства сыграло распространение религии ислама, что подробно проанализировано в работах Г.Ф. Валеевой-Сулеймановой [4]. Традиции татарской архитектуры формировались в условиях интенсивного взаимодействия с различными школами исламской архитектуры. В болгарском периоде это связано с арабской и закавказской школами; в золотоордынском – с персидской, тюркской (сельджукской) и египетской; в казанском – с тюркской (османской) и египетской. В нашем предыдущем исследовании [2] развитие архитектурной полихромии рассмотрено в соответствии с перечисленными историческими периодами. Однако в отношении принципа чередования цветов в историческом и современном татарском зодчестве мы не обнаруживаем прямых аналогий ни с одной из известных исламских архитектурных школ. Следовательно, в данном случае может быть выявлен некий местный синтез разнообразных влияний и традиций, как в отношении структуры архитектурного декора, так и в отношении его цветовой разработки.

### **Чередование цветов как архитектурный орнамент**

Традиционный татарский архитектурный орнамент ранее был рассмотрен в работах Ф.Х. Валеева, особенно в отношении классификации и происхождения деревянного резного декора [5]. Наружную структурную отделку (обшивку досками) автор трактует также как разновидность орнамента: «Своеобразную геометрическую орнаментацию создавали татарские мастера дощатой обшивкой фасадов жилища, их углов, фронтонов, стоек ворот. ...В большинстве случаев обшивка жилых домов и мечетей полихромно раскрашивалась» [5, с. 92]. Для изучения факторов формирования традиционного принципа чередования цветов мы также полагаем целесообразным обратиться к понятию архитектурного орнамента и считаем возможным последовательно рассмотреть структуру орнамента и его цветовое решение.

По своей структуре поверхности фасада, решенные в цвете по принципу чередования цветов, относятся к орнаменту геометрического типа: это получаемые разными способами (обшивка досками или сайдингом, кирпичная кладка) «полоски», «елочки», «зигзаги». В целом геометрический орнамент таких форм является древнейшим видом декора самых разных предметов – костяных, гончарных, ювелирных, – и не характеризуется какой-либо определенной географической или этнической

принадлежностью. Использование этих орнаментальных мотивов в разных видах ткачества также встречается у многих народов и связано с технологическими аспектами.

Однако применение таких геометрических орнаментов в архитектуре уже не столь универсально. Архитектурный орнамент подобных форм в татарской традиционной культуре легко сопоставим только с орнаментацией ковровых изделий, которые у татар производились по безворсовому типу с геометрическим орнаментом из полос и ромбов. В этом отношении представляет интерес суждение Ф.Х. Валеева: «Ковроткачество – явление типичное для кочевого мира. Оно, несомненно, занимало ведущее место в искусстве и быту древних кочевых добулгарских предков казанских татар и сохранилось в творчестве последних как пережиточная форма древнекочевой культуры» [5, с. 39]. Перенос ковровых орнаментальных форм на архитектурные сооружения при переходе к оседлому образу жизни наблюдался, например, в арабской культуре.

Но, если в ткачестве орнамент формируется с использованием цвета, то в архитектуре цвет для существования орнамента не является обязательным условием. Орнамент становится зримым также за счет светотени, образующейся на фактурной поверхности (путем процарапывания, резьбы, выдавливания, оттиска), а на архитектурных объектах – за счет резьбы, сдвижек камней или кирпичей, способов их сочетания в кладке. Колористика архитектурных сооружений при этом преимущественно задается естественными цветами строительных и отделочных материалов.

### **Происхождение архитектурного орнамента в виде полос**

Полосатую структуру плоскость стены приобрела еще в античности, за счет использования плоских квадратных кирпичей (плинфы). В кладке ряды кирпичей чередовались со слоями раствора равной им толщины, что создавало визуальный эффект полосатой стены. Через архитектуру Византии такая технология кладки стен получила распространение в архитектуре средневековья, в том числе и исламской, как и многие другие технологические и эстетические достижения античности [6]. Еще одна технология кладки – чередование рядов кирпичей и камня – активно использовалась в архитектуре османской Турции (Бурса, Изник, XIV-XVI вв., рис. 2г) также на базе местных малоазийских традиций. Ряды крупных каменных блоков чередовались с кирпичной кладкой из 2-3 рядов, что создавало эффект фактурных терракотовых полос на светлом серо-бежевом фоне. В этой же технике выполнялись и архивольты арок. В мечетях османского Стамбула XV-XVI вв. [7, 8] частично воспроизводилась полосатая фактура стен, сохранялась и полосатая разработка арок, особенно активно проявляясь в интерьерных архивольтах [6] (например, мечеть Фатиха, XV в.; мечеть Шехзаде и мечеть Сулеймание, XVI в.). В наружном декоре мечетей османской Турции иногда использовалась и архитектурная керамика. Так, кирпичный ствол минарета мечети Эшрефзаде (Бурса, XVI в.) разделен газурованными поясками на чередующиеся полосы кирпичной кладки и керамического декора.

Архитектурный орнамент в виде полос также характерен для мамлюкского периода арабской архитектуры Египта XIII-XVI вв. (рис. 2д-ж). Но технология получения полосатого декора здесь существенно отличалась от малоазийской. Применялась облицовка каменной кладки плиткой разных оттенков – светлых, охристых, терракотовых, зеленоватых, почти черных, в соответствии с древними местными строительными традициями использования известняка, гранита, базальта. Облицовка создавала совершенно ровную поверхность, нередко полированную. Цветовые отношения рядов плитки разного вида часто отличались выраженной контрастностью по тону и цвету. Локализация полосатого декора могла быть разной – от сплошного покрытия почти всего здания вместе с минаретом (например, мечеть Кани-Бей, Каир, нач. XVI в., рис. 2ж), декора стен основного объема (медресе Баркука, Каир, XIV в., рис. 2д) до акцентирования полосатой облицовкой углов ризалитов (мечеть Аль-Азхар, Каир, X-XIII вв.) или обрамления порталов (медресе и мечеть султана Хасана, Каир, XIV в.) [7, 8]. В интерьерах мечетей этого периода чередующаяся кладка и облицовка активно использовалась на архивольтах арок, а также в обрамлениях михрабных ниш, где она становилась особенно геометрически сложной и полихромной.



Рис. 2. Орнаментальный декор в архитектуре исламского Востока:  
 а – мавзолей Хараган, Иран, XI в. [10]; б – комплекс Шахи Зинда, Узбекистан, XV в.;  
 в – крепость Керим-хан, Иран, XVIII в.; г – мечеть Хюдавендигар, Бурса, Турция, XIV в.;  
 д – медресе Баркука, Каир, Египет, XIV в.; е – фрагмент комплекса Султана Аль-Гхури, Каир, XVI в.;  
 ж – минарет мечети Кани-Бей, Каир, XVI в.; з – минарет мечети Аль-Насир, Каир, XIV в.;  
 и – минарет Зеленой мечети, Изник, Турция, XIV в.; к – мавзолей Фатимы, Кум, Иран, XIII в.;  
 л – медресе Улугбека, Самарканд, XV в. [7, 8]

### **Происхождение архитектурного орнамента структуры «елочка», «зигзаг»**

Геометрический архитектурный орнамент, образуемый ломаными линиями и треугольными, ромбовидными формами, по-видимому, ведет свое происхождение из восточных культур. Древнейшие архитектурные терракотовые мозаики этого типа сохранились на полуколоннах храма Двуречья (фрагменты из Эреха, Урук, Месопотамия, начало III-го тыс. до н.э.) и представляют собой зигзагообразные и ромбовидные фигуры, составленные из глиняных кружков различной окраски. В исламской архитектуре геометрический орнамент получил широчайшее распространение и характеризуется историческим усложнением применяемых форм [9]. Характерными для исламского архитектурного орнамента стали арабески коврового типа, часто сочетающие геометрические и растительные мотивы, изначально одноцветные резные, впоследствии полихромные. Однако во многих исламских регионах в орнаментальной разработке крупных архитектурных масс (стволов минаретов, поверхностей стен) долгое время использовались также относительно простые геометрические формы, возможно, изначально связанные с технологией декоративной кирпичной кладки. Орнамент при этом образовывался постановкой кирпичей в разных направлениях – горизонтальном, вертикальном, наклонном. Virtuозное использование такой кирпичной кладки [10] можно увидеть на мавзолеях Хараган сельджукского периода (Казвин, Иран, XI в., рис. 2а). Впоследствии рельефный декор одноцветной кирпичной кладкой часто использовался в архитектуре Азербайджана, Средней Азии, Ирана (например, в наружной отделке башен иранской крепости Керим-хан, Шираз, XVIII в., рис. 2в). Еще один способ получения рельефных геометрических орнаментов без использования цвета – резьба по камню. Такой способ применен в отделке минаретов некоторых египетских мечетей: Аль-Азхар (Каир, X-XIII вв.), где использованы геометрические мотивы ломаных линий и ромбов; Аль-Насир (Каир, XIV в.), декор которого состоит из рельефных зигзагов разных направлений (рис. 2з).

Подлинный расцвет ломаных, треугольных и ромбовидных архитектурных орнаментов пришелся на период использования архитектурной керамики. Производство глазурованных плиток и кирпича (голубых, синих, зеленых оттенков) и его комбинация на архитектурных поверхностях с неглазурованным охристым и красным дало непревзойденный декоративный эффект. Центром изготовления такой керамики был Иран, и этот архитектурный декор распространился, прежде всего, в зонах влияния персидской архитектурной школы [7, 8]. Интересующий нас тип орнамента можно увидеть в декоре минаретов мавзолея Фатимы Масуме (Иран, Кум, облицовка начала XIII в., рис. 2к), медресе Улугбека (рис. 2л), декоре стен мечети Биби-ханум, фрагментов декора комплекса Шахи Зинда (Узбекистан, Самарканд, XIV-XV вв., рис. 2б); в примерах декора нахичеванской архитектурной школы Азербайджана XIV в. Встречается такой декор и в архитектуре Турции – минарет Зеленой мечети (Изник, Турция, XIV в., рис. 2и) облицован глазурованными кирпичами, образующими многоцветный орнамент «зигзаг» из зеленых и синих кирпичей на фоне кирпичной кладки терракотового цвета.

### **Факторы формирования принципа чередования цветов**

Происхождение архитектурного геометрического орнамента с чередованием цветов нельзя объяснить каким-либо одним историко-культурным влиянием. Даже происхождение его структурной составляющей представляется многокомпонентным, хотя и связанным с технологиями строительства. Линейный горизонтальный орнамент «полосы» в архитектуре связан со способами каменно-кирпичной кладки (античного и византийского происхождения) или каменной облицовки (египетского происхождения). Его полихромность ограничена естественными цветами камня и кирпича; в египетском варианте орнамент приобретает выраженную контрастность. В архитектуре Закавказья (нахичеванская школа) для получения цветного орнамента использовали окрашенный (голубой) глазурованный кирпич, чаще в виде отдельных розеток и поясков.

Структурная составляющая архитектурного орнамента из ломаных линий, треугольных и ромбовидных форм исторически основана на технологии кирпичной кладки «в елочку». Этот способ мог применяться не только в отделке наружных поверхностей, но и в качестве основной строительной технологии, которая стала известна

и волжским булгарам. Согласно исследованиям городов Золотой Орды, конструкция стен одного из типов жилых домов представляла собой деревянный каркас, заполненный кладкой «в елочку» из сырцового кирпича. По совокупности различных признаков такие дома относят к жилью монгольского типа; обнаружены они и при раскопках в Болгаре [11]. В строительстве булгар домонгольского периода исследователи обнаруживают свидетельства среднеазиатских, закавказских и даже античных традиций, возможно перенесенных булгарами еще при их миграции на Среднюю Волгу [12]. Ф.Х. Валеев видит в античных, а затем и исламских традициях полосатой кладки стен основу формирования архитектурного декора деревянных строений казанских татар [5, 12]. В пользу этого предположения свидетельствуют и полученные нами результаты, дополняющие ранее высказанные гипотезы в отношении происхождения всех возможных форм архитектурного орнамента рассматриваемого типа.

Цветовые характеристики татарского архитектурного орнамента с чередованием цветов демонстрируют определенное влияние одной из исламских архитектурных школ, а именно персидской, с ее сине-голубыми и зелено-белыми сочетаниями. Персидские цветовые архитектурные решения возникли на базе изобретения и развития глазурованной архитектурной керамики. Особенно яркими эти цвета становятся при сопоставлении с золочеными элементами декора (Иран) или охристым фоном кирпичной кладки (Средняя Азия, Закавказье). Булгарская живописная и полихромная традиция, а также и казанская декоративная, по-видимому, добавили к этому контрастному сочетанию голубого, зеленого, белого и желтого цветов красные и синие акцентирующие и окаймляющие элементы.

### **Заключение**

Архитектурный орнамент с чередованием цветов в виде полос, ромбов и зигзагов имеет в традиционной культуре татар очень глубокие корни. Будучи по форме связан с древним ковроделием, он мог быть очень давно перенесен в сферу архитектуры, еще при переходе предков волжских булгар от кочевого к оседлому образу жизни в VIII-IX вв. [12]. Поэтому мы полагаем, что причины происхождения форм архитектурного орнамента татар с использованием чередования цветов следует искать не только во взаимовлияниях с другими исламскими культурами (закавказской, сельджукской, османской, мамлюкской), но и в общности их булгаро-тюркского происхождения. В цветовых характеристиках этого архитектурного орнамента, напротив, проявляется преимущественное влияние персидской архитектурной школы в сочетании с местными традициями полихромии.

Принцип чередования цветов в татарской архитектуре демонстрирует поразительную устойчивость, как в отношении геометрических форм, так и в отношении их цветовой разработки; а также гибкость приспособления к изменяющимся условиям в отношении применяемых материалов. Традиции архитектурной полихромии, по-видимому, сформировались в каменном строительстве Болгар и Казани XIV-XVI вв., сохранились в деревянной архитектуре XVIII-XX вв. и продолжают реализовываться в разнообразных современных материалах. Принцип чередования цветов при этом, как и прежде, играет значительную роль в отражении существенных черт татарской народной культуры и искусства. Его использование в профессиональной архитектуре, несомненно, является потенциальной возможностью выражения национального своеобразия в архитектуре Татарстана.

### **Список библиографических ссылок**

1. Аитов Р. Р., Афанасьева Е. А. Традиционная колористика татарского сельского жилого дома в современных условиях // Известия КГАСУ. 2016. № 2 (36). С. 7–16.
2. Аитов Р. Р., Афанасьева Е. А. Исторические факторы формирования традиций архитектурной полихромии казанских татар // Известия КГАСУ. 2017. № 1 (39). С. 7–17.



3. Воробьев Н. И. Жилища и поселения казанских татар Арского кантона ТАССР. Казань, 1926. 29 с.
4. Валеева-Сулейманова Г. Ф. Мусульманское искусство татар Среднего Поволжья: истоки и развитие. Исламское искусство в Волго-Уральском регионе. Казань : ФЭН, 2002. С. 27–51.
5. Валеев Ф.Х. Орнамент казанских татар. Казань: Татарское кн. изд-во, 1969. 204 с.
6. Saqer Sqour. Influence of Hagia Sophia on the Construction of Dome in Mosque Architecture // 8<sup>th</sup> International Conference on Latest Trends in Engineering and Technology (ICLTET'2016) May 5-6 2016 Dubai (UAE). P. 5–12.
7. Корбендо И. Великие святые ислама. М. : АСТ-Пресс Книга, 2005. 480 с.
8. The Mosque. History, architectural development and regional diversity / Edited by M. Frishman and H.-U. Khan. Thames and Hudson Ltd, London, 2002. 288 p.
9. Yahya Abdullahi, Mohamed Rashid Bin Embi. Evolution of Islamic geometric patterns // Frontiers of Architectural Research. 2013. № 2. P. 243–251.
10. Sanaz Khodadadi Dehkordi. Iranian Seljuk Architecture with an Emphasis on Decorative Brickwork of the Qazvin Kharaqan Towers // Journal of History Culture and Art Research. 2016. Vol. 5, № 4. P. 384–394.
11. Надьрова Х. Г. Средневековые города Татарстана. Развитие градостроительной культуры Волго-Камья X-середины XVI вв. Казань : КГАСУ, 2014. 229 с.
12. Валеев Ф. Х., Валеева-Сулейманова Г. Ф. Древнее искусство Татарстана. Казань : Татар. кн. изд-во, 2002. 104 с.

**Aitov Ramil Ravilevich**

candidate of architecture, professor

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

**Afanasyeva Elena Alekseevna**

candidate of psychological sciences, associate professor

E-mail: [elenaalex2011@yandex.ru](mailto:elenaalex2011@yandex.ru)

**Kazan State University of Architecture and Engineering**

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

**The origin of the alternating colors principle  
in a traditional Tatar architectural coloristics****Abstract**

*Problem statement.* The aim of this work is to determine the content and factors of the formation of traditional coloristic principle Tatars' architectural polychromy – the principle of alternating colors.

*Results.* Based on the analysis and summarization of historical, architectural and modern field studies in the Republic of Tatarstan, we have identified implementation features of the alternation colors principle, types of color solutions and preferred colors in historical and contemporary aspects. The study presents the comparative analysis of the Islamic architecture monuments in various regions in respect of the coloristic principle. There are identified the main historical and cultural influence on the formation of the principle of alternation colors in a traditional Tatar architectural decoration.

*Conclusions.* The significance of the results for architecture is the identification historical and modern variants of the traditional alternating colors principle. The stability of this principle is based on a long history of its formation under the influence of the Turkey and Egypt Islamic architecture, in terms of local timber construction and traditions of the Bulgarian architectural polychromy.

**Keywords:** the history of Tatar architecture, architectural decoration, architectural polychromy, alternating colors principle.

### References

1. Aitov R. R., Afanasyeva E. A. The traditional coloring of the Tatar rural houses in modern conditions // *Izvestiya KGASU*. 2016. № 2 (36). P. 7–16.
2. Aitov R. R., Afanasyeva E. A. Historical factors of traditions forming of the Kazan Tatars' architectural polychrome // *Izvestiya KGASU*. 2017. № 1 (39). P. 7–17.
3. Vorobiev N. I. Housing and settlements of the Kazan Tatars of the Arsk Canton, TSSR. Kazan, 1926. 29 p.
4. Valeeva-Suleymanova G. F. The Muslim art of the Tatars of the Middle Volga: origins and development. Islamic art in the Volga-Ural region. Kazan : Fen, 2002. P. 27–51.
5. Valeev F. H. Kazan Tatars' ornament. Kazan : Tatar. kn. izd-vo, 1969. 204 p.
6. Saqer Sqour. Influence of Hagia Sophia on the Construction of Dome in Mosque Architecture // 8<sup>th</sup> International Conference on Latest Trends in Engineering and Technology (ICLTET'2016) May 5-6 2016 Dubai (UAE). P. 5–12.
7. Korbendo I. The Great shrines of Islam. M. : AST-Press Kniga, 2005. 480 p.
8. The Mosque. History, architectural development and regional diversity / Edited by M. Frishman and H.-U. Khan. Thames and Hudson Ltd, London, 2002. 288 p.
9. Yahya Abdullahi, Mohamed Rashid Bin Embi. Evolution of Islamic geometric patterns // *Frontiers of Architectural Research*. 2013. № 2. P. 243–251.
10. Sanaz Khodadadi Dehkordi. Iranian Seljuk Architecture with an Emphasis on Decorative Brickwork of the Qazvin Kharaqan Towers // *Journal of History Culture and Art Research*. 2016. Vol. 5, № 4. P. 384–394.
11. Nadyrova Kh. G. The medieval city of Tatarstan. The development of urban culture of Volga-Kama X-XVI centuries. Kazan : KGASU, 2014. 229 p.
12. Valeev F. H., Valeeva-Suleymanova G. F. The ancient art of Tatarstan. Kazan : Tatar. kn. izd-vo, 2002. 104 p.

УДК 71.504.304

**Балабанова Юлия Петровна**

кандидат архитектуры, старший преподаватель

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

**Казанский государственный архитектурно-строительный университет**

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

**Будкевич Никита Михайлович**

архитектор

E-mail: [archinik07@gmail.com](mailto:archinik07@gmail.com)

**АС Дизайн**

Адрес организации: 420034, Россия, г. Казань, ул. Декабристов, д. 2

### **Анализ опыта реновации и развития пост промышленных территорий в исторических городах**

#### **Аннотация**

*Постановка задачи.* Задачей статьи является обзор реализованной реновации постпромышленных территорий. Целью статьи являются исследование предпосылок остановки производства предприятий промышленности, их расположение в городской среде и дальнейшая реорганизация. В том числе анализ общемировых тенденций реновации и реконструкции с целью улучшения экологического состояния и дополнения зеленого каркаса города. В статье приводится обзор примеров архитектурно-экологической реновации постпромышленных территорий исторических городов: Рурштадт (Германия), Дирборн (США), Мальмё (Швеция), российский опыт.

*Результаты.* Анализ приведённых реализованных проектов реновации и реконструкции позволил проследить ряд принципов использования постпромышленных территорий под общественные жилые и рекреационные пространства.

*Выводы.* Значимость полученных результатов исследования реновации пост промышленных территорий для архитектуры состоит в выявлении принципов реконструкции по экологическим аспектам, которые могут лечь в основу архитектурно-экологической реконструкции постпромышленных пространств в современных крупных городах.

**Ключевые слова:** архитектурно-экологическая реновация, постпромышленные территории, природный каркас, рекреация, благоустройство.

#### **Введение**

Преобразование территорий индустриального наследия неразрывно связано с развитием крупного современного города. Глобализация, оказавшая влияние на экономику, в значительной мере предопределила состояние промышленных объектов, часть которых перестали выполнять прямую задачу, а в ряде случаев вовсе оказались остановленными. Большая концентрация на сравнительно небольших территориях населения, транспорта, промышленных предприятий, с образованием антропогенных ландшафтов, очень далёких от экологического равновесия привела к серьёзному ухудшению экологических показателей городской среды [1]. На фоне этого в городах также наблюдается постепенное сокращение открытых природных пространств, за счёт активной застройки и постепенной деградации естественной природы без соответствующего благоустройства, и ухода. Переосмысление экологических аспектов использования природных территорий в структуре городской ткани предполагает преобразование функции открытых озелененных пространств в рекреационную зону для населения. В том числе, для улучшения экологического состояния города, на постиндустриальных территориях с выведенной производственной функцией возникает необходимость организации и рекреационную зону для населения. Далее будут рассмотрены примеры реновации промышленных территорий с выведенной производственной функцией.

### Актуальность архитектурно-экологической реновации

Постиндустриальные пространства, являясь результатом исторического освоения территорий, располагаются на особенно ценных в архитектурно-ландшафтном отношении участках городских образований. На сегодняшний день потребность общества в экологически позитивных открытых природных зонах для отдыха и в организованной рекреации ощущается особенно остро и является наиболее актуальной. Всё это предполагает разработку иных подходов к архитектурно-ландшафтной реконструкции территорий с нарушенной связью между природными компонентами [2]. С позиции социальной направленности и создания комфортной среды обитания горожанина одним из лучших способов сохранения экологических процессов является создание и восстановление связей между парками, заповедниками и другими экологически важными областями. Экологически ориентированные территории должны способствовать гибкой организации жизненных процессов в усовершенствованной структуре. Социальная сторона вопроса при архитектурно-ландшафтной реорганизации постиндустриальных территорий выражается в возможности выбора вида активного досуга, а также в более разнообразной и комфортабельной среде открытых пространств природных образований [3]. Территории с выведенными производственными мощностями, занимающие огромные площади в городской структуре при правильном подходе дополняют природный каркас города в целях взаимосвязи всех природных компонентов и последующего устойчивого развития.

### Ландшафтный парк Duisburg Nord (Германия)

В настоящее время во всём мире первостепенным вопросом во многих сферах жизнедеятельности является снижение энергозатрат и экологической вредности. Проблема постиндустриальных территорий, оказавшихся в черте города, существует в большинстве развитых стран [4]. Кардинальное преобразование бывших промзон и вывод производства за пределы городов – одно из реализуемых решений европейского опыта. Среди таких решений можно выделить ландшафтный парк Duisburg Nord – постиндустриальный комплекс металлургического завода, располагающийся в Дуйсбурге Рурской области Германии (рис. 1.) Среди прочих проектов реновации, этот особенно интересен своим решением по реконструкции без нарушения сложившегося промышленного ландшафта.



Рис. 1. Рурштадт (нем. Ruhrstadt). Северный Рейн-Вестфалия (Германия).  
Landschaftspark Duisburg Nord. Ландшафтный парк Дуйсбург Норд

Когда-то функционирующее металлургическое предприятие, включающее несколько шахт, остановило своё производство в 1985 году. Властями было принято решение о сносе комплекса, однако жители Дуйсбурга смогли добиться отмены такого решения своим предложением о сохранении существующего промышленного ландшафта. Конкурсная основа разработки проекта вывела в лидеры проект архитектурного бюро «Latz and partner's». Предложенным проектом являлось максимальное сохранение существующей промышленной застройки и превращение её в туристический аттракцион. Таким образом, сегодня, за громоздким понятием

ландшафтный парк Duisburg Nord, скрывается огромное постиндустриальное поле величиной более чем в 200 га, трансформированное в парк нового формата, где совмещены урбанизация технических сооружений, природа и общество [5]. Всё это было достигнуто благодаря оригинальным решениям реабилитации комплекса. На территории парка проводят культурные мероприятия. Газгольдер доменной печи превратили в самый большой в Европе центр дайвинга, бункеры для хранения кокса и железной руды стали тренировочной площадкой альпинистов. В данном решении архитектурно ландшафтной реконструкции просматривается то, как природа и человек превратили постиндустриальную территории обратно в сады луга и водоёмы [6].

### **Архитектурно-экологическая реконструкция завода Форд (США)**

Также интересен опыт США экологической реконструкцией завода Форд в Ривер Руж (рис. 2.). Располагающийся в одноэтажных производственных зданиях на обширной территории, автомобильный завод проектировался как комплекс полного цикла автомобилестроения. Существенное развитие систем рециркуляции сточных вод, оснащения альтернативными источниками энергии и другими экологически ориентированными системами делают возможным проведение реконструкции действующего предприятия, уделяя должное внимание экологическим аспектам. В результате такого вида реконструкции сегодня это крупнейший экологически ориентированный промышленный объект, являющийся современным гибким автомобильным производством вкупе с прогрессивными технологиями, а также социальными и экологическими требованиями. Генеральной идеей проекта реконструкции, автором которой является архитектурное бюро William McDonough + Partners, стало возвращение естественной природной среды на сложившейся индустриальный ландшафт, включающий в себя «зелёную кровлю» для сбора и очистки сточной воды над сборочным цехом, озеленение фасадов путём рассады вьющихся растений, создание световых экранов на кровле цехов, обеспечивающие дополнительное естественное освещение, позволяющее экономить энергопотребление, создание озеленённого общественного бульвара в зоне соприкосновения заводской и городской застройки [7]. Сокращение производственных мощностей, а также замена оборудования дала возможности для адаптации к современным условиям некоторых исторических зданий. Реставрация завода по производству стекла, дала возможность для создания центра с функцией рекреации.



Рис. 2. Дирборн, Мичиган (США). Форд Ривер Руж комплекс

### **Мальмё (Швеция)**

Мальмё – являясь одним из наиболее инновационных городов Европы, третий по величине город Швеции (рис. 3.). Двадцать лет назад, такое настоящее в прошлом промышленного города вызвало бы у жителей лишь горькую ухмылку. Но благодаря результатам вдумчивой работы десятков тысяч людей успешное преобразование Мальмё из бедного промышленного города со спешным оттоком населения в центр науки, технологий и образования, завершилась впечатляющими результатами. В период индустриализации Мальмё являлся одним из промышленных центров, приняв на себя роль индустриального стержня Швеции на полтора столетия вперёд. В результате

кризиса в судостроительстве в конце XX века, производство остановилось, жители стали покидать город, усугубив местную экономику, потерявшую налогооблагаемую базу, тем самым сократив бюджет [8].

Отсутствие университета в городе обосновывается тем, что изначально Мальмё предполагался, как индустриальный центр. Потребовался комплексный подход для восстановления Мальмё из индустриальных руин. Провинциальная городская агломерация встала на путь трансформации в центр зелёных технологий, современного архитектурного, градостроительного искусства, а также инновационных разработок в области «экоархитектуры» в Швеции. Трансформация крупного города, коим является Мальмё – результат согласованных действий горожан, муниципалитета и властей. Первым и самым существенным шагом стал Эресуннский мост, превративший город в важный транзитный участок, соединяющий Скандинавию с континентальной Европой.

Следующей вехой на пути к экологизации стала прокладка подземных железнодорожных коммуникаций на пути от моста к центру города. В двухуровневой системе из эстакады и тоннеля для железнодорожного и автомобильного транспорта проходят оптоволоконные кабели, связывающие часть Скандинавии с глобальной сетью. Формирование такого транспортного узла, несомненно, дало большой толчок на пути к возрождению Мальмё. Третьим из пунктов преодоления Мальмё кризиса стало создание университета. Его появление сыграло важную роль в препятствии эмиграции молодых кадров. За свои девятнадцать лет существования, достигнув впечатляющих результатов, он вышел в десятку лучших в стране.

Промышленная часть города – район Vastra Hamnen (Западная Гавань) пример наиболее безупречного архитектурно-планировочного решения (рис. 3).



Рис. 3. Мальмё (Швеция). Жилой квартал Вэстра Хамнен  
(швед. Vastra Hamnen, г. Мальмё (Швеция))

Главной высотной доминантой всего города был козловой кран высотой 138 метров находящийся на судовой верфи Kockums. Замена символа города на 190 метровый небоскрёб «скрученный» на 90 градусов по проекту Сантьяго Калатравы, ознаменовала конец крупной промышленной столицы. Использование геотермальных источников, а также подземных теплообменников в инженерных коммуникациях сделало район первым в Европе возведённым с нулевым циклом выброса углекислого газа в атмосферу. Район Vo01 стал следующим знаковым проектом. Здесь соединились прогрессивные урбанистические решения, передовые технологии в области инженерии и энергосбережения со статусом «зелёного» района Европы. Эксперты в области градостроительства и городских планировок создали очень живой и уютный для проживания район с современной архитектурной и рекреационной составляющей.

Стоит отметить, что успех Мальмё не даёт повода для рассуждений о том, что город восстал из индустриального прошлого лишь значительными капиталовложениями. Наряду с изложенными пунктами большой вклад в бюджет и экономику города внесла предпринимательская культура. Европейский опыт наглядно показывает, как экономические задачи решаются не в ущерб предпринимательской составляющей.

Таким образом, соединив в себе нити на пути в архитектурно-экологической адаптации, производство индустриальной эпохи трансформировалась в производство

века информационного. Планировочная составляющая районов опирается на сокращение транспортных потоков с отдачей приоритетов пешеходам и велосипедному транспорту. Залог успеха Мальмё – взаимосвязь с разными людьми во всех слоях населения [9].

### **Российский опыт реконструкции постпромышленных территорий.**

Попытки эко-преобразования деградирующих промзон также существуют и в России, но пока отечественный опыт проектов архитектурно-экологической реконструкции постпромышленных территорий не может похвастать примерами успешной реализации.

Результат сосредоточения крупных промышленных комплексов представляет собой неблагоприятную экологическую обстановку, особенно в уральском регионе России. Завод имени Куйбышева находится в Нижнем Тагиле (рис. 4). Основанное в 1725 году династией Демидовых металлургическое предприятие полного технологического цикла занимало лидирующие позиции в промышленности, как в России, так и в Европе. На территории располагались кирпичная фабрика, работали хозяйственные и ремонтные службы. Во время первой мировой войны производственный процесс переживал стагнацию и лишь в период индустриализации снова наладился. Была проведена реконструкция предприятия и обновление технологического оборудования. С началом войны осваивается выпуск броневой стали, а также феррохрома и ферромарганца. Ввиду изменений технологического процесса, а также морального устаревания. В 1987 г. Демидовский металлургический завод закрывается и переходит во владение Нижнетагильскому музею заповеднику горнозаводского дела Среднего Урала на базе, которого создаётся музейный комплекс площадью 30 га. На территории музея горнозаводской промышленности располагаются сохранившиеся доменные и мартеновские печи, мостовые краны, механические цеха, водонапорная башня и водяные лари, а также железнодорожный музей [11].

Однако, Демидовский завод-музей обладает существенным недостатком, находясь в историческом центре Нижнего Тагила, объект не задействован в жизни города. Отсутствие поддержания сохранности памятника промышленной архитектуры и благоустройства территории приводит к его разрушению и постепенной утрате ценного в историческом отношении оборудования. Существует необходимость проведения ряда мероприятий по благоустройству территории и находящихся в ней объектов, а также создание условий для безопасного передвижения по территории завода-музея.



Рис. 4. Нижний Тагил (Россия). Демидовский завод-музей

Ещё один пример создания арт-парка на территории бывшего промышленного гиганта находится в Москве. Некогда металлургический завод «Серп и Молот» остановил своё производство в 2011 году. В рамках открытия V Московской международной биеннале молодого искусства, на территории появился арт-парк «Символ» (рис. 5). Сегодня это культурно-социальный проект, с тематическими мероприятиями, направленными на развитие, обучение и просвещение для горожан [12]. Пространство благоустроили и провели выставку, в экспозицию которой вошли собранные «артефакты», найденные на просторах завода. Проект современного искусства, переосмысливающий исторический контекст этого места, стал связующим звеном между его прошлым и будущим.



Рис. 5. Москва (Россия). Арт-парк «Символ»

Решение проблемы реновации постпромышленных территорий актуально для исторических городов, и Казань не исключение. Промышленность Казани исторически развивалась вкпе с планировочной городской структурой. Вследствие этого большинство объектов промышленности постепенно оказывалось в городской черте. Одной из таких площадок является территория комплекса «Тасма» история, которого берёт своё начало с 1933 года и расшифровывается как «Татарские светочувствительные материалы». За период своего существования предприятие переживало разные этапы развития. Во время второй мировой войны Казанская фабрика занималась выпуском аэрофотоплёнок, киноплёнок и фотобумаги для нужд фронта. В послевоенное время налачился выпуск кинофотоматериалов, фототехнических и радиографических материалов для медицины и полиграфической продукции. На данный момент территорию комплекса адаптировали под площадку для малого и среднего бизнеса, а название сменили на «Технополис Химград» (рис. 6). Несмотря на реорганизацию, значительной проблемой территории остаётся отсутствие благоустройства, а также ветшание зданий, не занятых резидентами технополиса. Отсутствие буферных зон рекреации, пешеходных путей и озеленения, а, следовательно, и безопасности пешего передвижения по территории – вот та малая часть отсутствия комплексного подхода в реновации. С целью недопущения дальнейшей деградации, улучшения экологического состояния, придания привлекательности для посещения населения территории «Технополис Химград», необходимо провести ряд комплексных мер по благоустройству данной территории и расположенных на ней объектов архитектуры.



Рис. 6. Казань (Россия). «Технополис Химград»

### Заключение

Приведённые примеры ясно дают понять, что реновация пост промышленных территорий значительно улучшает экологическое состояние, дополняет зелёный каркас города и обладает ресурсом для продвижения самых новых технологий в области энергопотребления и ресурсосбережения. Создание общественных развлекательных и коммерческих функций в объектах постиндустриальных территорий немаловажно как для эстетики и экологии городской среды, так и для поддержания жизнедеятельности этих территорий с экономической точки зрения. Постпромышленные зоны, потерявшие своё изначальное предназначение в связи с научно-экономическим прогрессом под



влиянием ужесточения экологических требований, а также изменения экономической конъюнктуры смогут являться важным резервом для создания новых планировочных решений городской среды.

Стоит отметить, что реновация постпромышленных территорий необходима по ряду причин, одна из самых главных – неэффективное использование городских пространств. За последние десятилетия наблюдается острый дефицит земельных участков для крупных объектов в городской черте, в особенности в центральной её части. Проясняется ситуация с тем, что существует шанс полезного эксплуатации земельных ресурсов. В этом случае город получает свободные территории, целевым назначением которых является развитие объектов социальной направленности.

Основываясь на вышеизложенном опыте реновации и развития постпромышленных территорий, стоит сказать, что тема очень актуальна для исторических городов. Правильно взвешенные положительные и отрицательные моменты позволят комплексно подходить к решению реновации постпромышленных территорий. То есть рассматривать весь комплекс в целом, а не дробить и размежевывать на мелкие участки. При этом участки значительных размеров помогут избежать точечной застройки, а также сохранению облика города – сложившимся панорамам и развороткам улиц.

### Список библиографических ссылок

1. Илгунас А. Ю., Илгунас М. А., Рудницкий М. А. Промышленные сооружения в композиции исторически сложившихся городов. М. : Стройиздат, 1984. 63 с.
2. Быстрова Т. Ю. Реабилитация промышленных территорий городов: теоретические предпосылки, проектные направления // Академический вестник УралНИИпроект РААСН. 2013. № 3. С. 21–25
3. Котенко И. А., Токарева В. А. Реновация бывших промышленных территорий // Вестник СГАСУ Градостроительство и архитектура. 2015 № 3 (20). С. 47–52.
4. Лазарев К. В. Методы архитектурно-ландшафтной реабилитации нарушенных территорий. М., 2003. URL: <http://metody-arkhitekturno-landshaftnoi-reabilitatsii-narushennykh-territirii> (дата обращения: 20.12.2017).
5. Ландшафтный парк «Дуйсбург-Норд» // ESOSEDI.ORG. URL: [http://ru.esosedi.org/DE/NW/1000241452/landshaftnyiy\\_park/](http://ru.esosedi.org/DE/NW/1000241452/landshaftnyiy_park/) (дата обращения: 21.11.2017).
6. Репин Ю. Г. Интегрированные архитектурные комплексы: типологические основы интеграции объектов среды обитания в условиях крупнейшего города. М., 1987. 235 с.
7. Бассе М. Е. Ревитализация – экологическая реконструкция промышленных предприятий (на примере завода Форд в Ривер Руж) // Архитектура и современные информационные технологии. 2010. № 1 (10). 12 с.
8. Bo01, Malmo, Sweden // Urban green-blue grids for sustainable and resilient cities. URL: <http://www.urbangreenbluegrids.com/projects/bo01-city-of-tomorrow-malmo-sweden/> (дата обращения: 10.12.2017).
9. Журнал Стрелка. Мировой опыт: как Мальмё восстал из промышленного пепла // STRELKA.COM. URL: <https://strelka.com/ru/magazine/2016/09/20/benchmarking-malmo/> (дата обращения: 20.11.2017).
10. Мухитов Р. К. Реконструкция городских ландшафтных объектов как средство реабилитации городского пространства (на примере протоки Булак и привокзальной площади г. Казани) // Дизайн-ревью. 2009. № 1-4. С. 72–77.
11. Замерзшее сердце империи // RUSPLT.RU : интернет-изд. 2016. URL: <http://rusplt.ru/society/demidovskiy-zavod-nijniy-tagil-27756.html> (дата обращения: 25.12.2017).
12. Открытие арт-парка «Символ» на территории завода «Серп и молот» в Москве // MUSEUM.RU : интернет-изд. 2016. URL: <http://www.museum.ru/N62768> (дата обращения: 19.11.2017).

**Balabanova Juliya Petrovna**

candidate of architecture, senior lecturer

E-mail: [julbalabanova@mail.ru](mailto:julbalabanova@mail.ru)**Kazan State University of Architecture and Engineering**

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

**Budkevich Nikita Mikhailovich**

architect

E-mail: [archinik07@gmail.com](mailto:archinik07@gmail.com)**AS Design**

The organization address: 420034, Russia, Kazan, Dekabristov st., 1

**Analysis of renovation experience and development  
of post-industrial territories in historic cities****Abstract**

*Problem statement.* The purpose of the article is to review the implementation of the renovation of post-industrial territories. The purpose of the article is to study the prerequisites for stopping the production of industrial enterprises, their location in the urban environment and further reorganization. Including analysis of global trends of renovation and reconstruction in order to improve the ecological state and complement the green framework of the city. The article gives an overview of examples of architectural and ecological renovation of post-industrial territories of historical cities: Ruhrstadt (Germany), Dearborn (USA), Malmö (Sweden), Russian experience.

*Results.* The analysis of the implemented renovation and reconstruction projects made it possible to trace a number of principles for the use of post-industrial territories for public residential and recreational spaces.

*Conclusions.* The significance of the studied objects of renovation of post-industrial territories for architecture consists in revealing the principles of reconstruction in ecological aspects, which can form the basis of architectural and ecological reconstruction of post-industrial spaces in modern large cities.

**Keywords:** architecture and ecological renovation, post-industrial territories, nature framework, recreation, improvement of public services.

**References**

1. Ilgunas A. Y., Ilgunas M. A., Rudnickiy M. A. Industrial buildings in composition of historically developed cities. M. : Stroizdat, 1984. 63 p.
2. Bistrova T. Y. Rehabilitation of industrial territories of cities: theoretical background, design directions // Akademicheskij vestnik UralNIIproject RAASN. 2013. № 3. P. 21–25.
3. Kotenko I. A., Tokareva V. A. Renovation of post-industrial territories // Vestnik SGASU Gradosroitelstvo i arhitektura. 2015 № 3 (20). P. 47–52.
4. Lazarev K. V. Methods of architectural and landscape rehabilitation of disturbed territories. M., 2003. URL: <http://metody-arkhitekturno-landshaftnoi-reabilitatsii-narushennykh-territirii> (reference date: 20.12.2017).
5. Landscape park «Duisburg Nord» // ESOSEDI.ORG. URL: [http://ru.esosedi.org/DE/NW/1000241452/landshaftnyiy\\_park/](http://ru.esosedi.org/DE/NW/1000241452/landshaftnyiy_park/) (reference date: 21.11.2017).
6. Repin Y. G. Integrated architectural complexes: typological bases of integration of object of an inhabitancy in the conditions of the largest city. M., 1987. 235 p.
7. Basse M. E. Revitalization – ecological reconstruction of industrial development (for example Ford River Rouge) // Arhitektura i sovremennye arhitekturnye tehnologii. 2010. № 1 (10). 12 p.

8. Bo01, Malmo, Sweden // Urban green-blue grids for sustainable and resilient cities URL: <http://www.urbangreenbluegrids.com/projects/bo01-city-of-tomorrow-malmo-sweden/> (reference date: 10.12.2017).
9. Strelka magazine. World experience: how Malmo rose from industrial ash // STRELKA.COM. URL: <https://strelka.com/ru/magazine/2016/09/20/benchmarking-malmo/> (reference date: 20.11.2017).
10. Mukhitov R. K. Reconstruction of city landscape objects as a means of rehabilitation of urban space (for example the channels of Bulak and the passenger railway station square of Kazan) // Dizain-revy. 2009. № 1-4. P. 72–77.
11. The frozen heart of the empire // RUSPLT.RU : interne-izd. 2016. URL: <http://rusplt.ru/society/demidovskiy-zavod-nijniy-tagil-27756.html> (reference date: 25.12.2017).
12. Opening of the «Symbol» art park in the territory of the «Sickle and the Hammer» plant in Moscow // MUSEUM.RU : internet-izd. 2016. URL: <http://www.museum.ru/N62768> (reference date: 19.11.2017).

УДК 7201

**Ефимов Даниил Дмитриевич**

аспирант

E-mail: [daniel.efimoff@gmail.com](mailto:daniel.efimoff@gmail.com)**Фахрутдинова Инесса Алековна**

кандидат архитектуры, доцент

E-mail: [fahinessa@mail.ru](mailto:fahinessa@mail.ru)**Казанский государственный архитектурно-строительный университет**

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

### Истоки и направления советского модернизма

#### Аннотация

*Постановка задачи.* Модернизм в истории мировой культуры представляется наиболее глобальным стилем, охватившим практически весь XX век. Возвращение советской архитектуры в общемировое русло модернизма отвечало главным социальным запросам общества, в том числе скорейшему решению жилищной проблемы. Задачей данной статьи является исследование исторических предпосылок возникновения советского модернизма, а также архитектурных направлений, формировавшихся в рамках этого стиля. Цель статьи – расширение области знаний теории архитектуры, связанной с формированием советского модернизма как стиля, определение значимости данного периода для истории архитектуры России.

*Результаты.* Анализ теоретических исследований позволил выявить основные предпосылки зарождения советского модернизма, как уникального, в рамках российской архитектурной традиции, архитектурного стиля. Советский модернизм, зародившийся в период «хрущёвской оттепели», способствовал возрождению идей советского авангарда.

*Выводы.* Значимость полученных результатов исследования для теории и истории архитектуры состоит в выявлении истоков, стилистических характеристик советского модернизма и основных архитектурных направлений этого периода. Советский модернизм, формируясь в общемировых тенденциях архитектуры, приобретал присущие ему характеристики, в том числе, благодаря национальному многообразию СССР, оставаясь при этом генетически связанным с идеями советского авангарда и конструктивизма.

**Ключевые слова:** советский модернизм, модернизм в архитектуре, архитектурный стиль, архитектурные направления.

#### Введение

В последние годы в архитектурной теории появился интерес к советскому модернизму как уникальному этапу развития российской архитектуры. Советский модернизм, как определено рядом исследователей, формировался в период с 1955-го по 1985 гг. [1] – начало 90-х годов XX века [2, 3, 4]. Развиваясь в русле общемировых тенденций и следуя модным архитектурным течениям, советский модернизм трансформировался и видоизменялся, приобретая присущие ему стилистические характеристики. Однако, область знаний в теории архитектуры, связанная с формированием советского модернизма как архитектурного стиля, впрочем, как и определение значимости данного периода для истории архитектуры России, остаются практически неисследованными. Для истории и теории архитектуры сегодня по-прежнему стоит вопрос о связи советского модернизма с модернизмом Запада, советским авангардом, с конструктивизмом в частности, и в целом с процессами формирования модернизма в мировой истории архитектуры XX века. Для решения поставленных вопросов необходимо проанализировать данное явление в контексте общемирового развития архитектуры, сформулировать его основные характеристики и определить схожие архитектурные направления в развитии западного и советского модернизма и дать им основные стилистические характеристики.

### Общая характеристика модернизма как архитектурного стиля

Зарождение европейского модернизма становится возможным благодаря технической и промышленной революции второй половины XIX в. Новые строительные технологии, нашедшие применение в индустриальной архитектуре (железобетон и большепролетные металлические конструкции, сплошное остекление, многоэтажного каркаса и пассажирского лифта), значительно раздвинули границы возможностей современной архитектуры. На основе новых технологий и многовековых традиций местного зодчества, европейские архитекторы конца XIX – начале XX в. создали национальные «нео-стили»: югенд-стиль в Германии, сецессион в Австрии, ар-нуво во Франции. Важную роль в развитии новых тенденций имело движение «искусства и ремесла», появившееся в Великобритании благодаря Уильяму Моррису и Джону Рескину. Таким образом, предтечами модернизма можно считать таких европейских архитекторов как: Чарльз Р. Макинтош, Ч.-Ф.-А. Войси (Великобритания), Отто Вагнер, Адольф Лоос (Австрия), Ганс Пельциг (Германия), Хендрик П. Берлаге, Анри Ван де Вельде (Бельгия) и некоторых других. В Америке – Луис Салливан, а также Фрэнк Ллойд Райт – архитекторы, определившие основной вектор развития современной архитектуры. Организацией, объединившей архитекторов – модернистов стали Международные конгрессы современной архитектуры CIAM, проводившиеся с 1928-го по 1959-й год.

Кредо «модернизма» можно определить как создание «новой» архитектуры, соответствующей сегодняшнему дню. В самом определении модернизма изначально заложена принципиальная установка на новизну архитектурных форм, конструктивных и планировочных идей. Отличительными чертами модернизма становятся: отказ от традиционной ордерной системы и декорирования архитектурных форм, новые принципы формообразования и новые материалы. Несмотря на отрицание стиля, как метода проектирования, многие архитекторы-модернисты придерживались определенных «правил игры» – архитектурные объекты были лишены орнаментации и деталей, лишённых функционального назначения и имели, как правило: свободный план, простые чистые геометрические формы и объёмы, плоские (эксплуатируемые кровли), «ленточное остекление», светлый цвет стен, большие чистые плоскости из одного материала (монолитный железобетон, стекло) и т. д. Кроме того, модернизм получил своеобразный «манифест», благодаря одному из главных своих идеологов – Ле Корбюзье, сформулировавшему «пять принципов современной архитектуры», опубликованных в журнале «L'EspritNouveau» [5]. Эти принципы можно трактовать уже как определенные стилеобразующие признаки функционализма:

1. Столбы-опоры («пилоты»);
2. Плоские крыши-террасы (сады на крыше);
3. Свободный план (свободная планировка);
4. Ленточные окна;
5. Свободный фасад.

К особым признакам стиля можно отнести новый подход в области восприятия и организации пространства. Впервые в архитектурной практике не форма, а пространство организует форму, то есть форму определяет функция (предназначение пространства). Можно выделить следующие основные принципы архитектуры модернизма: использование самых современных строительных материалов и конструкций; рациональный подход к решению внутренних пространств (функциональный подход); принципиальный отказ от украшательства и исторических реминисценций; «интернациональный» характер. Интернациональность, одна из главных отличительных черт модернизма. Термин «интернациональный стиль» появился благодаря выставке «Современная архитектура: интернациональная выставка», открывшейся в 1932 году в Музее современного искусства в Нью-Йорке (МОМА) [6]. Ее кураторы, критик Генри-Рассел Хичкок и архитектор Филипп Джонсон выявили три основных принципа современной архитектуры:

1. Создание архитектурного пространства и объёма, а не массы.
2. Предпочтение баланса, а не симметрии.
3. Отказ от классических декоративных элементов и орнамента.

Эти принципы интернациональной по стилю архитектуры акцентировали внимание архитекторов не только на форме, но и на сути, концепции объекта, выявляя форму в качестве его основной идеи [7]. Тем не менее, архитектура интернационального стиля демонстрирует единство подхода и общие принципы: облегчённые конструкции; новые материалы; модульная система; свободный план; каркасная структура; использование простых геометрических форм. Необходимо отметить, что сегодня модернизм, который изначально полностью ассоциировался с понятием «интернациональный (современный) стиль», все чаще используется исследователями для обозначения сходных или близких явлений сложносоставной системы художественной интеграции, объединившей все культурное пространство XX века, однако сам термин «модернизм» в архитектуре закрепился только к началу 1960-х годов. Ранее архитектурный модернизм определялся как «новая архитектура», «современная архитектура», современное движение. Условные границы модернизма охватывают период с конца 19 века по 1970-1980-е гг. XX века. Вместе с тем продолжается расширение его временных границ. Понятия «архитектурный модернизм» или «модернизм в архитектуре» отечественная наука активно начинает использовать только в начале XXI века [8].

### **Истоки советского модернизма**

7-го декабря 1954 года Н.С. Хрущев выступив на Всесоюзном совещании строителей в Кремле с речью, в которой раскритиковал сталинскую архитектуру за дороговизну и помпезность. Через год, 4 ноября 1955 года, вышло постановление «Об устранении излишеств в проектировании и строительстве», вслед за этим общественные и жилые здания лишились архитектурного декора, а советская архитектура, присоединившись к современному архитектурному движению, включилась в общемировую систему координат. Этот поворот был социально-политически обоснован, так как отвечал главным социальным запросам общества: проблеме нехватки жилья и необходимости ее ускоренного решения. Кроме того, послевоенная советская архитектура, отказавшаяся от сталинского освоения классического наследия, нуждалась в новых архитектурных, идеологических концепциях и в профессиональном обосновании новых архитектурных парадигм. Помимо основной идеи осуждения «излишеств» сталинского стиля и поворота к экономии в строительстве, постановление «Об устранении излишеств...» предлагало советским архитекторам изучать и «смелее осваивать передовые достижения отечественного и зарубежного строительства»<sup>1</sup>. Решению этих проблем способствовала «хрущевская оттепель», предоставившая возможность доступа к специализированным изданиям по современным технологиям и архитектуре модернизма, а так же обмен опытом с коллегами-архитекторами из стран Западной и Восточной Европы, благодаря чему советские архитекторы стали ускоренно осваивать технологии массового индустриального строительства. Таким образом, сначала происходит открытие, а затем и ассимиляция западного опыта в советской архитектуре конца 1950-1960-х годов [9].

Обоснование новых архитектурных концепций происходит, с одной стороны, с помощью обращения к опыту западных архитекторов-модернистов, а с другой – путем постепенной реабилитации теоретиков и практиков советского конструктивизма и переосмыслением их творческого наследия. Таким образом, истоки советского модернизма уходят к работам основателей современной архитектуры, таких как: Ле Корбюзье, Вальтер Гропиус, Людвиг Мис ван дер Роэ, Алвар Аалто, Оскар Нимейер. Можно сказать, что своего рода «моделью» новой советской архитектуры с конца 1950-х годов стал европейский и американский послевоенный модернизм. Однако, необходимо отметить, что и советские архитекторы 20-х гг. такие как: Шухов, Мельников, Гинзбург и др., – часто становились примером для подражания и многочисленных заимствований в среде вышеупомянутых мастеров Запада.

---

<sup>1</sup> Постановление Центрального Комитета КПСС и Совета Министров СССР от 4 ноября 1955 года № 1871 «Об устранении излишеств в проектировании и строительстве» (<http://www.sovarch.ru/postanovlenie55>).

Различные тенденции в архитектуре советского модернизма развивались в рамках общемировых направлений модернизма, и в тоже время, регионализма и различных антифункциональных направлений. В архитектуре советского периода можно найти многочисленные примеры этих направлений в объектах, расположенных в современной России и на территории всего бывшего Советского Союза. Советский модернизм, благодаря невероятно масштабному распространению (на 1/6 части суши – территории СССР), помноженному на огромное национальное многообразие союзных республик, приобретает в этот период уникальное национально-региональное своеобразие трактовки стиля за счет включения местных «генетико-стилистических компонентов» (по С.С. Айдарову) [10, 11]. Кроме этих стилистических трансформаций, необходимо отметить тот немаловажный факт, что в области общественной архитектуры – архитектура советского модернизма активно включается в синтез с монументальным искусством.

### **Направления советского модернизма**

В архитектуре советского модернизма можно выделить проявление таких направлений как: неофункционализм; формализм; неоконструктивизм; необрутализм; футуризм; метаболизм; органическая архитектура; био-тек (архитектурная бионика); техницизм, хай-тек и др.

**Неофункционализм** – наиболее широко распространенное в архитектуре советского модернизма направление, советское неофункционалистическое направление в ряде случаев перекликалось с неофункционализмом в западных странах. Рациональные и простые по геометрии здания, созданные для обеспечения тех или иных технологических процессов, как на производстве, так и в общественной жизни и в быту, представлены достаточным многообразием формообразования, применением новых технологий и материалов в проектах общественных зданий и сооружений 60-80-х годов. Образцом для советской архитектуры 60-х годов стал ансамбль проспекта Калинина (ныне Нового Арбата, архитекторы М.В. Посохин, А.А. Мнойнц, Г.В. Макаревич, Б.И. Тхор и др.), завершено в 1968 году. Высотные здания-пластины стали массово появляться в исторических центрах крупных городов России – возник так называемый «эффект Нового Арбата». Так в 1970-1980-е гг. по проекту авторского коллектива архитекторов ГИПРОВУЗа (О.А. Кашенцевой, В.П. Бондаренко, Т.В. Смирнова и др.) ансамбль старейшего в России Казанского государственного университета им. Ленина, был дополнен парой высотных учебных корпусов – физического факультета и факультетов гуманитарных наук с фундаментальной библиотекой, а также концертно-спортивным комплексом. В большинстве случаев внедрение модернистских крупномасштабных по отношению к своему малоэтажному окружению объектов в историческую часть городской застройки носило диссонирующий характер. Таким примером можно считать гостиницу «Интурист» в Москве, ставшую первой крупной гостиницей, снесённой в постсоветское время (демонтирована в начале 2000-х гг.).

**Формализм** – предполагающий приоритет формы над функцией, стал довольно распространенным в архитектуре советского модернизма, его формальные приемы и методы хорошо подходили для образного выражения социалистических идей и наполнения архитектурной формы «социалистическим содержанием». Другое название «формализма», который приобрел критический оттенок – рационализм, берущий своё начало в школе Ладовского (мастерская Н.А. Ладовского в ВХУТЕМАСе). Рационализм был направлен на создание оригинальных объемно-пространственных композиций, отличающихся новизной архитектурной формы, акцент при этом делался на развитие формообразующих процессов в становлении новой архитектуры. Проявлением формализма в архитектуре советского модернизма может служить Казанский Ленинский мемориал (рис. 1). Планировка и структура здания напоминает египетские храмы, мавзолей. Действительно, музей-мемориал Ленина напоминает египетский храм, фасады – наклонные стены, ассоциируются с знаменами, выставленными в ряд, выражающими идею сооружения – «Ленин – наше знамя».



Рис. 1. Казанский филиал Центрального музея В.И. Ленина (НКЦ «Казань»),  
арх. А.Т. Полянский, Ю.М. Минаев и др., 1983-1987 гг.

**Неоконструктивизм** – направление в советской архитектуре, берущее начало в конструктивизме 1920-х и первой половине 1930-х годов, где приоритетом выступают конструкции, на основе характерных особенностей которых формируется образ здания. Советский конструктивизм 20-х годов рассматривают как источник и составляющую часть интернационального стиля: его формальные поиски вели к изобретению нового интернационального, общемирового стиля, характеризующегося рациональностью и простотой архитектурных форм, соответствующих новой индустриальной эпохе. Также как и пионеры западного модернизма, лидеры советского авангарда стремились к созданию новой художественно-композиционной системы, новой объёмно-пространственной градо-архитектурной среды. Конструктивизм, зародившийся как новаторское течение советского авангарда, пройдя путь от интуитивных творческих поисков супрематизма, приобрёл инженерно-техническую направленность, наполненность создаваемых им новых образов функциональным и социальным содержанием, тем самым продемонстрировав новые возможности взаимодействия конструкции, формы и пространства. Неоконструктивизм унаследовал главные принципы конструктивизма – «архитектурная форма должна быть конструктивна», и «архитектор призван конструировать формы и организовывать пространство» [12].

Интерес к выразительности конструкций был характерен для архитектуры советского модернизма, но поскольку строительство такого вида сооружений было дорогим и технически сложным, большая часть проектных замыслов этого направления можно увидеть лишь в виде проектных предложений или в экспериментальных, уникальных объектах, например в павильонах СССР на международных выставках. В художественном образе этих уникальных зданий и сооружений, в этих смелых проектных решениях мы видим визуализацию взаимосвязи всех трёх составляющих триады: конструкция – форма – функция, которые чаще всего равноценны, но именно новые конструкции, позволяют достичь необходимых функциональных задач и образной выразительности.

Судейская вышка на Гребном канале в Нижнем Новгороде (арх. Ю. Карцев, С. Касаткин, 1986 г.) – яркий пример стиля «неоконструктивизм». В сооружении прослеживаются тенденции конструктивизма 1920-х-1930-х годов, но это выглядит архаично, благодаря их творческому переосмыслению. Архитектурная форма и все элементы конструкции, выражая функциональное предназначение судейской вышки, работают на создание образа спортивного сооружения: внутренняя динамика композиции, выраженная в плавно изгибающихся стеклянных эркерах, перерезающих прямоугольные объёмы, в лестницах, пронизывающих пространство под разными углами, в пандусах и террасах, подчеркивающих ступенчатость ярусов, – всё символически выражает идею и философию жизни в спорте – движение вверх, от достижений к новым достижениям, от ступени к ступени, от побед к новым победам.



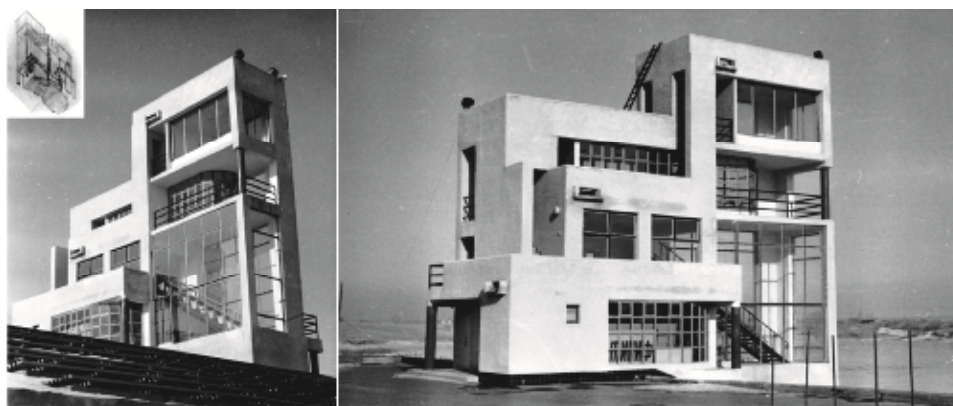


Рис. 2. Судейская вышка на Гребном канале в Нижнем Новгороде,  
арх. Ю. Карцев, С. Касаткин, 1986 г.

**Необрутализм** – одно из наиболее характерных направлений в архитектуре советского модернизма, его отличительными чертами являются грубая отделка поверхностей, нарочитая массивность форм и конструкций, урбанистичный облик и функциональность зданий и сооружений. Термин ввели в оборот в 1953 году британские архитекторы, основоположники стиля «необрутализм» Элисон и Питер Смитсоны, как производное от французского «béton brut» («необработанный бетон» – так Ле Корбюзье назвал технологию обработки поверхности монолитного железобетона со следами от опалубки, впервые использованную им в послевоенных проектах, таких как Марсельская жилая единица). Термин «необрутализм» стал широко распространенным с 1966 года, благодаря книге архитектурного критика Райнера Бэнема «Новый брутализм – этика или эстетика?» Влияние брутализма отразилось на творчестве ряда архитекторов, например, таких как П. Рудольф (общежитие студентов Йельского университета, 1962 г.), Дж. Стерлинг (лабораторный корпус университета Лейчестера, Великобритания, 1963 г.).

Отзвуки этого направления в нашей стране прослеживаются в ряде произведений 1970-х – начала 1980-х гг.: театр на Таганке в Москве (арх. Ю. Гнедовский, А. Анисимова, 1982 г.), жилые комплексы и административные здания в Иркутске, Санкт-Петербурге, построенные по проектам архитектора В. Павлова (1970-1990 гг.), Палеонтологический музей в Москве (арх. Ю. Платонов, 1986 г.). Для советского необрутализма стало характерным применение различных фактурных каменных штукатурок и облицовочных материалов, в качестве которых чаще всего использовался натуральный камень или его заменители в виде фасадной плитки. Также характерна грубая фактурность материалов, которую оставляли специально, например, шероховатая поверхность монолитной железобетонной оболочки Казанского цирка, которую делали практически вручную. «Брутальную» архитектуру Казанского цирка подчеркивает выразительность его формы и конструкции (рис. 3 а). Еще один из примеров советского брутализма – здание АТС в Казани 80-х гг., которое, несмотря на массивность и новый масштаб вписалось в историческую улицу, в архитектуру города (рис. 3 б).



Рис. 3. а) Казанский цирк, 1967 г. б) Здание АТС, Казань, 1980-е гг.

**Структурализм** – характеризуется в первую очередь, структурной упорядоченностью и выразительностью форм: произведение рассматривается как совокупность элементов, определяющих его структуру – предметом изучения становится их взаимодействие. Сохраняя функциональный подход, представители этого направления стремились придать пластическую выразительность архитектурным формам. Предвосхищение этих поисков присутствовало в некоторых произведениях Ле Корбюзье, Луиса Кана и в раннем необрутализме Э. и П. Смитсонов. В СССР 1970-1980-е годы также отмечены поисками структурной выразительности, которые проявились, например, «Красном доме» на Тургеневской площади в Москве (арх. Ф. Новиков 1976-1986 гг.), а в 1980 г. – в здании главного пресс-центра Олимпиады в Москве на Зубовской площади по проекту архитектора И. Виноградского. В здании пресс центра заметны отсылки к зданию ратуши в Бостоне, США (арх. Г. Коллен, Н. Мак-Киннел, 1963-1969 гг.), представляющей интересную вариацию структурализма и необрутализма: композиция выстроена вокруг центрального пространства, а за счёт крупных членений и скульптурной пластичности, архитектура приобретает черты монументальности. Это произведение, ставшее популярным образцом для западной и советской архитектуры, вдохновило также архитекторов института «Мосгипротранс» (В.М. Батырев, Я.П. Виноградова, А.С. Сухорукова), создавших в начале 70-х гг. проект нового вокзала для Казани, к 1976 году каркас был завершён, однако финансирование стройки прекратилось, и вокзал стал главным городским долгостроем до своего сноса в 2010 г.

**Футуризм**, ставший первым авангардным течением XX века, был направлен на создание образа будущего, как апологии машинной динамической цивилизации, где уровень технологий определяет уровень культуры. Архитектора – футуриста Сант Элиа [13], привнёсшего футуристическое видение в архитектурные формы городских ландшафтов в своей серии графических листов «Новый город» (*Città Nuova*, 1912-1914 гг.), и опубликовавшего в 1914 году «Манифест архитектуры футуризма» (*Manifesto dell'architettura futurista*), можно считать предшественником всей современной архитектуры Запада. Идеи, выраженные в «Манифесте» Сант Элиа, равно как и графические листы его серии «*Città Nuova*», имели заметное влияние на общемировой архитектурный процесс на протяжении всего XX века. Зигфрид Гидион в своей книге «Пространство, время, архитектура» (1941), начинает XX век, и всю историю современного движения – с футуризма, творчеством Сант Элиа. От идей Сант Элиа идут две характерные тенденции в архитектурном проектировании: инновационная и утопическая. Футуризм предложил концепцию нового художественного видения – среди его главных формальных открытий: активность ритма, цвета и формы, предполагающая «визуальную агрессию» («нет искусства без борьбы», из первого манифеста) – которая будет развиваться как в искусстве, так и в архитектуре XXI века [14]. Если рассматривать влияние футуристов на архитектуру XX столетия, то его можно проследить и в самых смелых архитектурных проектах советского модернизма, являвшихся представлением архитекторов о будущем. Довольно много таких «футуристических» сооружений появлялось в эпоху «хрущевской оттепели» и освоения космоса, так, например, в Казани впервые построили цирк в виде летающей тарелки, ставший образцом для зданий цирков по всему СССР (арх. Г.М. Пичуев, инж. О.И. Берим, Е.Ю. Брудный) [15]. В советских футуристических проектах 60-х годов становится заметно обращение к наследию и идеям советского авангарда 20-х годов, что было связано с его «реабилитацией» как архитектуры первых лет революции. В свою очередь, авангард, ориентированный на новую архитектуру, находился под влиянием идей футуризма. Его устремлённость в будущее выражалась в динамике, техницизации среды и новом видении устремлённого ввысь архитектурного облика городов, в рациональной эстетике фабричных и заводских корпусов, станков и машин. Результатом архитектурных фантазий авангардистов становились эскизы громадных городов будущего с лесом небоскрёбов, фабричных труб, антенн и мачт. Заглянуть в будущее мечтали и студенты ВХУТЕМАСа, известные своими футуристическими проектами «летающих» и «парящих» городов. Советские футуристические проекты 60-х годов вдохновляют и современных западных архитекторов: смотровая площадка – обзорный «Парящий мост» в парке «Зарядье», спроектированном авторами знаменитого парка «Хай-Лайн», командой архитекторов из американского бюро DillerScofidio + Renfro

– напоминает проект дворца пионеров на Воробьевых горах 1962 года (рис. 4 а, б). Парк «Зарядье» – это образ будущего из прошлого, напоминающий советскую фантастическую повесть 1960-х годов о Москве 2020-х, эпохи наступившего коммунизма. Возникает ассоциативный ряд и с таким футуристическим проектом эпохи «оттепели», как Всемирная выставка 1967 года в Москве (несостоявшаяся в Москве ЭКСПО`67). На проект всемирной выставки был объявлен широкомасштабный конкурс. Например, архитектор Леонид Павлов предлагал расположить выставку по правому берегу Москвы-реки, от Кремля через Парк культуры и отдыха им. Горького до МГУ. Развернувшаяся на восемь километров Выставка, для которой река должна была служить транспортной артерией, превращала в экспонат весь город с его архитектурными достопримечательностями [16].

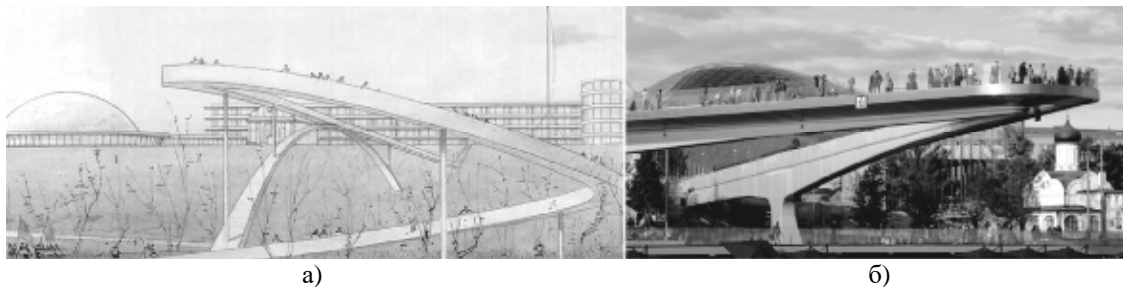


Рис. 4. а) Эскиз проекта Дворца пионеров. Арх.: А.М. Милецкий, Э.А. Бильский, 1962-1965 гг.;  
б) «Парящий мост» в парке. Арх.бюро Diller Scofidio + Renfro, 2012-2017 гг.

**Метаболизм** – течение представлявшее альтернативу господствовавшей в то время в архитектуре идеологии функционализма, зародившееся в Японии в конце 50-х годов XX века. Особенности данного направления являются открытость структуры зданий для «диалога» с изменяющимся контекстом городской среды. Для данного направления характерен приём акцентирования пустых пространств, с помощью символических пространственных структур. Для создания такого рода структур архитекторы часто применяют модульные и ячеистые конструкции: например, башни «Накагин» архитектора К. Курокава. Концепция направления была заявлена группой японских архитекторов на международном конгрессе дизайна в Токио в 1960 году манифестом «Метаболизм 1960 – положения нового урбанизма». Там же была впервые продемонстрирована только что созданная К. Танге утопическая модель «Токио 1960», преобразующая замкнутую структуру города в открытую, линейную.

В Советском союзе направление метаболизма было поддержано группой студентов МАРХИ, создавших на основе коллективного дипломного проекта самую раннюю среди советских футурологических концепций – «Новый элемент расселения» (А. Гутнов, И. Лежава). Концепция развивалась и трансформировалась в «НЭР-2», появлялись и другие группы, например «Кинетический город» [17]. В дальнейшем принципы «нового урбанизма» повлияли на развитие современного градостроительства и послужили основой проектов реконструкции Арбата, Столешникова переулка в Москве и ряда исторических улиц по всей России. Тема «НЭР» актуальна до настоящего времени: И. Г. Лежава, в группе соавторов, продолжает развивать тему проекта «НЭР» в качестве научной концепции [18]. Эта градостроительная доктрина воплотилась в проект «Сибстрим» – линейную систему расселения России от Петербурга до Владивостока, с жилыми кластерами по ходу скоростной магистрали (Транссиба) [19].

Архитектура метаболизма оставляет пространство для развития – пространство не только физическое, но и для развития творческой мысли. Динамичная объемно-пространственная композиция здания Министерства автомобильных дорог Грузии в Тбилиси (архитектор Г.В. Чахава и др., 1974), основанная на контрасте горизонтальных призм этажей и вертикальных коммуникационных стволов, образует структуру, поражающую свободой активного пространственного развития и многообразием разноплановых связей, которые дает образ сооружения, ассоциирующийся, как со

структурами растущего дерева, так и с автомобильными эстакадами и мостами (рис. 5 а). Также в образе есть отсылки к идеям советского авангарда, а именно к проекту горизонтальных небоскребов для Москвы Лисицкого. Новаторский проект горизонтальных небоскрёбов для Москвы (архитектор Л.М. Лисицкий, 1925) означал выход на новую объёмно-пространственную композицию города [20]. Идея гигантских консолей верхних «парящих» этажей (рис. 5 б), сконструированных по принципу мостовых сооружений, спустя пятьдесят лет, получила реальное воплощение смелого замысла в здании, воплотившем достижения советской архитектуры. Необходимо отметить, что, в свою очередь, объёмно-пространственные композиционные решения и концептуальные идеи Лисицкого вдохновили и японских архитекторов-метаболистов. Например, аналогичный композиционный замысел прослеживается в объёмно-пространственной структуре Центра информации в Кофу, в Японии (архитектор К. Танге, 1967), в градостроительном проекте «Токио-60», для которого характерна концепция вертикального зонирования нового линейного города [12].

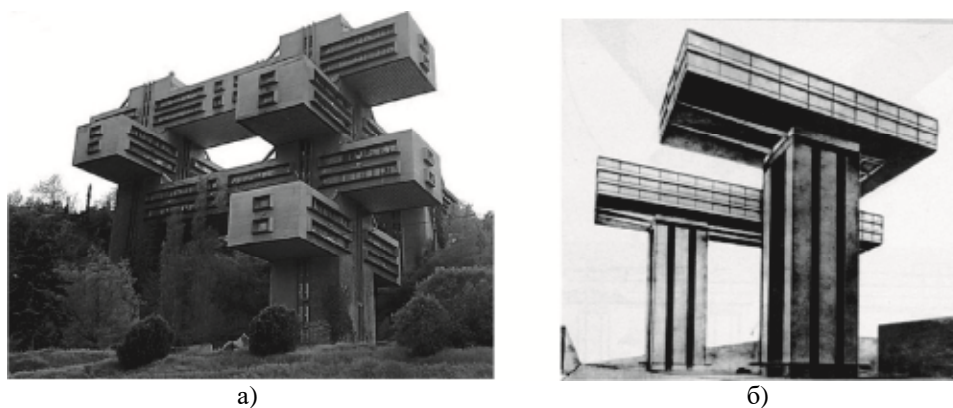


Рис. 5. а) Министерство автомобильных дорог, Тбилиси, Грузия. Арх. Г.В. Чахава и др. 1974 г.;  
б) Проект горизонтальных небоскребов для Москвы. Арх. Эль Лисицкий. 1925 г.

**Органическая архитектура** характеризуется, прежде всего, связью с природой, продолжением природы, также для органической архитектуры характерно перетекание пространств, открытые внутренние дворики и террасы, создающие подобие природных форм. Как стилистическое направление органическая архитектура берёт своё начало в США и Западной Европе, и наиболее ярко проявляется в первой половине – середине XX в. в творчестве американского архитектора, последовательно развивавшего идеи основателя направления Луиса Салливена, Ф. Л. Райта и А. Аалто. Несмотря на то, что органическая архитектура вышла главным образом из американской архитектуры, в архитектуре советского модернизма можно проследить влияние схожих с данным направлением идей, оно выражалось в создании внутренне гармоничных и целостных зданий и сооружений, архитектурные формы которых вырастали из их назначения и конкретных условий окружающей природы. С конца 1960-х гг. в советской архитектуре начинают ставиться задачи органического введения нового объекта в сложившийся городской контекст, контекстуальность начинает входить в число критериев [17]. Одним из первых объектов, изначально задуманных как органическая составляющая исторического центра, стал Дворец Выставок в Вильнюсе (1965-1967, арх. В. Чеканаускас). Хотя поиски зодчих, направленные на органическое слияние с окружающей природой и не оформились в советской архитектуре XX века в самостоятельное направление, подобные идеи были традиционными для русской архитектуры, и привели в итоге к формированию методологии средового подхода в конце 70-х – начале 80-х гг. Одним из ранних примеров включения модернистского объекта в исторически сложившуюся городскую среду на основе средового подхода можно считать здание выставочного зала, построенного для Союза художников ТАССР в 1979 году по проекту архитекторов «Татгражданпроекта»: Г.А. Бакулина, В.П. Мулюкина, Р.Х. Галеева [21].

**Био-тек** – известный в истории советской архитектуры как архитектурная бионика, в основе которой лежит метод функциональных аналогий, или сопоставления принципов и средств формообразования архитектуры и живой природы. Впервые главные положения архитектурной бионики, ее задачи и методы были сформулированы в работах Ю.С. Лебедева. Примером внедрения идей архитектурной бионики в архитектуру советского модернизма является Олимпийский велотрек в Крылатском. Подобные природные аналогии можно найти в ресторане «Жемчужина» в Баку.

**Хай-тек**, зародившийся в недрах позднего модернизма в 1970-х и нашедший широкое применение в 1980-х – последнее направление модернизма, в котором в той или иной форме показаны технические достижения мировой цивилизации. Хай-тек стал высшим проявлением техницизма, продолжив и развив линию этого рационалистического направления 1960-х годов, связанного с эстетизацией индустриальных объектов. В художественных образах такая архитектура правдиво выражала практическую функцию здания, утилитаризм. Архитектурная композиция стала трактоваться как некая абстрактная скульптура на тему «современного движения». Истоки этого подхода в архитектуре России уходят в советский авангард 20-х годов, когда на стыке супрематизма и конструктивизма Я.Г. Чернихов создавал свои архитектурные фантазии – подчеркнуто геометризованные графические композиции, ставшие своеобразным ориентиром в развитии архитектуры XX века. Стилеобразующие творческие концепции супрематизма, конструктивизма и рационализма в рамках советского авангарда повлияли на формирование современного стиля XX века. «Средства и приёмы художественной выразительности в супрематической архитектуре легко и органично взаимодействовали со средствами и приёмами конструктивизма и рационализма и личными концепциями формы архитекторов-авангардистов» [22]. На редкость яркий пример включения элементов «хай-тека» – здание Президиума Академии Наук в Москве, названное «Золотые мозги», за свою «золотую корону» – символические декоративные элементы, выражающие силу научной мысли и научно-технологических достижений Советского Союза. Проектом живейшим образом интересовался президент АН СССР Мстислав Келдыш, исследования которого в области теории космических полетов и вычислительной техники отразились в образе, в особенности в структуре декоративного завершения башни, эскиз которого он набросал лично. Декоративное завершение придало зданию высокий силуэт, при этом, не перегрузив грунт. В ажурной скульптуре были спрятаны технические системы здания, а золотистый металл выбран ради ассоциации с образом златоглавой Москвы [3].

### **Заключение**

В условиях развития закрытой социальной системы, советский модернизм сформировался как яркий, лаконичный, прогрессивный и самодостаточный стиль, зачастую опережающий технологические возможности своего времени. Как отмечает архитектурный критик Чарльз Дженкс, выразительный в своей простоте советский модернизм, также значителен в проявлении масштабности и абстрактности. В течение четырех десятилетий в советском градостроительном ландшафте доминировали «дерзкие» здания и сооружения, в смелых архитектурных решениях которых отразились идеи Ле Корбюзье, Оскара Нимейера, Эро Сааринена и других западных мастеров [1]. Однако, необходимо отметить, что авангардные идеи советских архитекторов 20-х годов таких как: Шухов, Мельников, Леонидов, Лисицкий, Гинзбург и других, – часто становились источником для вдохновения для многих архитекторов, в том числе и для вышеупомянутых мастеров Запада. Советский модернизм, зародившийся в короткий период «хрущёвской оттепели», способствовал возрождению идей конструктивизма и, несмотря на свою связь с архитектурными течениями и модернизмом Запада, этот стиль отразил социальные цели советского государства. В своих научных трудах, посвящённых советскому авангарду, С.О. Хан-Магомедов отмечал, что формирование новой художественно-композиционной стилиевой системы это начало длительного стилиевого периода [23], который прошёл красной нитью через весь XX век и перешёл в XXI столетие. Таким образом, истоки советского модернизма уходят как к работам пионеров западного модернизма, так и лидеров советского авангарда – к основателям современной

архитектуры. Оставаясь генетически связанным с идеями советского авангарда и конструктивизма, советский модернизм формировался в общемировых тенденциях архитектуры, приобретая, присущие ему, индивидуальные характеристики, в том числе, благодаря национальному многообразию СССР.

### Список библиографических ссылок

1. Белоголовский В., Новиков Ф. А. Советский модернизм. 1955-1985. Екатеринбург : Tatlin, 2010. 232 с.
2. Казакова О. В. Советский модернизм: второе пришествие // Проект Байкал. 2014. № 39-40. С. 60–63.
3. Бронувицкая А. Ю., Малинин Н. С. Москва: архитектура советского модернизма. 1955-1991. Справочник-путеводитель. М. : Garage, 2016. 328 с.
4. Soviet Modernism 1955-1991. Unknown History. Park Books, AzW, 2012. 360 p.
5. Cohen J-L. Le Corbusier: an Atlas of Modern Landscapes. N-Y. : Museum of Modern Art, 2013. 404 p.
6. Hitchcock H-R., Johnson P. The International Style (1932). N-Y. : W.W. Norton & Company, 1997. 272 p.
7. Васильева Е. В. Идеальное и утилитарное в системе интернационального стиля: предмет и объект в концепции дизайна XX века. // Международный журнал исследований культуры. 2016. № 4 (25). С. 72–80.
8. Малинина Т. Г. Модернизм и «модернизмы»: о содержании понятия и расширении его границ в архитектурной критике к XXI веку : сб. докладов научных конференций «II, III Хан-Магомедовские чтения» / НИИТИАГ. СПб., 2017. С. 110–124.
9. Советская архитектура и Запад: открытие и ассимиляция западного опыта в советской архитектуре конца 1950-х-1960-х годов // Laboratorium. 2016. № 2. С. 76–102.
10. Айдаров С. С. Национальное своеобразие в архитектуре автономных республик Средневолжской зоны РСФСР // Архитектура СССР. 1981. № 7. С. 58–62.
11. Айдарова Г. Н Теоретическая модель архитектурной культуры региона // Вестник Волжского регионального отделения Российской академии архитектуры и строительных наук. 2006. Вып. 9. С. 34–39.
12. Орельская О. В. Прообразы будущих сооружений в авангардных проектах 1920-1930-х годов // Academia. Архитектура и строительство. 2016. № 2. С. 41–51.
13. Тубли М. П. Антонио Сант'Элиа: от модерна к футуризму. URL: [http://www.alyoshin.ru/Files/publika/tubli/tubli\\_santelia.html](http://www.alyoshin.ru/Files/publika/tubli/tubli_santelia.html) (дата обращения: 11.01.2018).
14. Вяземцева А. Г. На вершине мира... URL: <https://archi.ru/world/14868/na-vershine-mira> (дата обращения: 25.01.2018).
15. Ефимов Д. Д. Казанский цирк как памятник архитектуры периода советского модернизма: история проектирования и строительства, истоки формообразования, значение для развития архитектуры цирков // Известия КГАСУ. 2017. № 2 (40). С. 7–17.
16. Казакова О. В. ЭКСПО-67 вместо ВДНХ. Забытый проект глобальной реконструкции // Архитектура и строительство России. 2009. № 9. С. 34–37.
17. Иконников А. В. Архитектура XX века. Утопии и реальность. Том II. М. : Прогресс-Традиция, 2002. 669 с.
18. Лежава И. Г. Россия линейная // Градостроительство. 2012. № 2. С. 17–22.
19. Лежава И. Г. Сибстрим // Проект Байкал. 2016. № 47-48. С. 92–103.
20. Хан-Магомедов С. О. Кумиры авангарда. Лазарь Лисицкий. М. : С.Э. Гордеев, 2011. 272 с.
21. Ефимов Д. Д., Фахрутдинова И. А. Средовой подход в региональной архитектуре советского модернизма 1970-1980 гг. в проектировании Выставочного зала Союза Художников ТАССР в г. Казани // Известия КГАСУ. 2017. № 4 (42). С. 59–67.
22. Хан-Магомедов С. О. Супрематизм и архитектура (проблемы формообразования). М. : Архитектура-С, 2007. 520 с.
23. Хан-Магомедов С. О. Конструктивизм. Концепция формообразования. М. : Стройиздат, 2003. 576 с.

**Efimov Daniel Dmitrievich**

post-graduate student

E-mail: [daniel.efimoff@gmail.com](mailto:daniel.efimoff@gmail.com)**Fakhrutdinova Inessa Alekovna**

candidate of architecture, associate professor

E-mail: [fahinessa@mail.ru](mailto:fahinessa@mail.ru)**Kazan State University of Architecture and Engineering**

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

**Origins and trends of Soviet modernism****Abstract**

*Problem statement.* Modernism seems to be the most global style in the history of world culture, which embraced practically the entire XX century. The return of Soviet architecture to the global trends of the modern architecture met the main social needs of society, including the speediest solution to the housing problem. The purpose of this article is to study the historical prerequisites for the emergence of Soviet modernism, as well as the architectural trends that formed within this style. The purpose of the article is to expand the field of knowledge of the theory of architecture associated with the formation of Soviet modernism as a style, determining the significance of this period for the history of Russian architecture.

*Results.* The analysis of theoretical studies made it possible to identify the basic prerequisites for the emergence of Soviet modernism as unique architectural style within the framework of the Russian architectural tradition. The interrelation of Soviet architecture with the social goals of the state and socially valuable postulates are revealed. Soviet modernism, born in the period of the «Khrushchev thaw», contributed to the revival of the ideas of the Soviet avant-garde.

*Conclusions.* The significance of the obtained results for the architecture consists in revealing the main stylistic characteristics of Soviet modernism and the main architectural trends of this period. Soviet modernism, being formed in the global architecture tendencies, acquired its inherent characteristics, including thanks to the national diversity of the USSR, while remaining genetically related to the ideas of the Soviet avant-garde and constructivism.

**Keywords:** soviet modernism, modern architecture, architectural style, architectural trends.

**References**

1. Belogolovsky V., Novikov F. A. Soviet Modernism. 1955-1985. Ekaterinburg : Tatlin, 2010. 232 p.
2. Kazakova O. V. Soviet Modernism: The Second Coming // Project Baikal. 2014. № 39-40. P. 60–63.
3. Bronovitskaya A. U., Malinin N. S. Moscow: the architecture of Soviet modernism. 1955-1991. M. : Garage, 2016. 328 p.
4. Soviet Modernism 1955-1991. Unknown History. Park Books, AzW, 2012. 360 p.
5. Cohen J-L. Le Corbusier: an Atlas of Modern Landscapes. N-Y. : Museum of Modern Art, 2013. 404 p.
6. Hitchcock H-R., Johnson P. The International Style. N-Y. : W.W. Norton & Company, 1997. 272 p.
7. Vasilieva E. V. Ideal and utilitarian in the system of international style: the subject and object in the design concept of the XX century // International Journal of Cultural Studies. 2016. № 4. P. 72–80.
8. Malinina T. G. Modernism and «modernisms»: the content of the concept and the expansion of its boundaries in architectural criticism by the 21<sup>st</sup> century: dig. of art. of scientific conferences «II, III Khan Magomedov's readings» // NIITIAG. St. Petersburg, 2017. 392 p.

9. Yakushenko O. Soviet Architecture and the West: The Discovery and Assimilation of Western Narratives and Practices in Soviet Architecture in the late 1950-1960<sup>s</sup> // *Laboratorium*. 2016. № 2. P. 76–102.
10. Aidarov S. S. National identity in the architecture of the autonomous republics of the Middle Volga zone of the RSFSR // *Architecture of the USSR*. 1981. № 7. P. 58–62.
11. Aidarova G. N. Theoretical model of the architectural culture of the region // *Bulletin of the Volga regional branch of the Russian Academy of Architecture and Building Sciences*. 2006. Issue 9. P. 34–39.
12. Orelskaya O. V. Prototypes of future constructions in the avant-garde projects of the 1920-1930<sup>s</sup> // *Academia. Architecture and construction*. 2016. № 2. P. 41–51.
13. Tubli M. P. Antonio Sant'Elia: from modern to futurism. URL: [http://www.alyoshin.ru/Files/publika/tubli/tubli\\_santelia.html](http://www.alyoshin.ru/Files/publika/tubli/tubli_santelia.html) (reference date: 11.01.2018).
14. Vyazemtseva A. G. On top of the world... URL: <https://archi.ru/world/14868/navershine-mira> (reference date: 29.01.2018).
15. Efimov D. D. Kazan Circus as an architectural monument of the Soviet modernism period: the history of design and construction, the origins of the architectonic formation, the importance for the development of architecture of circuses // *Izvestiya KGASU*. 2017. № 2 (40). P. 7–17.
16. Kazakova O. V. EXPO-67 instead of VDNH. The Forgotten Project of Global Reconstruction // *Architecture and Construction of Russia*. 2009. № 9. P. 34–37.
17. Ikonnikov A. V. Architecture of the XX century. Utopias and reality. V. II. M. : Progress-Traditsiya, 2002. 669 p.
18. Lezhava I. G. Russia linear // *Urban planning*. 2012. № 2. P. 17–22.
19. Lezhava I. G. Sibstrim // *Project Baikal*. 2016. № 47-48. P. 92–103.
20. Khan-Magomedov S. O. Idols of the Avant-Garde. Lazar Lisitsky. M. : S.E. Gordeev, 2011. 272 p.
21. Efimov D. D., Fakhruddinova I. A. The environmental approach in the regional architecture of the Soviet modernism (70-80-ies of the 20<sup>th</sup> century), in the design of the Exhibition Hall of the Union of Artists of the TASSR in Kazan // *Izvestiya KGASU*. 2017. № 4 (42). P. 59–67.
22. Khan-Magomedov, S. O. Suprematism and Architecture (Form-forming Problems). M. : Architecture-S, 2007. 520 p.
23. Khan-Magomedov S. O. Constructivism. The concept of formation. M. : Stroiizdat, 2003. 576 p.



УДК 72.036

**Закирова Татьяна Рифгатовна**

кандидат архитектуры, доцент

E-mail: [env60@yandex.ru](mailto:env60@yandex.ru)

**Казанский государственный архитектурно-строительный университет**

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

### **Развитие типов общественных зданий Казани и принципов их размещения в конце XVIII-XIX вв.**

#### **Аннотация**

*Постановка задачи.* Цель статьи показать, развитие градостроительной структуры г. Казани в конце XVIII-XIX вв., раскрыть социально-экономические предпосылки возникновения типов общественных зданий Казани, а также показать принципы их размещения в структуре города.

*Результат.* Архитектура Казани развивается рядом со старой архитектурой и ее влияние на каждом из этапов развития проявлялось существенным образом. В результате проводимых государственных реформ в Казани появляется много новых типов общественных зданий, которые размещаются внутри города согласно общим градостроительным тенденциям, но с учетом местных градостроительных и национальных особенностей.

*Выводы.* Значимость полученных результатов для архитектуры состоит в выявлении типов общественных зданий и принципов их размещения в процессе исторического развития Казани, что может и должно учитываться в современном проектировании архитектуры города. На протяжении рассматриваемого периода постепенно к концу XIX века сложилась функциональная дифференциация общественных зданий по верхней и нижней террасам города. На верхней террасе города расположились, в основном, административные и культурно-просветительские учреждения, на нижней – торгово-бытовые. Татарская часть нижней террасы оказалась в определенной степени ущемленной по набору типов общественных зданий. В размещении татарских построек сохранилось следование градостроительным традициям национального происхождения.

**Ключевые слова:** общественные здания, архитектура, структура застройки, градостроительные принципы.

#### **Введение**

В настоящее время, когда Казань становится центром мирового туризма, местом проведения всемирных спортивных чемпионатов, а также предстоящего Чемпионата мира по футболу 2018 года, интерес к архитектурной градостроительной истории города увеличивается. При современном строительстве города прослеживается стремление к сохранению и развитию архитектурных исторических традиций Казани. Поэтому изучение истории развития градостроительной культуры города имеет большое значение.

Данная исследовательская работа опирается на изучение и анализ планов города рассматриваемого периода на основе архивных источников, графических документов, литературы и является продолжением предыдущей статьи автора, посвященной предшествующим этапам развития типов общественных зданий Казани [1].

Исследовательские работы авторов, таких как С.С. Айдаров, Г.Н. Айдарова, В.В. Егерев, Н.Ф. Калинин, С.В. Кузнецов, Х.Г. Надырова, М. Пинегин, М. Фехнер, А.Х. Халитов, Т.С. Чудинова и др., посвященные различным вопросам архитектуры и градостроительства города, не сосредоточены на аспектах поэтапного развития типов общественных зданий Казани и их размещения в структуре города.

На основании вышеизложенного данная статья весьма актуальна и может быть использована как в обобщающих работах по истории архитектуры Казани, так и в современном проектировании.

### **Новая эпоха в формировании структуры Казани**

Основа веерно-лучевой концентрической структуры столицы Татарстана Казани сложилась в XV-XVIII вв., но в рядовой застройке носила хаотичный, запутанный характер [2]. В середине XVIII века в Российской империи комиссией каменного строения городов Санкт-Петербурга и Москвы, согласно общеевропейским тенденциям [3, 4, 5], начинают разрабатываться планы российских городов. Архитектором В.И. Кафтыревым в 1768 г. по поручению этой комиссии разрабатывается новый план города, который в 1768 г. утверждается Екатериной II [6, 7].

Начинается новая эпоха в развитии архитектуры Казани. Выпрямляются старые улицы, пробиваются новые, ставшие основой современных улиц Казани. Главные улицы города ориентируются на Кремль. Образуются новые площади, а существующие площади принимают правильные очертания, отдельные из них раскрываются на водные просторы (Театральная, Ивановская, Гостинодворская площади). Общественные здания строятся по «красным линиям» на центральных улицах города, по периметру или в центре площадей. Площади дифференцируются по своему функциональному назначению. На верхней террасе образуются административный центр (Ивановская площадь) и культурный центр (Театральная площадь), торговые центры размещаются как на верхней террасе (гостиный двор), так и на нижней. Однако большинство из них концентрируются на нижней террасе города (Хлебная, Сенная, Рыбноярская площади).

В этот период в Казани, соответственно общеевропейской и российской градостроительной тенденции, создание облика города происходит путем строительства представительных ансамблей, выявления существующих высотных акцентов и включение их в новую планировочную структуру города. По плану В.И. Кафтырева видно, что Воскресенская улица (ныне улица Кремлевская) была проложена таким образом, что Спасская башня Кремля замкнула её перспективу, 1-я Ямская улица (ныне улица Астрономическая) ориентировалась на церковь Воскресения Христова (ныне утрачена), Варламовская улица (ныне улица Межлаука перспективой была устремлена на церковь Варлаамия Чудотворца (ныне утрачена) и т.д. План предусматривал организацию открытых геометрически правильных площадей вокруг каждой церкви. Площади находились либо на пересечении улиц, либо примыкали одной стороной к улице [8].

Таким образом, город решался как целостная пространственная композиция. Несмотря на строгую регулярность, генплан Казани учитывал живописный рельеф местности, располагая улицы вдоль основных террас города и используя овраги для связи между верхними и нижними террасами города. При таком расположении улиц образовалась некоторая особенность Казани при размещении культовых зданий в связи с их строгой ориентацией. Направление улиц города в основном совпадало с ориентацией русских церквей и соборов. Мечети первой половины XIX в. Как и прежде размещались не по фронту улиц, что свойственно многим русским церквям, а в глубине двора на пересечении улиц, на углу кварталов. Видимо это было обосновано объемным характером композиций мечетей. Законы шариата диктовали ориентацию михраба (алтарная часть) мечети на Мекку. Это обусловило разворот мечетей на 45 градусов по отношению к ориентации квартала, так как кварталы татарской части Казани имели в основном ориентацию близкую к меридиональному направлению, что было свойственно традициям татарских поселений, а также соответствовало береговой линии озера Нижний Кабан в старой татарской слободе [9].

### **Возникновение новых типов общественных зданий и развитие существовавших ранее типов в первой половине XIX века**

В первую половину XIX века в Казани для развития дворянства появляется новый тип общественных зданий, предназначенных для учреждений культуры. Еще в конце XVIII века возникает Казанский театр, бывший достоянием узкого круга дворянского общества, а с 1802 года начинает работать театр Осипова, построенный на бывшей театральной площади (ныне пл. Свободы), привлекавший более широкий состав посетителей. На углу Театральной площади строится здание дворянского собрания (1844 г.), которое являлось одновременно и административным учреждением, и клубом аристократии.

По экспликациям планов Казани 1842 г. [10], 1860 г. [11] видно, что в этот период

строится много новых просветительных учреждений. Сооружаются: 1-ая мужская гимназия (1811 г.), ныне главный учебный корпус авиационного института (ул. К. Маркса, 10) и 2-ая мужская гимназия (1835 г., ул. Лево-Булачная, 48), ныне школа № 2). В 1814 году для создания аппарата чиновников организуется Казанский университет, в 1815 году открывается Реальное училище (ныне главный корпус пединститута, ул. Лево-Булачная, 44). Появляются просветительские учреждения и для народа – народное училище, военно-сиротское училище. С первых лет существования Казанского университета возникли первые научные учреждения: лаборатории, научные и литературные общества, кабинеты, библиотека, музей, астрономическая обсерватория. С 1808 года начала свою работу университетская типография, которая была в то время самой крупной на Востоке империи. Учреждения культуры, просвещения и науки разместились в основном на верхней террасе города.

В конце XVIII, начале XIX века в Казани работали итальянские зодчие Джекомо Брюмбаро и Иосиф Мари, а также талантливые русские зодчие Н.Ф. Алферов, П.С. Пятницкий, М.П. Коринфский. Они создали новые архитектурные сооружения и ансамбли, отражающие общее стилистическое направление этого периода классицизма, для которого характерна ансамблевость застройки, симметричность композиционных решений, рациональность использования декора. Наиболее интересным ансамблем этого периода в Казани является комплекс университетских зданий (арх. П.С. Пятницкий, 1825 г.). В архивных фондах автором выявлен проект начала XIX в. казанского госпиталя архитектора Якова Шелковникова, ярко иллюстрирующий стремление архитекторов этого периода к ансамблевости застройки [12]. Интересным типом сооружения эпохи классицизма в Казани является Храм-Памятник павшим воинам, погибшим при осаде Казани в 1525 году, построенный в 1823 году архитектором П.Ф. Алферовым на острове реки Казанки. В памятнике своеобразно сочетаются формы египетской пирамиды с четырьмя парадными портиками греко-дорического ордера. Видимо не случайно архитектор обращается к восточным формам, здесь явно прослеживается влияние восточной архитектуры на русские постройки в Казани. В этот период панорама татарской части города обогащается новыми вертикалями минаретов татарских мечетей, придавая городу уникальный характер.

Архитектура татарских мечетей первой половины XIX века, на ряду с традиционным татарским объемно-планировочным решением, во внешней детализации отражает общее стилистическое направление этого времени – классицизм. Это видно по характеру бывших зданий Голубой мечети (1830 г., ул. Нариманова, 98), Адмиралтейской мечети (1825 г., ул. Большая, 27), 9-ой, 10-ой мечетей (ул. Меховая, 23, 73).

### **Возникновение новых типов общественных зданий и развитие существовавших ранее типов во второй половине XIX века**

Во второй половине XIX века, в связи с развитием капиталистических отношений, правительством было проведено ряд реформ (отмена в 1861 году крепостного права, земская реформа и др.). В Казани, как показывает экспликация плана города 1884 г. [13], появляется много административных учреждений: губернское по делам крестьянским присутствие, Казанское губернское собрание и управа, судебная палата и окружной суд, Казанская городская дума и др. При городской думе в 1865 году открывается первая публичная библиотека. Новые типы административных общественных зданий появляются и в связи с развитием промышленности: банки (дворянский, земельный, государственный), биржи (купеческая, весенняя, лесная). Для обслуживания растущего городского населения строятся конная железная дорога и ее вокзал, продолжают строиться культовые здания. Крепнущая национальная буржуазия – капиталисты Сайдашевы, Юсуповы, Апанаевы строят и украшают в татарской части города новые мечети. К концу XIX-началу XX века Казань имеет самый насыщенный вертикалями силуэт, состоящий из 40 церквей и соборов, а также 17 мечетей [14]. Разделение города по своему архитектурному облику на русскую и татарскую части еще более усиливается.

В принципах размещения общественных зданий сохраняются приемы предшествующего периода классицизма, здания располагаются вдоль «красных линий» улиц и площадей, на пересечениях улиц, в основном, в центральной части города.

Продолжается, судя по генплану Казани 1884 года, функциональная дифференциация в размещении типов общественных зданий по верхней и нижней террасам города, просветительные, культурные и административные учреждения размещаются на верхней террасе города, образуя, таким образом, культурно-просветительную и административную зону города, что оказало в дальнейшем влияние на развитие современного культурно-просветительного и административного центра Казани. Торговые площади и здания располагались большей частью на нижней террасе города, в зоне, занимающей территорию правобережья и левобережья протока Булака и Большой Проломной улицы, где и в настоящее время располагаются центральные торговые учреждения Казани.

Как административный и культурный центр Казань сохранила и повысила свое значение. Она стала во главе округов (военного, учебного, судебного и др.), значительно превосходивших губернские границы. В этот период появляется много новых просветительных учреждений. В 1876 году открываются учительский институт и высшие женские курсы, в 1874 году открывается ветеринарный институт. В 60-80-е годы организуется несколько научных обществ: врачей, юридическое, физико-математическое и др. Казань становится крупным научным центром [15].

Во второй половине XIX в. центром общественной и торговой жизни татарского населения становится Сенной базар, представляющий из себя многофункциональный комплекс, характерный для мусульманских городов, сочетающий в себе торговые, ремесленно производственные и общественно-коммуникативные функции. Он имел черты родства с общественно-торговыми центрами того времени в Дербенте, Бухаре, Хиве и был застроен по периметру торговыми лавками, жилыми домами, закулочными и банями [16]. Самобытно объемно-планировочное решение торгово-гостиничных зданий Сенного базара караван-сараев, имеющих широкое распространение в странах Востока.

Небольшие комнаты на втором этаже караван-сараев обращены внутрь замкнутого двора, что было свойственно татарской градостроительной культуре. Первый этаж зданий отводился под складские помещения и торговые лавки, причем последние выходили на улицу. Здесь, вероятно, сказалось влияние российско-европейских градостроительных принципов. Входы в номера и склады располагались внутри двора, сообщавшегося с улицей через портал или ворота (гостиница «Амур», ныне ул. Московская, 70, начало XX в.).

Композиционным центром Сенного базара стала построенная в 1849 году местным архитектором А.И. Песке Сенная мечеть, своей вертикалью объединившая торговый комплекс Сенной площади. Здание Сенной мечети несло в себе функции базарной мечети, где органично включены в ее композицию торговые ряды, занимающие первый ярус при входе в мечеть и обращенные на площадь, в то время как устройство торговых лавок при русских церквях было запрещено. Таким образом, в татарских общественных зданиях мы наблюдаем сочетание различных функций, что проявлялось и раньше, например, в банях средневекового периода [17].

Объемно-планировочное решение татарских мечетей этого периода в отличие от предшествующих эпох уже принимает русский характер. Так, например, в Сенной мечети композиция решена не центрично, как было раньше, а в продольно-осевой композиции, свойственной русским храмам, с расположением минарета над входной частью и членением основного объема мечети на центральный купольный четверик, алтарную нишу и переднюю, называемую в русских храмах трапезною. Архитектурно-художественный облик мечети проникнут духом национального романтизма (булгарский цилиндрический характер минарета, килевидно-стрельчатое завершение арок, купол магометанского очертания и т.д.), что становится свойственно мечетям следующего этапа на рубеже XIX-XX веков. Минарет имеет подчеркнутые ярусные членения, свойственные булгарским минаретам и сооружениям и ставшие традиционными для татарских построек.

Во второй половине XIX века изменяется также принцип размещения мечетей. Если раньше они располагались в глубине двора, окруженного оградой, то теперь здание мечети своим минаретом со входом выходит на фронт улицы или площади, подобно размещению в этот период русских церквей и соборов, но сохраняют отгораживание основного объема от улицы, размещение на углу квартала, строго определенную ориентацию и разворот на 45 градусов по отношению к ориентации квартала.

С середины XIX века, соответственно общей тенденции, основанной на романтических устремлениях, архитектура Казани начинает приобретать эклектичный

характер. В постройках этого периода встречается сочетание классицизма, ренессанса, барокко, английской готики, восточно-мусульманского и древнерусского стилей. Например, в губернаторском дворце, построенном московским архитектором К.А. Тоном (1845 г.), мы видим смешение ренессанса, барокко и древнерусских форм. В здании центральных номеров купца Черноярова (ныне ул. Ленина, 21, арх. Г.Б. Руш, конец XIX в.) и в здании Александровского пассажа (ныне ул. Кремлевская, 17, построено в 1882 году арх. Г.Б. Рушем по проекту академика архитектуры В.В. Сулова и арх. Н.Н. Поздеева) прослеживается сочетание мотивов классицизма, ренессанса и барокко.

К концу XIX в. в Казани в связи с утверждением национальной буржуазии повышается интерес к национально-романтическим тенденциям, которые нашли выражение в стилизаторстве в русле эклектики. Русское романтическое направление эклектики проявилось в Казани в использовании мотивов кирпичного узорочья с включением элементов готики и болгаро-татарского средневековья (колокольная церковь Богоявления, ныне ул. Баумана, 78, арх. Г.Б. Руш, конец XIX в.).

Болгаро-татарское романтическое направление эклектики обращалось к творческой переработке болгаро-татарских форм и близких им мавританских, среднеазиатских, турецких, индийских форм, а также использовало мотивы готики и русского узорочья. Это взаимодействие культур ярко проявилось в архитектуре Бурнаевской (1872 г.) и Азимовской (1887-1890 г.) мечетях. Широкое распространение получило использование татарского декоративно-прикладного искусства.

Несмотря на недостатки эклектики, формализм, ее пристрастие к декоративизму, она дала положительный толчок в развитии зодчества. Архитекторы в своем творчестве раскрепостились от канонов классицизма, искали новые интересные романтические архитектурно-художественные образы, появились новые объемно-пространственные композиции зданий.

На рубеже XIX-XX веков в связи с демократизацией жизни происходит развитие нового содержания архитектуры, появляются новые живые тенденции в градостроительстве и типов зданий, разрабатываются проекты музеев, стадионов, народных домов, как общественно-культурных центров, проекты общеобразовательных учреждений, проекты городов-садов. Один из таких проектов города-сада пытались осуществить недалеко от Казани в Паратском затоне. Однако планировка поселка не создает предпосылки к перестройке форм общественной жизни, к чему стремились в те годы градостроители. В поселке лишь урегулирована застройка с использованием метода свободной планировки и повсеместного озеленения территории. Из общественных заданий, кроме административных, введена только читальня [18]. Как показывает экспликация плана 1909 года, на рубеже XIX-XX веков строятся новые клиники, больницы, дешевые столовые для рабочих, богадельни и приюты, появляется новый тип культурных учреждений – клубы (дворянский, купеческий, военный, новый, приказчиков, шахматный), отражающие демократические тенденции. В то же время с развитием капиталистических отношений в Казани крепнет класс торгово-промышленной буржуазии, возникают монополии, расширяется сеть банков (государственный, волжско-камский, взаимного кредита, дворянский и крестьянский, купеческий, общественный, городской).

Вторая половина XIX века – это период, оставивший наибольшие следы в архитектуре города. Это центральные улицы и площади, отдельные общественные и жилые здания, облик которых характеризует эпоху капитализма в Казани, период формирования крупной промышленности, науки и культуры, роста национального самосознания татар, период наиболее широкого и яркого проявления взаимодействия культур.

### **Заключение**

Постепенно к концу XIX века в Казани сложилась функциональная дифференциация общественных зданий по верхней и нижней террасам города. На верхней террасе сосредоточились главным образом учреждения административные и культурно-просветительные, на нижней – преимущественно торгово-бытовые. Татарская часть нижней террасы оказалась, в определенной степени, социально ущемленной по набору типов общественных зданий, здесь имелись лишь культовые, торгово-бытовые и просветительные типы зданий.

Общественные здания на этапах развития (за исключением болгаро-татарского

периода) в типологическом аспекте в основном (кроме татарских культовых сооружений и караван-сараяв) имели общность с развитием общественных зданий всего русского государства, но по своему архитектурно-художественному облику за счет соприкосновения в основном двух культур, русской и татарской, носили своеобразный характер и придавали Казани уникальный характер.

К концу XIX века развитие типов общественных зданий города и их многообразие соответствовали уровню крупных европейских городов.

Градостроительные традиции Казани продолжали развиваться, сохраняя веерно-лучевую концентрическую структуру, учитывающую природные факторы и доминирование Кремля. Организация города, следуя общим для того периода тенденциям, решалась как целостная объемно-пространственная композиция, структура приобрела более регулярный характер с прямыми улицами и открытыми площадями, на которые выходили общественные здания. Однако, в размещении татарских построек сохранилось следование градостроительным традициям национального происхождения: организация объемов вокруг внутреннего двора, отгораживание от улицы мечетей, и их ориентация с разворотом приблизительно на 45 градусов по отношению к ориентации квартала.

### Список библиографических ссылок

1. Закирова Т. Р. Возникновение типов общественных зданий Казани, и эволюция принципов их размещения в структуре города в XV-XVIII веках // Научное обозрение. 2017. № 3. С. 23–26.
2. Надырова Х. Г. Градостроительное развитие средневековой Казани в контексте теории сложности городов: Монография. Казань : КГАСУ, 2012. 294 с.
3. Rosenblum R. Transformations in Late Eighteenth Century Art. Princeton, New York, 2013. 356 p.
4. Ken Tate. New classicists, Images Publishing, London, 2013. 320 p.
5. K. Kaufmann. Architecture in the Age of Reason. Baroque and Post-Baroque in England, Italy and France. Cambridge (Mass.), 2014; New York, 2014. 450 p.
6. План Казани 1768 г. ЦГИАЛ, Ф. 1399, оп. 1, ед. хр. 409, л. 2, 1768.
7. Полное собрание законов Российской империи. Собрание 1-е. Спб, 1839. С. 113.
8. ПСЗ. Указ ... с приложением дополнительных правил об устройстве городов и селений, ч. III, П. 45, 46 – 1817.
9. ПСЗ. Собрание 2-е. Т. IV. № 2903. Указ о постройках мечетей в татарских деревнях по приложенному образцовому фасаду и плану. 1829.
10. План Казани 1842 г. ЦГВИА, ф. ВУА, д. 21990.
11. План Казани 1860 г. ЦГВИА, ф. 418, д. 546.
12. ЦГВИА, ф. 418, д. 542, л. 4.
13. План Казани. Составлен согласно проекта, утвержденного в 1884 г. Составил М. К. Крылов. Казань, 1884. 1 л.
14. План г. Казани. Казань: Издание М. М. Перевощикова, 1909, 16 июня. 1 л.
15. Калинин Н. Ф. Казань. Исторический очерк. Казань : Таткнигоиздат, 1955. 414 с.
16. Халитов Н. Х. «Сенной базар» – самобытный архитектурный комплекс Казани XVIII-начала XX вв. Материалы научно-практической конференции. Казань, 1979. С. 33–37.
17. Халитов Н. Х. Татарская мечеть и её архитектура: историко-архитектурное исследование. Казань : Татарское книжное издательство, 2012. 224 с.
18. ЦГАОР, ф. 2263, оп. I, д. 89, г. 9.

**Zakirova Tatiana Rifgatovna**

candidate of architecture, assistant professor

E-mail: [env60@yandex.ru](mailto:env60@yandex.ru)

**Kazan State University of Architecture and Engineering**

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

## Development of public buildings types of Kazan and principles of their placing at the end of XVIII-XIX centuries

### Abstract

*Problem statement.* The aim of the article is to show the development of town-planning structure of Kazan at the end of XVIII-XIX centuries to open social and economic preconditions of occurrence of types of public buildings of Kazan, and to show principles of their placing in city structure.

*Results.* The architecture of Kazan develops alongside the old architecture and its influence on each of the stages of development manifested itself in a significant way. As a result of ongoing state reforms in Kazan, many new types of public buildings appear that are located within the city in accordance with general urban trends, but taking into account local urban and national characteristics.

*Conclusions.* The significance of the obtained results for the architecture consists in revealing the types of public buildings and the principles of their location in the process of historical development of Kazan, which can and should be taken into account in the modern design of the architecture of the city. Throughout the period under review, gradually by the end of the XIX century, a functional differentiation of public buildings along the upper and lower terraces of the city was formed. On the upper terrace of the city are located, mainly, administrative and cultural and educational institutions, at the bottom – trade and household. The Tatar part of the lower terrace was to a certain extent impaired by a set of types of public buildings. In the placement of Tatar buildings, the town-planning traditions of national origin were preserved.

**Keywords:** public buildings, architecture, building structure, town-planning principles.

### References

1. Zakirova T. R. The emergence of types of public buildings in Kazan, and the evolution of the principles of their location in the structure of the city in the XV-XVIII centuries // *Nauchnoe obozrenie*. 2017. № 3. P. 23–26.
2. Nadyrova Kh. G. Urban development of medieval Kazan in the context of the theory of the complexity of cities: the Monography. Kazan : KGASU, 2012. 294 p.
3. Rosenblum R. Transformations in Late Eighteenth Century Art. Princeton, New York, 2013. 356 p.
4. Ken Tate. New classicists, Images Publishing, London, 2013. 320 p.
5. K. Kaufmann. Architecture in the Age of Reason. Baroque and Post-Baroque in England, Italy and France. Cambridge (Mass.), 2014; New York, 2014. 450 p.
6. The Plan of Kazan 1768 CGIAL, F. 1399. Op. 1. St. u. 409. 2 sh . 1768.
7. Complete collection of laws of the Russian empire. *Sobranie 1*. SPb., 1839. P. 113.
8. PSZ. *Sobranie 2*. Decree ... with the addition of additional rules on the organization of towns and villages, Ch. III, Item 45, 46. 1817.
9. PSZ. *Sobranie 2*. IV. № 2903. The decree about constructions of mosques in the Tatar villages on the enclosed exemplary facade and the plan. 1829.
10. The Plan of Kazan 1842 CGVIA, f. VUA, d. 21990.
11. The Plan of Kazan 1860 CGVIA, f. 418, d. 546.
12. CGVIA, f. 418, d. 542, l. 4.
13. The plan of Kazan. Compiled according to the project approved in 1884. Made by M.K. Krylov. Kazan, 1884. 1 p.
14. The Plan of Kazan. Kazan : M. M. Perevoshchikova's Edition, 1909, on June 16. 1 p.
15. Kalinin N. F. Kazan. A historical sketch. Kazan : Tatknigoizdat, 1955. 414 p.
16. Halitov N. H. «Hay market» – the original architectural complex of Kazan of XVIII-early XX centuries. Materials of the scientific-practical conference. Kazan, 1979. P. 33–37.
17. Halitov N. H. Tatar mosque and its architecture: historical and architectural study. Kazan : the Tatar book-publishing house, 2012. 224 p.
18. CGAOR, f. 2263, op. I, d. 89, g. 9.

УДК 72.03

**Кисельникова Дарья Юсуфовна**

аспирант

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

**Филиппов Валерий Николаевич**

кандидат архитектуры, профессор

E-mail: [vfilipov58@gmail.com](mailto:vfilipov58@gmail.com)

**Новосибирский государственный университет архитектуры, дизайна и искусств**

Адрес организации: 630099, Россия, г. Новосибирск, Красный проспект, д. 38

## **Строительство апартментов в крупных российских городах на примере Новосибирска**

### **Аннотация**

*Постановка задачи.* Цель исследования – выявить причины появления и особенности архитектуры апартментов, построенных в начале XXI века в Новосибирске.

*Результаты.* Основные результаты исследования состоят в определении градостроительных и объемно-планировочных особенностей апартментов, как особого типа жилья; определении причин появления и развития архитектуры апартментов, построенных в начале XXI века в Новосибирске.

*Выводы.* Значимость полученных результатов для строительной отрасли состоит в выявлении востребованных путей развития жилищного строительства. В статье указываются возможные градостроительные проблемы, связанные с изменениями правового статуса апартментов, и предлагаются рекомендации по изменению Местных нормативов градостроительного проектирования для Новосибирска (и других крупных городов).

**Ключевые слова:** апартменты, доходный дом, жилые здания, архитектура Новосибирска.

### **Введение**

Одним из путей решения жилищного вопроса в рамках рыночной экономики является формирование системы арендного жилья (развитой, например, в странах Европы и Америки) [1]. Доступное временное жилье в городах с потенциалом развития высокотехнологичных производств таких, как Новосибирск, привлекает активных молодых людей (являющихся главным двигателем современной «креативной экономики») [2].

До последнего времени эксперименты по созданию арендного жилья, новых «доходных домов», в России носили частный и несистемный характер. А основным видом жилищного строительства с 1990-х гг. и до настоящего времени является возведение коммерческих жилых домов (долевое строительство). Однако стремительное развитие рынка недвижимости – девелопмента – привело к созданию «арендного жилья», как части плотной многофункциональной общественной застройки.

### **Первые апартменты в России**

В 2010-х гг. в Москве строится несколько высотных многофункциональных комплексов, в структуре которых значительная часть отводится апартментам [3]. И хотя, с формальной точки зрения, «гостиничные номера» в башне «Федерация» (и других МФК Москва-Сити) не являются жилыми квартирами, часть из них приобреталась для постоянного проживания, и фактически представляет собой особый тип «жилья». Такое замещение жилья апартментами отчасти связано с нормами проектирования, которые позволяют строить апартменты даже в столь стесненных условиях, как высокоплотная застройка делового квартала Москва-Сити. Сравнение нормативов жилых домов и апартментов показывает, что последние не требуют размещения большого количества площадок в границах участка и позволяют формировать более плотную застройку актуальную при строительстве в центральной части города.



Безусловными лидерами в строительстве апартментов в России являются Москва и Санкт-Петербург (по оценкам АО «АИЖК» более 75 % из строившихся в 2017 году апартментов в РФ расположены в этих двух городах [4]), где высок уровень деловой активности и существует значительная потребность в секторе недвижимости высокого класса. Именно в этом секторе представлены первые апартменты, построенные в столицах [5]. Отчасти это связано с правовым статусом апартментов, которые де-юре не являются жилыми помещениями, и туда невозможно «прописаться». По этой причине апартменты рассматриваются как «вторая квартира» или временное жилье в деловых центрах для самых состоятельных слоев населения, и менее актуальны в эконом-классе, где у домохозяйства есть возможность приобретения только одной квартиры. Кроме того, недвижимость в деловых центрах востребована компаниями, организующими проживание своих сотрудников во время командировок.

В 2017 году строительство апартментов велось кроме Москвы и Санкт-Петербурга еще, по меньшей мере, в 13 регионах России [4]. Уровень деловой активности даже в крупнейших городах регионов не сопоставим со столичными, поэтому и появление апартментов здесь связано с другими запросами рынка и ориентировано на другие группы населения. Особенности архитектурных решений апартментов, проявляемых в регионах, можно рассмотреть на примере Новосибирска, в котором еще с 2000-х гг. предпринимались попытки выйти за типовые решения строительства коммерческих домов, и выработать подходы к созданию арендного жилья.

#### Апартменты и доходные дома Новосибирска

В начале XXI века в Новосибирске начинается уплотнительная застройка центральной части города, осваиваются резервные территории, выделенные в процессе межевания 1990-х гг. Эти участки в основном отводились под многоквартирные жилые дома (строившиеся при долевом участии).

В конце 2000-х гг. начинается строительство нескольких зданий, которые задумывались как новые «доходные дома» с квартирами для сдачи в аренду. Одной из первых реализацией концепции такого «доходного дома» можно считать здание на Крылова, 64/1 (рис. 1), строительство которого было завершено в 2011 году (арх. «АТТА-проект»).

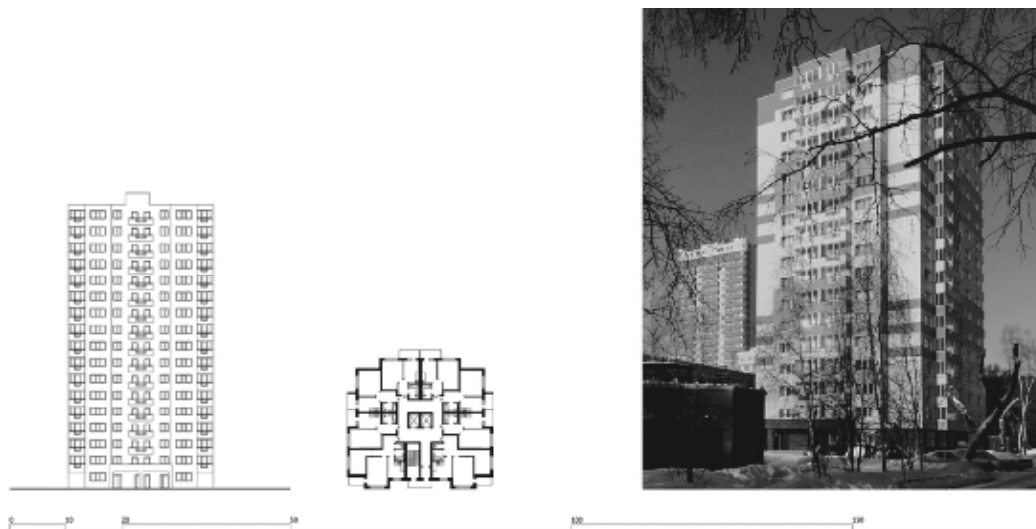


Рис. 1. Здание апарт-отеля «Резидент», ул. Крылова, 64/1 (2011 г., арх. «АТТА-проект»)

Этот 17-этажный дом типологически почти не отличается от одноподъездных жилых домов 2000-х гг., однако он до сих пор функционирует, как апарт-отель. Более ранние попытки создания «доходного дома» в Новосибирске такие, как «Паркхаус» на Урицкого, 20 (2003 г., арх. В.В. Бородкин), закончились не столь успешно. Запрос на аренду квартир в центре города в середине 2000-х гг. был крайне низок, и заказчику

строительства (ЗАО «Труд») постепенно пришлось возвращаться к традиционной модели – коммерческого жилья для продажи.

Эти здания (Крылова, 64/1 и Урицкого, 20) строились и вводились в эксплуатацию как жилые дома, и по архитектуре не отличаются от других жилых домов, построенных в Новосибирске в этот период.

Постоянное ужесточение нормативных требований по размещению дворовых площадок жилых домов в границах участка, усложнило строительство в центральной части города в 2010-х гг. Всё это, в купе с постоянным ростом спроса на недвижимость вблизи центра города, в зонах с развитой инфраструктурой, подтолкнуло застройщиков к строительству на небольших участках в центральной части города апартментов.

С 2015 года в Новосибирске ведется строительство нескольких крупных комплексов апартментов. Одним из первых стал «JET Apartments», построенный по проекту «Студии КиФ» в 2016 году. Небольшие квартиры-апартаменты в этом комплексе (большая часть представлена студиями по 23 м<sup>2</sup>) приобретались собственниками в основном для постоянного проживания, а не для сдачи в аренду.

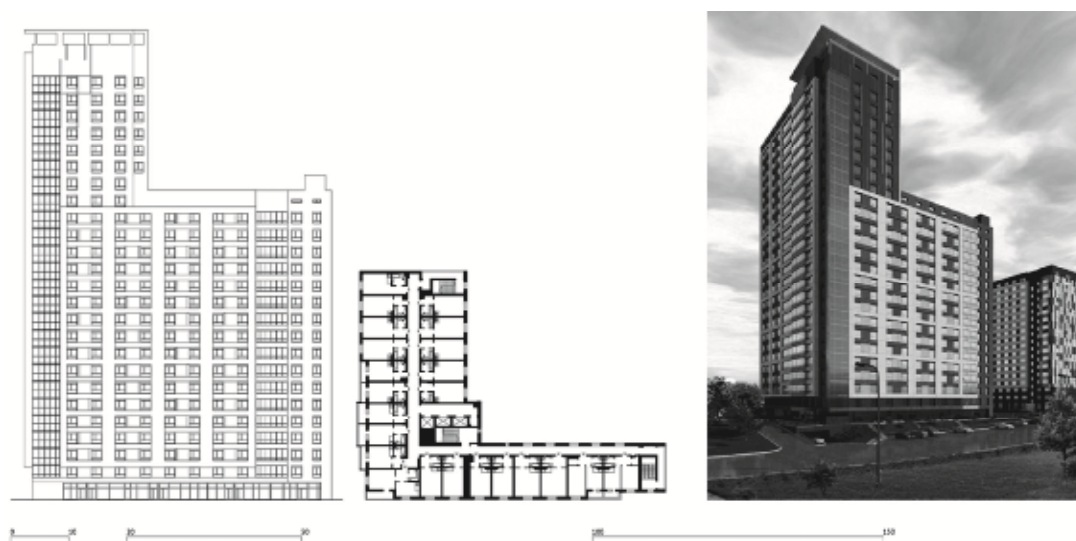


Рис. 2. Комплекс апартментов JET Apartments, 2-ая очередь  
(начало строительства 2017 г., арх. «Студия КиФ»)

Строительство апартментов на небольшом участке стало способом решения проблемы нехватки доступного жилья в центральной части города. О том, что эта проблема только нарастает, говорит тот факт, что сейчас на соседнем участке активно ведется строительство второй очереди «JET Apartments-2» (рис. 2), в галерейно-коридорной структуре которого удалось разместить еще больше апартментов-студий.

Кроме решения проблемы доступности жилья в центре города, апартменты сделали возможным более плотную интеграцию «жилой» функции в структуру многофункциональных комплексов. Концепция многофункциональности и разнообразия, как основы устойчивого развития города, была изложена еще на страницах книги «Смерть и жизнь больших американских городов» (англ. «The Death and Life of Great American Cities») Д. Джекобс [6]. За полвека с момента издания книги, идеи этой американки канадского происхождения распространились далеко за пределы Северо-Американского континента. В том числе, стали неотъемлемой частью отечественных исследований, посвященных проблеме создания современной жилой архитектуры [7] и комфортной городской среды [8, 9]. А строительство апартментов хорошо иллюстрируют понимание и востребованность данной концепции у современных застройщиков. Пример этого – комплекс зданий «Парк Резиденс» (рис. 3) и «MedPark» построенный в 2017 году (арх. «Студия КиФ»).

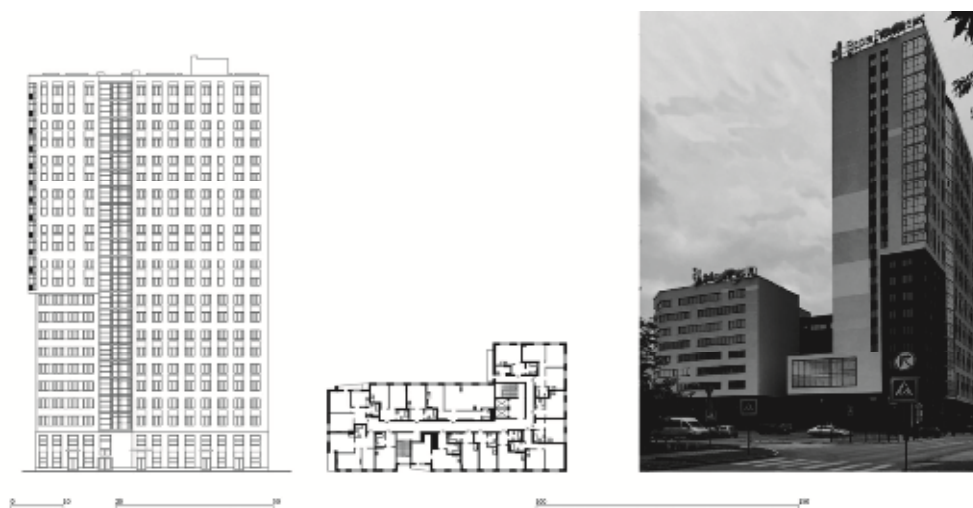


Рис. 3. Комплекс апартментов ПаркРезиденс (2017 г., арх. «Студия КиФ»)

Комплекс состоит из двух зданий, формирующих плотно застроенный «квартал» недалеко от станции метро «Октябрьская». «MedPark» представляет собой небольшой восьмизэтажный объем, специально оборудованный для размещения медицинских компаний. «Парк Резиденс» – высотная доминанта комплекса с офисами, помещениями общественного назначения (включая помещение оборудованное бассейном) и 12 верхними этажами апартментов. Многофункциональность и вертикальное зонирование усложнило планировку «гостиничной» вставки, (где приходилось учитывать транзитные вертикальные коммуникации офисной и общественной частей здания). Здесь представлена более разнообразная типология апартментов (по сравнению с «JET Apartments»): студии, одна- и двухкомнатные квартиры.

По оценкам застройщика только 40 % апартментов приобреталась владельцами для дальнейшей сдачи в аренду. Однако по предварительным расчетам в новом комплексе (строительство которого начнется в скором времени по ул. Инской) уже около 80 % апартментов будут сдаваться в аренду.

Сильно отличается от приведенных выше примеров по расположению в структуре города и общему объемно-пространственному решению другой объект – ЖК Жуковка (рис. 4) – комплекс, состоящий из апартментов и жилых зданий, соседствующий с большой зеленой зоной города – Заельцовским парком.

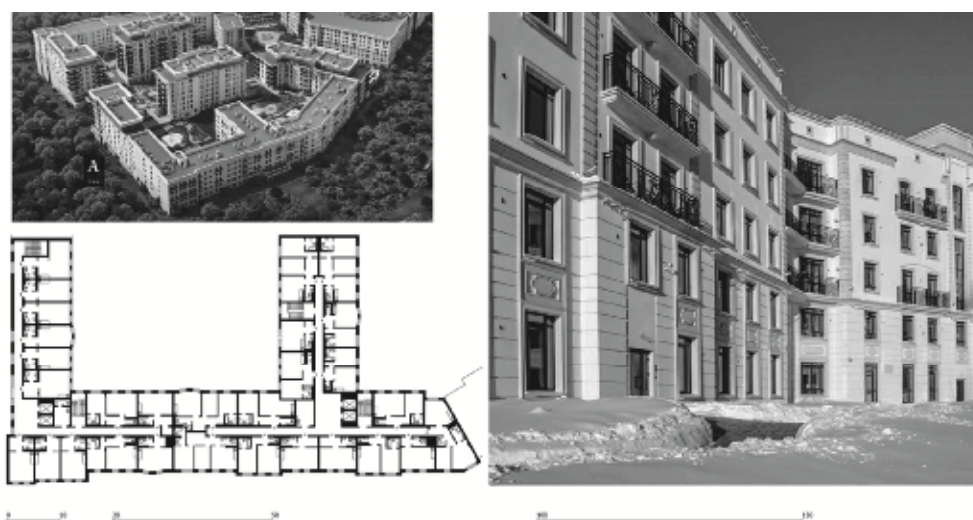


Рис. 4. ЖК Жуковка, апартменты (начало строительства 2014 г., арх. «АТТА-Групп»,  
генпроектирование ООО «Академ Строй Проект»)

Кроме квартир и номеров-апартаментов в комплекс включены спортивно-оздоровительные объекты. Таким образом, здесь реализуется иная концепция организации «элитного жилья» (в том числе арендного), по сравнению с МФК в Москва-Сити. Жилье расположено на удалении от центральной деловой части города и ориентировано на экологичность и связь с природой. При этом в планировке типовых этажей апартаментов преобладают галерейные и коридорные решения (как и в апартаментах, построенных в центральной части города), однако здесь площадь «номера» составляет не менее 35 м<sup>2</sup>.

Таким образом, можно выделить два основных направления строительства апартаментов в Новосибирске в начале XXI века: «эконом-класс» апартаментов в центральной части города (ориентированный на создание «доступного жилья» в центре) и комплексы с апартаментами «бизнес-класса» на удалении от центра («элитное жилье» с интегрированной рекреационной функцией).

В настоящее время ведется работа над Федеральным законом<sup>1</sup>, согласно которому у собственников появится возможность переводить апартаменты в категорию «жилых помещений». Данное решение, о признании апартаментов особым типом «жилья», потенциально несет в себе опасность массового создания таких комплексов на периферии (в стремлении застройщиков к минимизации стоимости квадратного метра), где нет достаточно плотной инфраструктуры и сети объектов обслуживания. К примеру, такой комплекс, как «JET Apartments-2» с 500-ми потенциальными «номерами»-квартирами, возведенный на удалении от метро, мог бы привести к серьезным транспортным проблемам и потребовал бы существенного увеличения объекта для размещения большого количества стоянок для автомобилей. А для социально-бытового обслуживания жителей такого «дома» вдали от центра придется возводить дополнительные объекты обслуживания.

Апартаменты могут компенсировать недостаток «жилья» в зонах с уже существующей плотной сетью обслуживания и развитой системой общественного транспорта – центре города. А во избежание негативных эффектов от перевода апартаментов в категорию «жилых помещений» в местных нормах градостроительного проектирования следует внести изменения, ограничивающие возможность строительства апартаментов на периферии, в зонах с низкой плотностью инфраструктуры.

Превентивные запретительные меры, такие как повсеместное введение минимальной площади земельного участка 0,3-0,35 га и ограничение максимальной площади застройки до 40 % (предложенных в начале 2018 года для ПЗЗ Новосибирска) для объектов «гостиничного обслуживания» (в том числе апартаментов) – с одной стороны, могут сделать потенциальное «перепрофилирование» таких объектов в жилые дома (с устройством дополнительных дворовых площадок в границах участка) более простым. С другой стороны, это будет тормозить развитие центральной части города, где апартаменты являются естественным способом интеграции «жилья» в структуру плотной общественной застройки. Выходом является дифференциация нормативных требований к застройке с учетом расположения участков под строительство в структуре города, и применение подобных жестких ограничений по строительству апартаментов только для участков отдаленных от центральной части города.

### **Заключение**

Изучение истории строительства первых апартаментов в Новосибирске показывает востребованные направления развития жилой архитектуры крупных российских городов.

В отличие от Москвы, в начале XXI века здесь не сформировалось консолидированного центра деловой активности. Апартаменты в основном располагаются на сложных участках (небольшой площади, граничащие с железной дорогой или магистралями) в непосредственной близости к центральной части города, зонах с развитой инфраструктурой.

---

<sup>1</sup>ФЗ «О внесении изменений в Жилищный Кодекс Российской Федерации и отдельные законодательные акты Российской Федерации в части регулирования отдельных правоотношений, возникающих в связи со строительством multifunctionальных зданий» ID проекта 02/04/10-17/00073980, подготовлен Минстроем России 11.10.2017.

Апартаменты в этих районах – сигнал о потребностях развития центральной части города. Концепция жесткого ограничения плотности застройки центра (нормируемый коэффициент которой в Новосибирске на сегодняшний день составляет не более 2,5) устаревает и толкает город на путь экстенсивного развития. Вместо повышения плотности населения в центральной части города, формируются значительные по площади окраины, для обеспечения связи с которыми необходимы серьезные затраты на коммуникации. Формирование больших спальных районов с низкой плотностью населения сегодня неэффективно для крупных городов, как отмечает один из экспертов по развитию Нью-Йорка Рит Аггарвала: «Мы пришли к пониманию, что высокая плотность населения в городах – это не проблема, а решение проблемы» [10].

Располагаясь в центральной части города, апартаменты в Новосибирске при этом ориентированы на эконом-класс. Строительство первых апартаментов было в меньшей мере связано с формированием рынка арендного жилья, и являлось доступной альтернативой жилья в центральной части города. Еще в исторических примерах доходных домов конца XIX-начала XX вв. крупных российских городов наблюдается стремление к многофункциональности и ориентированность на решение проблемы не только гостиничного обслуживания, но длительного проживания горожан [11]. В начале XXI века, на новом витке исторического развития, форма «доходного дома» видоизменилась и теперь предстает в виде многофункциональных комплексов с интегрированной «жилой функцией» в виде апартаментов.

### Список библиографических ссылок

1. Петрухина Е. А. О доходном доме в Российской Федерации исторический опыт и современное видение // Известия вузов. Серия: экономика, финансы и управление производством. 2015. № 04 (25). С. 21–28.
2. Florida R. Who's your city? : how the creative economy is making where to live the most important decision of your life / N-Y. : Basic Books, 2008. 374 p.
3. Шушлебін А. В., Меренков А. В. Апартаменты в России. Анализ реализованных объектов // Новые идеи нового века: материалы международной научной конференции ФАД ТОГУ. 2013. Т. 3. С. 407–413.
4. Данные портала АО «АИЖК» // Единый институт развития в жилищной сфере. URL: <https://xn--d1aqf.xn--p1ai/wp-content/uploads/2016/06/Regulirovanie-apartamentov.pdf> (дата обращения: 30.12.2017).
5. Шушлебін А. В., Меренков А. В. Социально-экономические предпосылки формирования апартаментов долгосрочного проживания // Новые идеи нового века: материалы международной научной конференции ФАД ТОГУ. 2012. Т. 1. С. 629–633.
6. Jacobs J. The Death and Life of Great American Cities / N-Y. : Random House, 1961. 458 p.
7. Гребенщиков К. Н., Меренков А. В. Принципы организации многоквартирного жилища // Приволжский научный журнал, 2012. № 2. С. 166–169.
8. Закиров Р. С., Воронцова А. В. Формы, виды и факторы развития территорий и пространств со смешанным функциональным использованием // Известия КГАСУ, 2016. № 1 (35). С. 74–80.
9. Зиятдинова А. Р., Фахрутдинова И. А. Подходы к проектированию соседских пространств в контексте социологических теорий создания благоприятной городской среды // Известия КГАСУ, 2017. № 2 (40). С. 60–69.
10. Sadik-Khan J., Solomonow S. Streetfight: Handbook for an Urban Revolution / N-Y. : Viking, 2016. 368 p.
11. Надырова Д. А. Доходные дома Казани конца XIX-начала XX вв., как многофункциональные комплексы // Известия КГАСУ, 2016. № 2 (36). С. 57–63.

**Kiselnikova Darya Yusufovna**

post-graduate student

E-mail: [kiselnikova.darya@yandex.ru](mailto:kiselnikova.darya@yandex.ru)**Filippov Valerij Nikolaevich**

candidate of architecture, professor

E-mail: [vfilippov58@gmail.com](mailto:vfilippov58@gmail.com)**Novosibirsk State University of Architecture, Design and Arts**

The organization address: 630099, Russia, Novosibirsk, Krasny prospect, 38

**Construction of apartments in major Russian cities  
on the example of Novosibirsk****Abstract**

*Problem statement.* The purpose of the research is to reveal the reasons for the appearance and peculiarities of the architecture of the commercial apartment building built in the beginning of the XXI century in Novosibirsk.

*Results.* The main results of the study consist in determining the town-planning and space and planning conception of the commercial apartment building as a special type of housing; determining the reasons for the appearance and development of the architecture of the commercial apartment building built in the beginning of the XXI century in Novosibirsk.

*Conclusions.* The significance of the results obtained for the construction industry is to identify the demanded ways for the development of housing construction. The article indicates the possible urban problems associated with changes in the right status of the commercial apartment building, and offers recommendations for changing the local standards of urban planning for Novosibirsk (and other cities).

**Keywords:** commercial apartment building, guest house, residential buildings, architecture of Novosibirsk.

**References**

1. Petrukhina E. A. About a guest house in the Russian Federation historical experience and modern vision // *Izvestiya vuzov. Series: Economics, Finance and Production Management*. 2015. № 04 (25). P. 21–28.
2. Florida R. *Who's your city? : how the creative economy is making where to live the most important decision of your life /* N-Y. : Basic Books, 2008. 374 p.
3. Shushlebin A. V., Merenkov A. V. Apartments in Russia. Analyze of realized objects // *New Ideas of New Century: materials of the international scientific conference FAD TOGU*. 2013. Vol. 3. P. 407–413.
4. Data of the portal JSC «AHML» // Unified Development Institution in the Housing Sector. URL: <https://xn--d1aqf.xn--p1ai/wp-content/uploads/2016/06/Regulirovanie-apartamentov.pdf> (reference date: 30.12.2017).
5. Shushlebin A. V., Merenkov A. V. Social and economic preconditions for formation of apartments for long-term living // *New Ideas of New Century: materials of the international scientific conference FAD TOGU*. 2012. Vol. 1. P. 629–633.
6. Jacobs J. *The Death and Life of Great American Cities /* N-Y. : Random House, 1961. 458 p.
7. Grebenshchikov K.N., Merenkov A.V. Principles of the organization of a multifamily dwelling // *Privolzhskij nauchnyj zhurnal*. 2012. № 2. P. 166–169.
8. Zakirov R. S., Vorontsova A. V. The forms, types and factors of areas and spaces development with mixed functional use // *Izvestiya KGASU*. 2016. № 1 (35). P. 74–80.
9. Ziyatdinova A. R., Fahrutdinova I. A. Design approaches for neighboring spaces in a context of sociological theories of creating a friendly urban environment // *Izvestiya KGASU*. 2017. № 2 (40). P. 60–69.
10. Sadik-Khan J., Solomonow S. *Streetfight: Handbook for an Urban Revolution /* N-Y. : Viking, 2016. 368 p.
11. Nadyrova D. A. Profitable houses of Kazan of the end of XIX-beginning XX centuries, as a multi-functional complexes // *Izvestiya KGASU*. 2016. № 2 (36). P. 57–63.

УДК 712.03

**Мухитов Ринат Киямович**

кандидат архитектуры, доцент

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

**Казанский государственный архитектурно-строительный университет**

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

### **Актуальность функционального мониторинга пешеходной зоны исторического города (на примере улицы Баумана в Казани)**

#### **Аннотация**

*Постановка задачи.* Целью исследования является сравнительная оценка результатов формирования функциональной структуры пешеходной улицы Баумана за 20 лет, после её реконструкции.

*Результаты.* Основными результатами исследования выявлены определенные закономерности в формировании функциональной структуры пешеходной улицы в зависимости от изменения состава пешеходов. Изменение со временем состава пешеходов – преобладание туристов над местными жителями приводит к функциональной трансформации – упрощению состава услуг, первоначально разнообразный состав сократился до продажи сувенирной продукции и недорогого питания.

*Выводы.* Значимость полученных результатов для архитектуры заключается в оценке временных факторов в развитии и эксплуатации пешеходной улицы в исторической части города, т.к. их недооценка приводит к определенной функциональной деградации, а как следствие «потере» статуса центра городской жизни для жителей города

**Ключевые слова:** история становления, реконструкция, пешеходная улица, комфортное городское пространство, туристический поток, функциональная структура.

#### **Введение**

Пешеходные пространства исторического города формировались веками и, прежде всего, как торговые места, которые затем трансформировались в улицы и площади. Только лавки, амбары, мастерские могли привлекать ежедневно горожан, а также и базары, которые тяготели к людным местам и наоборот. И таким местом был в первую очередь городской центр, где жило большинство горожан, а также были хорошие дороги для подвоза товара. Параметрами такого центра служила пешеходная доступность, т.е. максимальные размеры улиц или удаленность базаров не превышала 500-800 метров.

Растущий спрос, популярность городского центра с течением времени приводило к органичному скоплению торговых «точек» в определённых местах города, где совпадали интересы всех заинтересованных сторон, а далее к этим местам начинали тяготеть аптеки и рестораны, банки и гостиницы, главпочтамт и телефонная станция, театры и кинотеатры, доходные дома с меблированными комнатами. Таким образом, происходило неформальное формирование городского центра, значение которого с течением времени только усиливалось. Не смотря на высокую концентрацию услуг пешеходное пространство центра, продолжало развиваться – дополняться транспортом<sup>1</sup>, рекламой и другими событиями, в соответствии со временем. Плотность размещения магазинов, как по количеству, так и по качеству на территории городского центра была неоднородна. Эта неоднородность в первую очередь зависима была от доступности пешеходной, а затем транспортной. Там, где возникали транспортные пересечения – аналоги современных транспортно-пересадочных узлов, создавались условия для формирования лоточной торговли, которая обслуживала пассажиров, основную массу которых формировали домохозяйки, студенты, рабочие, а также служащие, все они были людьми среднего или ниже среднего достатка, что сказывалось на их спросе и, соответственно, на

<sup>1</sup> по улице, по проложенной в 1948 году первой в городе линии троллейбуса ходили его маршруты № 1, 4 (ранее также 7) и несколько маршрутов автобуса, до 1935 года – трамвай, до 1899 года – конка.

ассортименте товаров. В этих условиях происходило формирование улицы Большой Проломной, а ныне Н. Баумана. Сама улица всегда являлась частью пешеходного пространства города, его планировочной осью, соединяющей основную торговую площадь (Рыбнорядскую) и ансамбль Казанского Кремля, с правительственными зданиями и службами городской и губернской власти<sup>2</sup>. К этому надо добавить и близость к улице казанского «толчка» – главного городского базара, который занимал значительную территорию под стенами Гостиного Двора. В выходные дни базар расплзался по соседним улицам, в том числе и на улицу Баумана, сюда «стекался» весь город и обсуждал городские новости. Так в городе появился неформальный общественный центр, который просуществовал даже в советские годы.

Советский период нашей истории не опроверг эту историческую традицию. Улица, которая была торговой, такой и осталась и это любопытный фактор, ведь новая политическая идеология могла этот «пережиток» ликвидировать. Тем не менее, к торговой функции добавились новые – это универмаг, книжный магазин, кинотеатры и театр, но закрылась церковь, сократилось количество питейных заведений, вместо доходных домов появились коммуналки. Количество горожан на этой улице не убавилось, а даже возросло. Центральное расположение улицы в месте транспортного пересечения и концентрация большого количества магазинов, а также наличие гостиниц, ресторанов, кинотеатров и др. объектов обслуживания фактически обусловило формирование крупного пересадочного узла в структуре городского общественного центра [3]. Две эти составляющие явились ключевым фактором высокой концентрации горожан, основная масса которых состояла из трудовых мигрантов, которые при пересадке с одного вида транспорта на другой осуществляли необходимые покупки в магазинах, примыкающих к остановкам общественного транспорта и находящихся в пределах 100 метров или в границах одного квартала. Надо отметить, что доминирование в общем составе пешеходов трудовых мигрантов, сказалось на ассортименте услуг и товаров. Это наличие доступных промтоваров по низким ценам, продуктовых товаров основного повседневного ассортимента – хлебные, молочные, колбасные, рыбные, а также столовые с соответствующим ассортиментом – блинная, пельменная, кафетерии. При высоком количественном показателе трудовых мигрантов их поток был не равномерным, т.е. в утренние и вечерние часы было максимальное присутствие, а днём – самое минимальное. Но в дневное время в составе пешеходов доминировали студенты близлежащих университета, финансово-экономического института, техникумов и ПТУ, которые активно посещали кинотеатры и кафе. А в праздники и выходные дни пешеходов было такое количество, что их не вмещали тротуары и люди начинали занимать и проезжую часть улицы. В результате по улице двигался только общественный транспорт, а частный и грузовой автотранспорт предпочитал для проезда соседние улицы, а со временем для грузового автотранспорта был введен запрет на транзитный проезд.

### **История реконструкции**

Учитывая устойчивую популярность улицы среди горожан, власти города и городская общественность в 80-е годы прошлого столетия начали обсуждать возможность по превращению улицы в пешеходную. А для начала стали периодически в праздничные дни вводить временный запрет на сквозной проезд. Это был начальный этап в формировании будущей пешеходной улицы города, на который, прежде всего, повлиял зарубежный опыт в городах Западной Европы, имеющий длительный период существования. Этот опыт стал востребованным благодаря тому, что перестал быть идеологическим фактором именно в 80-е годы прошлого столетия. А в последующем

---

<sup>2</sup> Улица Баумана – одна из самых старых и главных улиц Казани. В эпоху Казанского ханства она называлась Ногайской дорогой. В 1552 году, во время штурма Казанского Кремля московскими войсками Ивана Грозного, обе его стены южнее и севернее улицы были проломлены взрывами, а улица была названа сначала Проломной, а затем Большой Проломной. В XVI веке, продолжая уже имевшуюся застройку северной части улицы, в её южной части возникла Новая слобода, получившая позже название Богоявленской по названию сооружённой здесь церкви. В 1930 году, улица была переименована в честь выходца из Казани революционера Баумана. Это название сохранилось до настоящего времени.



решающим фактором стал существующий советский опыт по реконструкции исторических мест и формированию пешеходных зон в столицах союзных республик бывшего Советского Союза – Тбилиси, Киеве, Вильнюсе, Баку, который широко был представлен в прессе и на телевидении. В городах Российской Федерации период массового формирования пешеходных пространств начался позже всех, в конце 80-х годов и продолжается до сих пор. Это появление пешеходного Арбата в Москве, затем там же, но значительно позже Столешников переулок, Кузнецкий мост стали полностью пешеходными. В городах Поволжья наряду с Казанью появилась пешеходная улица в Саратове, которая долгие годы являлась примером по организации и оформлению летних кафе и торговых объектов. Затем появилась пешеходная улица и в Нижнем Новгороде.

Развитие пешеходных улиц претерпела существенные изменения, если вначале происходило ограничение и затем полный запрет на транспортное движение, то в последующем стала задача благоустройства уличного пространства – отказ от асфальтового покрытия улицы и тротуаров в пользу плиточного покрытия, устройства пешеходных уличных светильников, размещения скамеек и малых архитектурных форм, дополнительного озеленения. В каждом городе был разный опыт формирования структуры и формы обслуживания пешеходов, так как он зачастую зависел от финансовых возможностей властей и форм привлечения дополнительных ресурсов арендаторов и собственников помещений и зданий.

Пешеходная улица в Казани стала только тогда пешеходной, когда удалось решить проблему изменения транспортного движения и организовать новые маршруты общественного транспорта. Затем необходимо было реконструировать существующие инженерные сети, в том числе увеличить их мощность. Для нового уличного покрытия был закуплен завод фирмы «Колабмья», который производил искусственный цветной дорожный камень, а также и ряд других элементов для мощения, а для его укладки, на первой очереди, были приглашены специалисты из Югославии, так как на тот период собственных специалистов по мощению просто не было. В вопросах проектирования пешеходной улицы также возникали проблемы, так как подобного опыта не было, да и в целом в советские годы не существовало понятия пешеходного пространства, улицы. Поэтому решить, что должно быть размещено и как на улице оставалось открытым и зачастую носило волонтаристский характер, это было прерогативой мэра города. Поэтому сохранялась прежняя функциональная структура, за исключением ряда несвойственных объектов как ПТУ, общежитие. В некоторых случаях менялся арендатор, поэтому могла меняться и функция.

Но особое внимание было уделено застройке, которая в большинстве своем нуждалась в реконструкции и реставрации. На первом этапе реконструкции улицы стало ясно, что состояние практически большинства зданий аварийное – это залитые водой и засыпанные землей подвалы, вертикальные просадочные трещины в надземной части, как последствия пробивки новых проемов в стенах, занижения горизонтальной гидроизоляции вследствие постоянных асфальтовых накатов и т.д. Одним из первых мероприятий стало снятие существующего дорожного покрытия и понижение уровня улицы в среднем до 70 см, в результате у большинства зданий появились входные ступени, про которые уже и забыли, но стали проблемой при мощении улицы. Вторым важным моментом стала расчистка подвалов и раскрытие старых подвальных и цокольных проемов, которые обеспечивали вентиляцию этих пространств. Расчистка подвалов предполагала размещение в них дополнительных функций, что себя полностью оправдало. Ряд зданий из-за своего аварийного состояния было снесено, а на их месте затем были возведены новые. Большая часть застройки обрела прежний исторический облик, что повысило архитектурный статус пешеходной улицы. Наконец третьим важным этапом в реконструкции улицы стало освобождение вторых и третьих этажей зданий (преимущественная этажность застройки – это два и три этажа) от существующего жилья, коммунальных квартир. Эти квартиры выкупались владельцами или арендаторами магазинов, которые стремились расширить торговые площади или организовать свои офисы, гостиничные номера или рестораны, так как понимали, что пешеходная улица привлекает больше посетителей магазинов и ресторанов. Этот этап по времени тесно связан с периодом, когда муниципальная собственность стала

передаваться и продаваться старым и новым собственникам, когда бывшие арендаторы стали хозяевами недвижимости и начали вкладываться в реконструкцию и реставрацию своих объектов. В это время и многие домовладения стали или дробиться или укрупняться под интересы новых собственников. В последующем это послужило толчком к появлению крупных торговых центров в структуре улицы.

### **Функциональная структура улицы**

Первые годы существования полноценной пешеходной улицы во всем ее объеме были однозначно насыщенными как по количеству посетителей, так и по числу общественных событий. Это было единственное комфортное городское пространство, где собиралось активное население и могло себя реализовать как в повседневные дни, так и в праздники. Отреставрированные фасады зданий и единственно замощённая улица без тротуаров с невиданными до этого уличными скульптурами и фонтанами, а также бесконечный ряд летних кафе с пивным ассортиментом местного завода, большое количество новых магазинов (теперь это уже модные бутики), рестораны с концертными номерами и стриптизом, казино и т.д. – все это манило горожан и гостей города. Постоянно растущий спрос на новые услуги увеличивал стоимость аренды и земли, привлекал новых инвесторов. В эти годы была реализована инициатива мэра города по созданию подземного пешеходного пространства на предпоследнем участке реконструируемой улицы. По проекту предполагалось раскрыть подвалы всех прилегающих зданий и организовать вариант подземной улицы с магазинами и кафе, а главное, связать это подземное пространство со станцией метро. Из-за финансовых затруднений, а также из-за конструктивных особенностей подвалов зданий (уровень заложения фундаментов и подвалов оказался разным, что привело к разрушению одного из них) проект остался до конца нереализованным. Все годы существования пешеходной улицы данное подземное пространство не эксплуатировалось. Имея ограниченные свободные площади на самой улице, новые функции со временем стали размещаться уже на примыкающих и соседних улицах. Одновременно стали освобождаться офисы организаций, которые из-за транспортной загруженности центра и отсутствия достаточного количества парковочных мест стали переезжать в буферную зону или на окраину города. Таким образом, пешеходное пространство вышло за рамки улицы и стало распространяться на значительную территорию (как правило, вдоль улиц, но только не внутрь кварталов). Само существование пешеходной улицы в результате дало толчок к формированию пешеходного пространства уже в пределах исторического центра, который стал благодаря этому более привлекательным, а также этому способствовало последующее принятие ограничений на автопарковку.

Начиная с 2000 года и по 2005 г., когда г. Казань стала готовиться к юбилею, празднованию своего тысячелетия, начался активный этап реконструкции города. В исторической части города были построены подземные и надземные паркинги, станции метро, ряд новых общественных объектов, реконструированы и реставрированы исторические здания. Рядом и на территории пешеходной улицы появились новые торговые и торгово-развлекательные комплексы, гостиницы, рестораны. Размещение самих объектов и выбор функционального значения, как правило, определялся стереотипно, т.е. если имеет место большого скопления людей, то там возможно появление функций с высокой степенью окупаемостью. Для такого размещения способствовало наличие значительного количества территориальных резервов, образованных в результате сноса ветхих строений и большого количества хозяйственных построек внутри домовладений, которые планировалось первостепенно застроить к юбилею города. Задача застройки пустырей для формирования полноценной уличной застройки являлась главной, поэтому для привлечения инвесторов не предусматривалась регламентация и контроль выбора конкретного функционального назначения объектов, как на самой улице, так и на прилегающих территориях. В результате в последующем, за относительно короткий промежуток времени возникла избыточная концентрация однотипных функциональных объектов на отдельных территориях, что незамедлительно привело к тому, что одни торговые центры продолжают сегодня функционировать, а другие были вынуждены сократить торговые площади или перефункционализироваться.

Сегодня можно констатировать, что падение спроса горожан на торговые функции на пешеходной улице обусловлены строительством крупного гипермаркета «Кольцо», который непосредственно соседствует с улицей, от этого соседства пострадал ГУМ и ТРК «Родина». Последствия такой реконструкции очень быстро сказались на состоянии самой улицы. Появились новые здания, которые после реконструкции изменили свое прежнее функциональное назначение. Так Дом печати был превращён в гостиницу «Ногай», а бывшая гостиница «Казань» стала элитным жилым комплексом «Казанское подворье». Значительно возросший поток туристов в последние годы, особенно после проведения в 2013 г. летней Универсиады, оказал заметное влияние на формирование функциональной структуры пешеходной улицы. Стало очевидным, что возросло количество магазинов, торгующих сувенирной продукцией, но практически исчезли или сократилось до минимума число протоварных и продуктовых магазинов, аптек, кинотеатров, дорогих ресторанов, книжных магазинов, а также модных бутиков. Как было ранее сказано, в активный период формирования пешеходной улицы были ликвидированы все коммунальные квартиры, т.е. основная масса горожан покинула эту улицу, предпочтя более тихие районы для проживания, к тому же поток туристов «потеснил» местное население, которое переориентировалось на новые торгово-развлекательные центры, расположенные по месту жительства. Современные торгово-развлекательные комплексы представляют собой прототип пешеходной улицы, но функционально более комфортабельны – помимо разнообразной торговой функции, питания, кинотеатров имеют развитую анимацию для детей, гардеробы, камеры хранения и туалеты, чего порой не хватает обычным улицам, а также обладают удобной парковкой. В таких комплексах семья может провести полдня, совмещая необходимые покупки и отдых, особенно когда на улице жарко, здесь прохладно, когда наоборот холодно или дождливо здесь тепло и сухо. Но в таких универсальных центрах нет главного – подлинного исторического архитектурного окружения, которым обладает пешеходная улица исторического города.

Сегодняшнее функциональное состояние пешеходной улицы не является критическим, так как оно в полной мере соответствует общему состоянию города и сформированному туристическому потоку. Другими словами, появление новых объектов туристического притяжения на улице или вблизи ее оказывает всегда положительный эффект, при условии их равномерного расположения на всем протяжении улицы. На данный момент времени можно констатировать, что за почти двадцатилетнюю свою историю прежняя торговая улица постепенно превратилась в «сувенирную лавку», где приезжих всегда больше чем местных жителей. А поэтому здесь, никогда не будут присутствовать продуктовые лавки и магазины, объекты бытового обслуживания, социальные службы и все то, что обычно нужно местному населению. За то здесь появились ювелирные магазинчики, антикварные лавки, всевозможные объекты питания равно также как и в известных туристических центрах Европы, а также периодически появляются небольшие занимательные аттракционы. Если в перспективе количество объектов развлечения станет больше, то скоро улицу Баумана можно будет сравнить с известной пешеходной улицей Истикляль в Стамбуле (Турция), про которую наши туристы говорят, что на этой улице никогда не спят, всегда очень оживленно и много народа. В дневное время на ней открыто множество магазинов и кафе, ходит трамвайчик, гуляют туристы и местные жители, а вечером открываются ночные клубы, многие из которых готовы принять посетителей до поздней ночи (а точнее, до раннего утра).

### **Зарубежный опыт**

Зарубежные примеры функциональной организации пешеходных зон исторических городов демонстрируют явную стандартизацию – доминирование сувенирной торговли и доступного питания [4]. Единственное различие прослеживается в качестве сувенирной продукции. Так, например, в Кракове (Польша) торгуют изделиями из янтаря, в Венеции (Италия) торгуют изделиями из стекла и карнавальными масками, во Флоренции (Италия) торгуют золотыми изделиями, в Никосии (Кипр) – кружевными изделиями и т.д. Даже местная кухня для туристов не является актуальной, так как при кратковременном посещении туристы предпочитают определенные безопасные стандарты в пище – на уровне брендовых фастфудов, обладающих международным и проверенным качеством

приготовления пищи и ассортиментом блюд (знакомого и апробированного у себя дома). В результате для туристов создаются приемлемые условия пребывания в городе, так как увеличение потока туристов является важным, а то и основным источником финансового пополнения городского бюджета и трудоустройством его горожан. Приоритетное отношение к туристам с одной стороны повышает привлекательность и загруженность пешеходных улиц в исторических городах, но с другой стороны, одновременно, как бы «вытесняет» местных жителей из этих территорий. Как пример, можно привести бульвар Рамбла, который является самой оживленной улицей Барселоны (Испания), где большая часть людей, посещающих эту улицу – туристы, а не местные жители (эту улицу чаще всего называют Лас-Рамблас, потому что на самом деле эта улица состоит из нескольких улиц, совершенно разных по стилю). В местах скопления туристов очень трудно найти местных жителей, они «избегают» эти достаточно шумные места, предпочитая более тихие зоны с детскими площадками и магазинами с товарами повседневного спроса. Так произошло в исторических центрах Кордовы и Севильи (Испания), в Риме и Сиене, Пизе, Венеции (Италия) и других городах Европы. Наиболее наглядным примером служит ситуация на большом канале Венеции. Это самая насыщенная историческая территория города по количеству туристов. В последние годы власти города фиксируют устойчивый отток жителей острова в сторону материковой части, даже, несмотря на существенную финансовую поддержку за счёт доходов от туристического бизнеса. Эта финансовая помощь необходима собственникам для содержания исторических жилых зданий, которыми мы любуемся как туристы. Но постоянное нахождение в зоне активных туристических маршрутов и отсутствие структуры обслуживания для самих жителей перевешивает их желание здесь оставаться. Сегодня можно констатировать, что избыточное количество туристов в известных исторических местах провоцирует негативную реакцию со стороны местных жителей. Они открыто выступают за ограничение потока туристов в городах, так как сфера обслуживания, ориентированная на туристов, игнорирует собственных горожан, а именно отсутствуют продуктовые и овощные магазины, аптеки и парикмахерские, мастерские по мелкому ремонту и т.д. Условия для постоянного проживания, как на самих пешеходных улицах, так и в ближайших районах являются худшими как по шумности, безопасности, обслуживанию, так и по высокой стоимости услуг и товаров, жилья. А количество рабочих мест в сфере туристической индустрии сильно подвержено сезонности, а значит, лишено стабильности, что провоцирует высокую безработицу со всеми последствиями. Заметные выступления горожан с протестами против туристического «засилья» своих городов произошли в 2017 г. в Каталонии и Стране Басков. С лозунгами «туристы, убирайтесь домой» прошли демонстрации местного населения, для которых «агрессивная» туристическая модель ведёт к «обнищанию рабочего класса» [8].

В нашей стране таких публичных акций пока не было, но скрытая форма противодействия туристам присутствует. Так в 90-х годах в г. Ульяновске была реконструирована улица, на которой располагалось мемориальное домовладение, связанное с семьей Ульяновых (туристический маршрут по Ленинским местам). В рамках реконструкции были воссозданы все жилые дома по улице и модернизированы их внутренние планировочные решения для создания современных комфортабельных условий проживания местных жителей. Однако для туристов соседние с памятником жилые домовладения представлялись такими же объектами туристического посещения, так как их архитектура сохраняла историческую аутентичность с памятником. В результате это привело к тому, что жители этих домовладений стали закрываться от любопытных туристов, которые достаточно бесцеремонно вели себя здесь. Бойкотирование туристического интереса выражалось в том, что жители стали вешать на входных воротах таблички «осторожно злая собака», таким образом, защищая неприкосновенность своего жилья. Таким образом, проявилась явная недоброжелательность местного населения по отношению к туристам, о которой не предполагали проектировщики и организаторы этой туристической зоны города.

Значительная функциональная трансформация в сфере обслуживания населения произошла в результате изменения качественного состава пешеходов. Популяризация улицы Баумана среди туроператоров как объекта городской достопримечательности в течение двадцатилетнего периода существования привела к тому, что туристы стали

преобладающим потребителем услуг, предоставляемых на улице. Это является закономерностью не местного значения, а общемировой тенденцией для пешеходных улиц в исторических городах, ставших туристическими «мекками» [10]. Стремление к росту туристического потока приводит к его доминированию и, соответственно, вытеснению местного населения из мест, предназначенных для горожан. А бесконтрольный рост туристического потока приводит к уже открытому противодействию местного населения, которое видит в нём основного виновника ухудшения условий жизни и отдыха.

Перспектива функционального развития улицы Баумана напрямую зависит от туристического потока, который особенно активен в летние месяцы и праздники, но в остальное время идёт на спад. Тем не менее, и в будущем улица останется привлекательной в первую очередь для туристов, для которых она должна быть «большой сувенирной лавкой с едой и развлечениями». Местным жителям улица будет снова интересна, если она по своему новому содержанию будет отличаться от существующих торгово-развлекательных центров, новых набережных с их рекреационными функциями и обновлённых парков с местами активного отдыха.

### **Заключение**

В заключении можно констатировать, что за двадцать лет существования пешеходная улица Баумана претерпела серьёзные изменения в функциональной структуре, в первую очередь она стала значительно проще:

- осталось единичное количество жилых домов;
- полностью исчезли продуктовые магазины всех типов;
- полностью исчезли магазины хозяйственных товаров;
- полностью исчезли магазины протоварной группы товаров в низкой и средней ценовой зоне;
- полностью исчезли предприятия бытового обслуживания населения;
- практически не осталось аптек;
- осталось единичное количество книжных магазинов;
- сократилось количество бутиков модной одежды;
- сократилось количество ресторанов;
- закрылся кинотеатр «Татарстан»;
- закрылось большое количество офисов;
- появилось большое количество сувенирных магазинов;
- увеличилось количество фастфудов;
- увеличилось количество гостиниц;
- появились занимательные аттракционы для детей и взрослых.

### **Список библиографических ссылок**

1. Саначин С. Экскурс в архитектурную жизнь советской Казани. Казань : Фолиант, 2014. 240 с.
2. Урбах А. И., Лин М. Т. Архитектура городских пешеходных пространств. М. : Стройиздат, 1990. 200 с.
3. Bandarin, Francesco. «From Paradox to Paradigm? Historic Urban Landscape as an urban conservation approach». Taylor, K. and Lennon, J. 2012. Managing Cultural Landscapes. London and New York: Routledge. Charter 11. 2011. 56 p.
4. Martin O., Piatti G. World Heritage and Buffer zone. Paris: UNESCO, 2009. 47 p.
5. Krier, Leon. «The Architecture of Community». Washington : Island Press, 2009. 243 p.
6. Белов М. Экономические предпосылки формирования пешеходной улицы // Дизайн ревью, 2010. № 1-4. С.73–85
7. Белов М. Жизнь пешеходных улиц: принцип сезонности в дизайне городской среды // Дизайн ревью, 2011. №3-4. С.84–94
8. Когалов Ю., Забродина Е. Сиеста без выходного пособия // Российская Газета. № 201 (7367) 7.09.2017. С. 16.

9. Агранович Д., Агранович-Пономарева Е., Мазаник А. Создание пешеходной улицы: ожидаемый эффект и неожиданный результат. 26.05.2008. URL: <http://ais.by/story/1446> (дата обращения: 19.10.2017).
10. Асебилю Х. Последствие плохого метаболизма города – низкое качество жизни его обитателей // archplatforma.ru. URL: <http://www.archplatforma.ru/index.php?act=1&catg=88&nwid=1077>(дата обращения: 30.10.2017).

**Muhitov Rinat Kiyamovich**

candidate of architecture, associate professor

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

**Kazan State University of Architecture and Engineering**

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

**The relevance of functional monitoring of the pedestrian zone  
of the historic town (on the example of the Bauman Street in Kazan)**

**Abstract**

*Problem statement.* The aim of the study is a comparative evaluation of the results of the formation of the functional structure of the Bauman pedestrian street for 20 years after its reconstruction.

*Results.* The main results of the study revealed certain regularities in the formation of functional structure of pedestrian streets, depending on changes in the composition of the pedestrians. Change over time, the composition of the pedestrians is the preponderance of tourists over local residents leads to functional transformations-simplify the composition of services originally varied line-up was reduced to selling souvenirs and inexpensive food.

*Conclusions.* Underestimation of the temporary factors in the development and operation of the pedestrian street in the historic part of town leads to a certain functional degradation and «lost» as a result the status of Center of city life for the residents of the city.

**Keywords:** the history of formation, reconstruction, pedestrian street, comfortable urban space, tourist flow, functional structure.

**References**

1. Sanachin S. Insight into the life of Soviet architecture. Kazan : Foliant, 2014. 240 p.
2. Urbach A. I., Lin M.T. Architecture urban pedestrian spaces. M. : Stroiizdat, 1990. 200 p.
3. Bandarin, Francesco. «From Paradox to Paradigm? Historic Urban Landscape as an urban conservation approach». Taylor K. and Lennon J. 2012. Managing Cultural Landscapes. London and New York : Routledge. Charter 11. 2011. 56 p.
4. Martin O., Piatti G. World Heritage and Buffer zone. Paris : UNESCO, 2009. 47 p.
5. Krier, Leon. «The Architecture of Community». Washington : Island Press, 2009. 243 p.
6. Belov M. Economic prerequisites for the formation of the pedestrian street // Design review, 2010. № 1-4. P. 73–85.
7. Belov M. Life pedestrian streets: the principle of seasonality in the design of the City Wednesday // Design review, 2011. № 3-4. P. 84–94.
8. Kogalov Y., Zabrodina E. Siesta without severance pay // Rossiyskaya Gazeta. № 201 (7367) 7.09.2017. P. 16.
9. Agranovich D., Agranovich-Ponomareva A., Mazanik E. Creating pedestrian streets: the effect and an unexpected result. 26.05.2008. URL: <http://ais.by/story/1446> (reference date: 19.10.2017).
10. Asebilo H. The consequence of poor metabolism of the city-low quality of life of its inhabitants // archplatforma.ru. URL: <http://www.archplatforma.ru/index.php?Act=1&catg=88&nwid=1077> (reference date: 30.10.2017).

УДК 72.01

**Эль Катани Фатин**

архитектор

E-mail: [elkettani2017@yandex.ru](mailto:elkettani2017@yandex.ru)

**Лаауинат Карим**

архитектор

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

**Архитектурная организация KATSAL.SARL**

Адрес организации: 23000, Марокко, г. Бэни-Меллаль, административный район, д. 5

**Валеева-Сулейманова Гузель Фуадовна**

Доктор искусствоведения, профессор

E-mail: [valeeva\\_art@mail.ru](mailto:valeeva_art@mail.ru)

**Казанский государственный архитектурно-строительный университет**

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

### **Концепция «вертикального города» как объекта проектирования в условиях пустыни Сахара на территории г. Марзуга в Марокко**

#### **Аннотация**

*Постановка задачи.* Концепция «вертикальных городов» заключается, с одной стороны, в перераспределении плотности населения, а с другой – в создании самостоятельной экосистемы в границах полифункционального здания.

Целью статьи является исследование существующего опыта в сфере проектирования полифункциональных зданий в условиях сложной окружающей среды пустыни Сахара.

В этом аспекте основной задачей работы стало научное осмысление концепции «вертикального города», как одного из способов решения проблем адаптации современной архитектуры к существующей среде. Градостроительные и архитектурные теории, отражающие концепцию «вертикального города», начиная с эпохи вавилонских зиккуратов, ренессансных многоуровневых башен и др., находят в современную эпоху новое выражение в проектах городов-небоскрёбов, высотных полифункциональных комплексов, в философии аркологии и др.

*Результат.* Анализ теоретических исследований позволил проследить ряд принципов проектирования вертикального города, как полифункционального здания, в условиях пустыни Сахара. Выявлена концепция аркологии, которая лежит в основе современных проектов вертикальных городов, ведущих себя как живой организм – реагируют на изменения температуры и сами себя обеспечивают энергией и питанием.

*Выводы.* Значимость результатов исследования раскрывается в выработке оптимального для строительства в зоне пустыни Сахара (г. Марзуга) архитектурного решения, развивающего концепцию «вертикального города».

**Ключевые слова:** архитектура, проектирование, вертикальный город, город-небоскрёб, аркология, зиккурат, индустриальный город, полифункциональное здание, модель идеального города.

#### **Введение**

В условиях нарастающей глобализации и устойчивой тенденции к урбанизации и росту городов усиливается актуальность современного архитектурного проектирования в сфере градостроительства. Научные разработки показывают, что преобразование структуры городской среды, обновление её планировки в условиях непрерывности пространства, морфология среды и приспособление ее к изменяющимся условиям возможны за счет архитектурного проектирования, учитывающего многообразный комплекс факторов. Все чаще целью такого проектирования становится город, в котором человек чувствует себя «как дома» и не только в условиях созданной им частной среды, но и в совокупном общественном пространстве. Немаловажную роль в этом играет, соответствующий параметрам сложившейся среды, оптимальный выбор высотности зданий.

### **Обоснование проблемы**

Надо отметить, что проблема высотности зданий имеет двоякий характер. Как показывает мировой опыт в сфере архитектурно-градостроительной практики, при проектировании в городской среде возникало отсутствие свободного пространства, что способствовало «буму» высотного строительства. Небоскрёбы, на строительство которых тратится большое количество средств и времени, тем не менее, стали неотъемлемой частью мегаполисов, как единственный и оптимальный выход из сложившейся ситуации.

В то же время, на географических картах выявляются абсолютно незаселённые пространства, в которых сложные природно-климатические условия не позволяют обустроить комфортные жилища для проживания людей, а, следовательно, высотные полифункциональные здания, являются одним из оптимальных способов решения существующей проблемы. К объекту проектирования в сложных условиях природной среды относится и пустыня Сахара, занимающая огромную площадь в центре африканского континента. Ее территория простирается на десять африканских государств, но из-за нехватки влаги и экстремально высоких температур, плотность населения здесь крайне низкая. К тому же в 2011 году учёными был подтвержден ежегодный прирост территории пустыни приблизительно на 50 километров, что вынуждает жителей покидать традиционные места расселения.

### **Анализ проблемы**

Данная проблема относится и к городу Марзуга, небольшому поселению на юго-востоке государства Марокко, в 35 километрах от города Риссани, в 55 километрах от города Эрфуда и в 50 километрах к западу от алжирской границы. Марзуга – пыльное селение, фактически край пустыни Сахара, где из городской инфраструктуры, кроме нескольких универмагов, представлена парочка небольших отелей, ресторанов и кафе. До 2000 года в сторону Марзуги не были проложены асфальтовые дороги, но, несмотря на это, она издавна считается одной из главных достопримечательностей Марокко и особенно привлекает туристов. Также она является крупнейшей в стране площадкой расположения подземных вод. Это способствовало тому, что в 2006 году Марзуга была затоплена в результате внезапного паводка; погибли люди, более тысячи человек лишились жилья.

Этот город, как и большинство других исторических городов африканской пустыни, находится в настоящее время под угрозой исчезновения. Он возник в первые века нашей эры и пережил в своей истории смену многих цивилизаций, что ярко отразилось на его архитектуре. К сожалению, сегодня Марзуга страдает от массы проблем, которые ведут к его вымиранию. Вот некоторые, наиболее острые, из них:

- постепенное запустение города из-за миграции местного населения;
- заброшенные исторические здания и произвольное строительство малоэтажных домов;
- нехватка или отсутствие городской инфраструктуры (коммерческих, общественных и других зданий), зон отдыха и развлечений;
- отсутствие градостроительного планирования, проектирование современной архитектуры зданий без решения проблем воздействия внешних факторов среды.

### **Цель исследования**

В сложившихся условиях, в первую очередь, нас интересуют возможности адаптации современной архитектуры к природно-климатической и исторической среде, что в целом наталкивает на поиск актуальных подходов в проектировании, в изучении мирового опыта. Создание объектной модели позволит преодолеть воздействие агрессивных факторов среды и разработать оптимальное проектное решение, нацеленное на совершенствование жилого и общественного пространства города.

Как свидетельствует мировой опыт, современные технологии позволяют строить здания таких внушительных объемов, в которых может разместиться население небольшого города. Расположить весь сложный городской организм в стенах одного гигантского дома – это одно из наиболее смелых и оптимальных решений проблемы, в частности для условий, в которых существует Марзуга.



### История вопроса

Подобного типа города и поселения, слитые в единый монолитный архитектурный комплекс, существовали в древности на Ближнем Востоке. Так, например, были устроены зиккураты Вавилона, в каком-то смысле к ним можно отнести плотно застроенные замки и города эпохи Средневековья [1]. Зиккураты (от вавилонского слова «siggurati» – вершина), вершина горы – многоступенчатое культовое сооружение, архитектура которого была выработана в древности в Месопотамии и Эламе. Они типичны для ассирийского, вавилонского, шумерского и эламского зодчества (рис. 1). Зиккурат представлял собой башню, которая, в сущности, являлась полифункциональным архитектурным объектом, сложным по назначению комплексом, объединяющим в себе разные функциональные блоки (рис. 2). За последние тысячелетия типологический ряд объектов претерпел ряд существенных изменений: появились новые типы зданий; многофункциональность превратилась в норму; в сооружениях стали проектироваться пространства универсального использования.

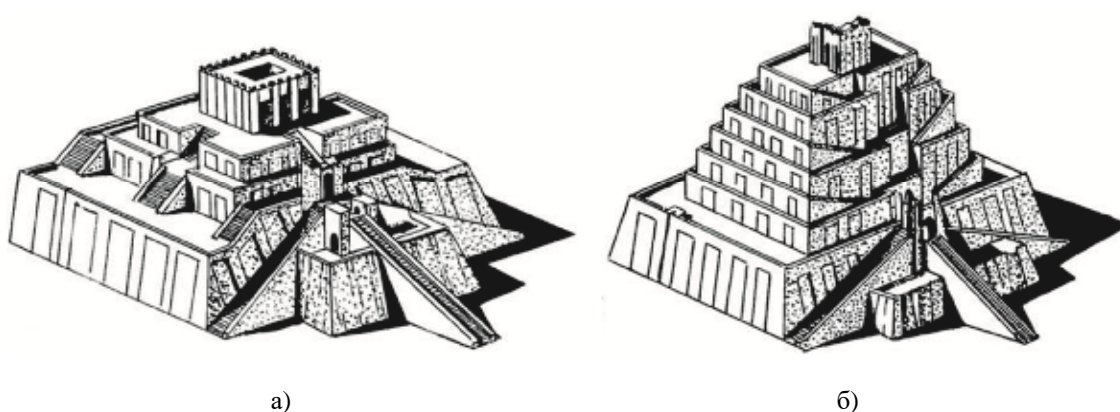


Рис. 1. Зиккураты в г. Ура [1]



Рис. 2. Крепостная стена города в Месопотамии [1]

Полифункциональные здания, совмещающие жилые и общественные функции, позволяют максимально эффективно реализовывать прагматические потребности, имея ввиду комплексность доступа к различным услугам и процессам в многофункциональном пространстве [2]. Как показывает мировой опыт, развитие инфраструктуры крупнейших городов эффективно происходит как раз в рамках полифункциональных комплексов (рис. 3). Создание многоуровневых зданий, объединяющих жилые и общественные пространства, становится объективной необходимостью, вызванной, в конкретном случае, условиями среды пустыни. Это один из наиболее кардинальных вариантов решения проблемы города Марзуги. По сути, сложный полифункциональный комплекс, состоящий из множества общественных и жилых блоков, объединенных единым коммуникационным остовом, занимающий минимум площади [3] и есть модель вертикального города.

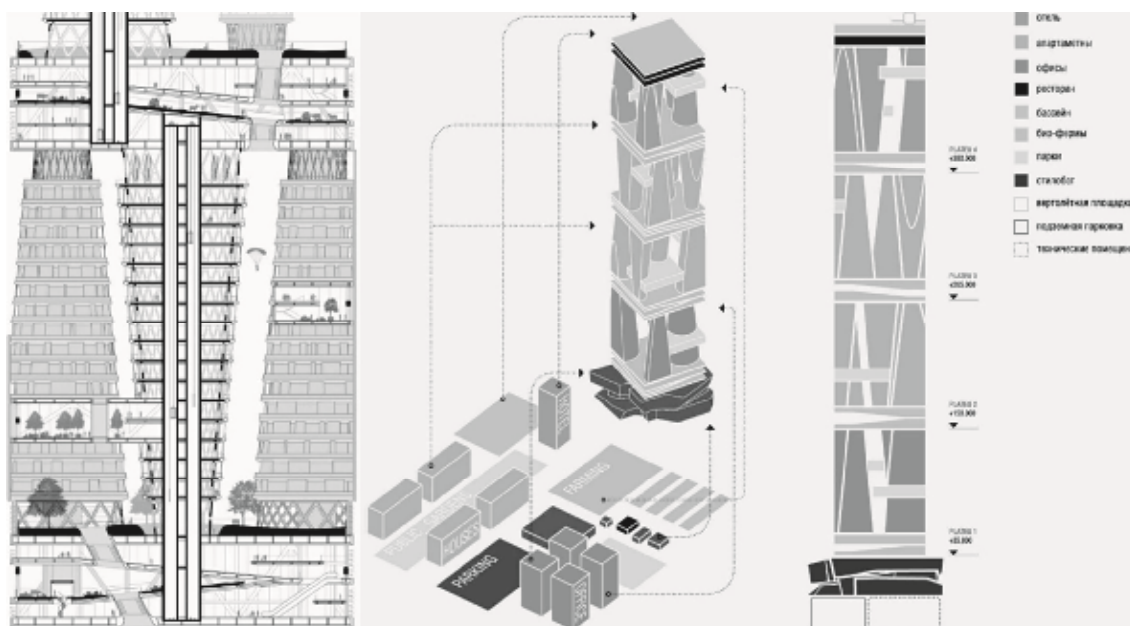


Рис. 3. Структура и схема полифункционального здания – вертикального города.  
Структура и Схема [13]

### Основные результаты

Таким образом, надо признать, что для условий пустыни оптимальным является высотный многофункциональный пространственный объем. К решению задачи создания такого объема близка идея вертикального города, волновавшего умы многих великих людей. Еще в эпоху Возрождения о нем размышлял Леонардо да Винчи, создавая образ города, который мог бы стать величайшим архитектурным достижением и воплощением технических инноваций. Его идея заключалась в замысле двухуровневого города. Первый – верхний уровень предназначался для пешеходных и наземных дорог. Второй – нижний уровень – для связанных с подвалами домов тоннелей и каналов. Он даже спроектировал множество функциональных модулей для идеального высокотехнологичного города. Главной особенностью города Леонардо да Винчи было то, что он состоял из нескольких ярусов, связанных между собой лестницами и переходами (рис. 4). Первый верхний ярус был отведен для высших слоев общества, а нижний ярус – для торговли и оказания услуг.

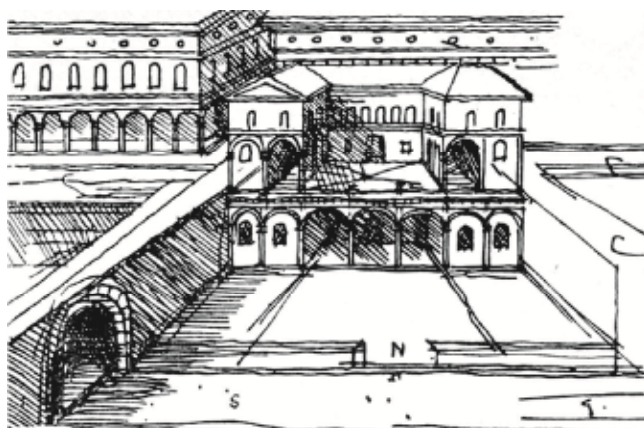


Рис. 4. Проект города – здания Леонардо да Винчи [12]

В начале XX века архитекторов волновала идея индустриального города. В частности Антонино Сант Элиа на выставке «Casamento dalla Citta Nuova» (рис. 5) представляет публике проект такого города. Он строился по принципу, именуемому в архитектурной науке трехмерным градостроительством: многоуровневая инфраструктура

коммуникаций, развернутых над и под поверхностью земли. В его проекте вертикальные шахты лифтов, вынесенные наружу, с выходами на террасы, напоминающие объемы мощных контрфорсов, связывающие разные уровни сооружения. Во всех архитектурных формах, фланкирующих здание, акцентируют мосты-переходы, транспортные магистрали, превалирует стремление к высотности [6].

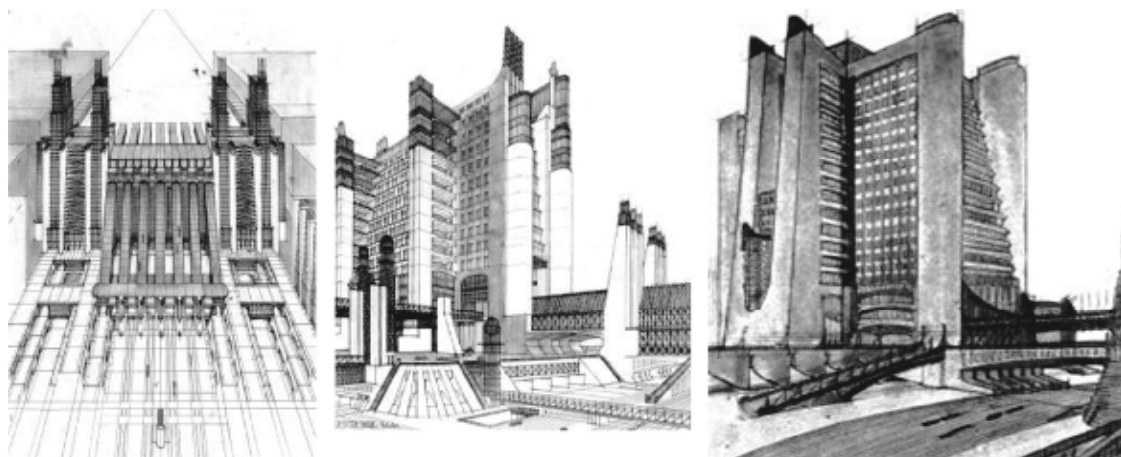


Рис. 5. «La Citta Nuova» («Новый город») Санта Элия [9]

Конечно, нельзя сказать, что идея вертикального города нова. Она появилась достаточно давно и нашла свое продолжение в философии – «аркологии» (термин составлен из слов архитектура и экология), в которой архитектурная концепция, при проектировании среды обитания человека, учитывает экологические факторы. Идея аркологии подробно описана и изучена в книге легендарного итальянского архитектора Паоло Солери, который сегодня строит свой идеальный город, используя все последние достижения науки и техники. Согласно Солери, городские поселения в процессе урбанизации начинают занимать неоправданно большие территории, нанося, тем самым, ущерб окружающей среде. В дальнейшем, в процессе уплотнения населения, занятое пространство расходуется нерационально. И хотя центральным элементом идеи Солери является уменьшение занимаемого пространства путём переноса поселения в трёхмерную гиперструктуру, однако он не ограничивается только экологическими соображениями. Он развивает идею также и в социальном аспекте, предполагая, что заново отстраиваемые гиперструктуры будут способствовать лучшему планированию, максимальной самодостаточности поселения и наибольшему использованию общественного транспорта, что в сумме позволит повысить плотность населения, избегая при этом классических проблем больших городов.

К принципам аркологии можно отнести проекты архитектора Венсана Каллебо, которые отличаются плавными фантастическими формами объёмов зданий, основанными на природных аналогах. Для его проектов характерна экологическая направленность, проявленная в обилии зелёных насаждений во внутреннем пространстве. Деревья, кустарники, цветы, газоны с травой, зерновые растения и водоросли – все должны помочь людям сделать мир чище и эмоционально привлекательнее. Таковы его проекты бионический садкорабль «Фисалия», 40-этажная ферма-небоскрёб «Драгонфлай», плавающий город «Лилипад», очистительная башня «Анти Смог» и др. Каллебо сумел облечь фантазии о чистой планете в эффектную летающую форму под названием «Гидрогеназа» [8].

На основе позитивного мирового опыта в проектировании вертикальных городов, можно сделать вывод о том, что такой город предполагает не только многофункциональность пространства, но и аркологический подход, позволяющий учитывать экологические требования и максимальную самодостаточность в плане его взаимодействия со средой.

Проблематика проведенного исследования предполагает создание модели «идеального города», основанного, в первую очередь, на сохранении природного и

экологического баланса во взаимодействии с окружающей средой. Во вторую очередь – на формировании своеобразного архитектурного образа, воплощающего необходимые факторы современного проектирования: функциональность, конструктивность, технологичность и другие [14].

В современной архитектурной практике всё чаще появляются проекты и воплощённые замыслы высотных полифункциональных аркологических объектов, таких как вертикальные сады, вертикальные фермы, вертикальные деревни и др. Наиболее исследуемой и привлекающей архитекторов является идея города-небоскрёба. По сути, это идея вертикального города, проектирование которого особенно актуально в перенаселённых городах Юго-Восточной Азии, в которых наблюдается «бум высотности». В таких многоуровневых городах-небоскрёбах совмещается множество функциональных ярусов. Важнейшие из них, жилые и деловые ярусы, перемежающиеся с зелёными парками, техническими и хозяйственными блоками. В качестве примера идеи города-небоскрёба можно привести проекты японской корпорации «Takenaka». Один из которых – «Sky City» («Небесный город») километровой высоты (рис. 6).



Рис. 6. Проект аркологического небоскреба для Гонконга  
(арх. Левон А. и Валерия Преображенская, 2014) [13]

Он может разместить 36 тысяч человек и предоставить рабочие места еще для 100 тысяч. Здесь предусмотрено всё для полноценной жизни без необходимости покидать здание: школы, парки, магазины, рестораны, театры, больницы, офисы (рис. 7). Ясно, что в таких зданиях возникают обособленные субкультуры жителей, ведущих специфический образ жизни [9] и такие самодостаточные города особенно благоприятны для жизни в условиях пустыни Сахары. Они могут привлечь новое население обеспечением комфортных условий проживания и культурных запросов.

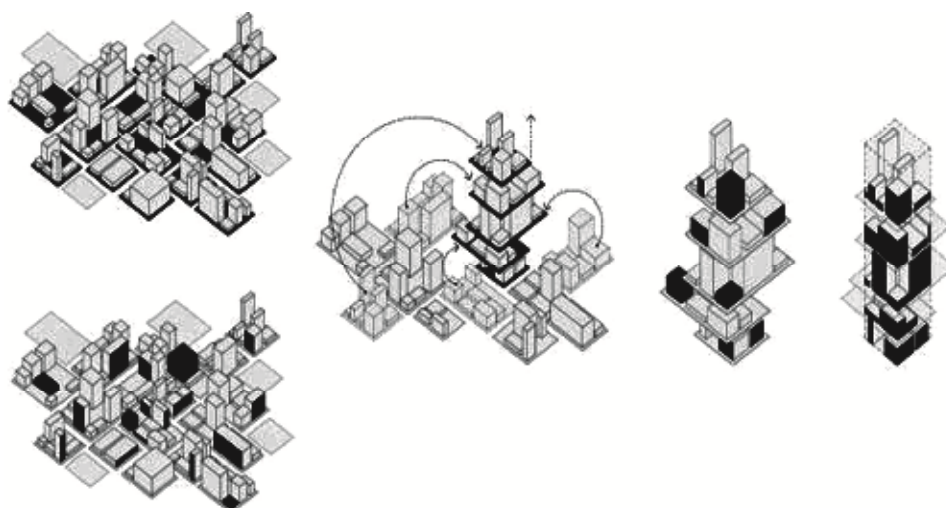


Рис. 7. Последовательность формирования «вертикального города».  
Проект аркологического небоскреба для Гонконга  
(арх. Левон А. и Валерия Преображенская, 2014) [13]

### Заключение

Суть проектирования таких городов-небоскрёбов в пустыне заключается в защите от воздействия экстремальных внешних факторов, в оптимизации плотности населения, в создании самостоятельных экосистем и, в целом, в решении проблемы малозаселённого пространства.

### Список библиографических ссылок

1. Алексеев Ю., Казачинский В., Бондарь В. История архитектуры градостроительства и дизайна. М. : Ассоциации строительных вузов, 2008. С. 33.
2. Боков А. В. Многофункциональные комплексы и сооружения: Обзор по гражданскому строительству и архитектуре. М. : ЦНТИ, 1973.
3. Цайдлер Э. Многофункциональная архитектура. М. : Стройиздат, 1988.
4. Колхаас Р. Лекция в ЦЦА. Проект International 3 : А Фонд, 2003. С. 68–80.
5. Жан Хенсенс. Традиционная сельская среда обитания досарских оазисов. 1969. С. 42–94.
6. Brown Dan. Theda Vinci Code, Transworld Publishers, 2004.
7. Филиппесамин. Вертикальный город: Королевская академия Бельгии, 2014. С. 74–77.
8. Боженко И. А. Развитие полифункциональных сооружений // Архитектон: известия вузов. 2006, № 14.
9. Камышанова З. А. Новый город Антонио Сант’Элиа: утопия или реальность. URL: <http://www.archinfo.ru/publications/item/130> (дата обращения: 19.06.2017).
10. Летяющие сады заправятся газом от морской биофермы. Дата публикации: 18 мая 2010. URL: [http://elektrovesti.net/519\\_letayushchie-sady-zapravyatsya-gazom-ot-morskojbiofermy](http://elektrovesti.net/519_letayushchie-sady-zapravyatsya-gazom-ot-morskojbiofermy) (дата обращения: 19.06.2017).
11. Города будущего: утопия. URL: <http://albercul.livejournal.com/238997.html> (дата обращения: 19.06.2017).
12. Бурьяк А. В. Леонардо да Винчи, как слишком обогнавший собственную эпоху. Проект города-здания от Леонардо. URL: <http://bouriac.narod.ru/Leonardo.html> (дата обращения: 18.06.2017).
13. Тарабарина Ю. Опыт вертикального города Проект небоскреба по концепции Arcology для Гонконга 2014. URL: <http://archi.ru/world/56104/opyt-vertikalnogo-goroda> (дата обращения: 18.06.2017).
14. Ахтямова Р. Х., Ахтямов И. И. Диалоговое пространство города. URL: <http://archvuz.ru>, Екатеринбург, Россия // Архитектон: известия вузов (электронный журнал). № 42, 2013.

**El Katani Fatine**

architect

E-mail: [elkettani2017@yandex.ru](mailto:elkettani2017@yandex.ru)**Laaouinat Karim**

architect

E-mail: [castelkimo@gmail.com](mailto:castelkimo@gmail.com)**Architectural organisation KATSAL.SARL**

The organization address: 23000, Morocco, Beni mellal, administrative district, h. 5

**Valeeva-Suleymanova Guzel Fuadovna**

doctor of art, professor

E-mail: [valeeva\\_art@mail.ru](mailto:valeeva_art@mail.ru)**Kazan State University of Architecture and Engineering**

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

**The concept of a vertical city as an object of designing  
in conditions of The Sahara desert in the territory of Marzuga, Morocco****Abstract**

*Problem statement.* The concept of «vertical cities» consists, on the one hand, in the redistribution of population density, and on the other hand in the creation of an independent ecosystem within the boundaries of a polyfunctional building.

The purpose of the article is to study the existing experience in the field of designing of polyfunctional buildings in the complex environment of the Sahara desert.

In this aspect, the main task of the work was the scientific comprehension of the concept of «vertical city» as one of the ways to solve the problem of adapting modern architecture to the existing environment. Urban and architectural theories reflecting the concept of the «vertical city», beginning with the era of Babylonian ziggurats, Renaissance multilevel towers, etc., find a new expression in the modern era in the projects of skyscrapers, high-altitude polyfunctional complexes, in the philosophy of arkology, etc., analyzed with point of view of the studied problems.

*Results.* The analysis of theoretical studies has made it possible to trace a number of principles for designing a vertical city as a polyfunctional building, in the conditions of the Sahara desert. Identify the concept of arkology that underlies the modern projects of vertical cities that behave like a living organism – react to changes in temperature and provide themselves with energy and nutrition. And also to study several examples of such cities and their types.

*Conclusions.* The significance of the research results is revealed in the development of an architectural solution optimal for construction in the Sahara desert (Marzuga), which develops the concept of a «vertical city».

**Keywords:** architecture, design, vertical city, skyscraper, arkology, ziggurat, industrial city, polyfunctional building, model of an ideal city.

**References**

1. Alekseev U., Kazachinsky V., Bondar V. History of architecture town planning and design. M. : Associations of construction universities 2008. P. 33.
2. Bokov A. V. Multifunctional complexes and structures: An overview of civil engineering and architecture. M. : TsNTI, 1973.
3. Zeidler E. Multifunctional architecture. M. : Stroizdat, 1988.
4. Kolhaas R. Lecture in the Central Administrative District. Translation by V. Yuzbashev. Project International 3: A Foundation, 2003. P. 68–80.
5. Jean Hensens. Traditional rural habitat of the Dosarian oases. 1969. P. 42–94.
6. Brown Dan. The da Vinci Code, Transworld Publishers, 2004.
7. Philippe Samin. Vertical City: Royal Academy. Belgium, 2014. P. 74–77.
8. Bozhenko I. A. postgraduate student UralGAKh. A. Development of polyfunctional structures // Architecton: news of universities. 2006, № 14.

9. Kamyshanova Z. A. The new city of Antonio Sant'Elia: Utopia or Reality? URL: <http://www.archinfo.ru/publications/item/130> (reference date: 19.06.2017).
10. Flying gardens will be charged with gas from the marine bio-farm. Date of publication: May 18, 2010. URL: [http://elektrovesti.net/519\\_letayushchie-sady-zapravyatsya-gazom-ot-morskoybiofermy](http://elektrovesti.net/519_letayushchie-sady-zapravyatsya-gazom-ot-morskoybiofermy) (reference date: 19.06.2017).
11. Cities of the future: utopia. URL: <http://albercul.livejournal.com/238997.html> (reference date: 19.06.2017).
12. Buriak A. V. Leonardo da Vinci as too overtaken his own era. The city-building project from Leonardo. URL: <http://bouriac.narod.ru/Leonardo.html> (reference date: 19.06.2017).
13. Tarararina Y. Experience of the vertical city. The skyscraper project according to the concept Agology for Hong Kong in 2014. URL: <http://archi.ru/world/56104/opyt-vertikalnogo-goroda> (reference date: 19.06.2017).
14. Akhtyamova R. Kh., Akhtyamov I. I. Dialogue space of the city, publishing house: <http://archvuz.ru>, Ekaterinburg, Russia // Architecton: news of high schools (electronic journal). № 42. 2013.



УДК 721.012

**Бурова Татьяна Юрьевна**

кандидат архитектуры, доцент

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

**Казанский государственный архитектурно-строительный университет**

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

## **Современные тенденции в формировании выставочных экспозиций**

### **Аннотация**

*Постановка задачи.* Определить тенденции в организации выставочных экспозиций на современном этапе развития пространств музеев, культурно-досуговых и научно-исследовательских центров.

*Результаты.* Анализ пространственного-предметной организации выставочной экспозиции позволяет выявить общие направления и признаки формирования элементов выставки, отражающие потребности общества в потреблении такого «продукта», как визуальная информация. Определены характерные черты современных экспозиций, организованных за последние 15 лет. Современная практика формирования выставочных экспозиций позволяет выделить ряд компонентов, составляющих единую систему выставки с уникальным концептуально-художественным замыслом.

*Выводы.* Значимость полученных результатов для архитектурного проектирования пространств состоит в определении характерных черт и современных направлений при формировании выставочных экспозиций. Особое значение имеет краткий обзор современных пространственных композиций в выставочной практике. Понятие «выставочный сценарий» помогает сформировать пространство от формального к концептуальному, опирающегося на художественный и сюжетный образ.

**Ключевые слова:** экспозиция, выставочное пространство, выставка, музей, выставочный сценарий, оформление экспозиции.

### **Введение**

В течение последних десяти лет искусство выставочной экспозиции проявило себя как самостоятельный аспект архитектурного проектирования. Данный процесс обусловлен изменением потребностей общества в потреблении визуальной информации. Создание выставочной экспозиции – это комплексное формирование «концептуально» обусловленной среды, создающей образ пространственно-предметных связей согласно сценарию выставки. Элементы и приемы формирования выставочных экспозиций постоянно меняются, потому что необходимо ориентироваться на преобладающий на современном этапе тип восприятия, понимания и прочтения информации.

Повсеместная доступность информации любого вида характерна для данного периода времени, а возрастающий темп её потребления обуславливает особенности формирования визуально-вербального ряда. Стремительность и развитие современных проектных технологий являются причиной изменения принципов построения выставочных экспозиций. Формирование экспозиции, отражающей «выставочный сценарий» подразумевает театрализацию пространства и сюжетное действие [1].

Происходит постепенное усиление художественной выразительности пространства экспозиции в процессе отказа от классических канонов формирования выставок. В целом это приводит к повышению информативности и динамике восприятия. Стилистика и пространственные приемы организации выставочной экспозиции эволюционируют, отвечая требованиям времени. Формообразование и предметное наполнение ориентируются на основные тенденции и критерии потребностей общества в способности восприятия возрастающего информационного потока [2].

### **Археологическая экспозиция центра Paläon**

Современный стремительный ритм жизни и огромный поток информации нейтрализовали спокойную созерцательность стандартного зального пространства.



Сегодня потребность общества состоит в том, чтобы не просто вдумчиво изучать объект во всём многообразии его проявлений. В век информационного бума сознание индивида реагирует на моментальное восприятие образа. Вместе с этим есть необходимость в разнообразии пространственных сценариев, расширении информации об объекте, максимальной информативности, яркости и запоминаемости экспозиции в целом.

Общая тенденция при формировании современных выставочных экспозиций – это гибкость использования внутреннего пространства, где определяющим является образ всей выставки. Он, в свою очередь влияет на построение выставочного сценария, следствием чего является пространственно-функциональное зонирование и светоцветовое решение. При этом планировка чаще всего предоставляет посетителю выбор между последовательным знакомством со всей экспозицией и осмотром отдельных разделов.

Ярким примером подобного подхода является Исследовательский и посетительский центр Paläon, построенный в 2013 году в Германии в Шёнингене. Проектированием интерьеров и дизайном экспозиции занимались Holzer Kobler Architekturen [3, 4]. Сценарий пространства Paläon представляет собой интерактивный путь от знакомства с жизнью древнего человека до участия в работе ученых. Пространственным ядром является зал, площадью 600 м<sup>2</sup>, высотой в три этажа (рис. 1).

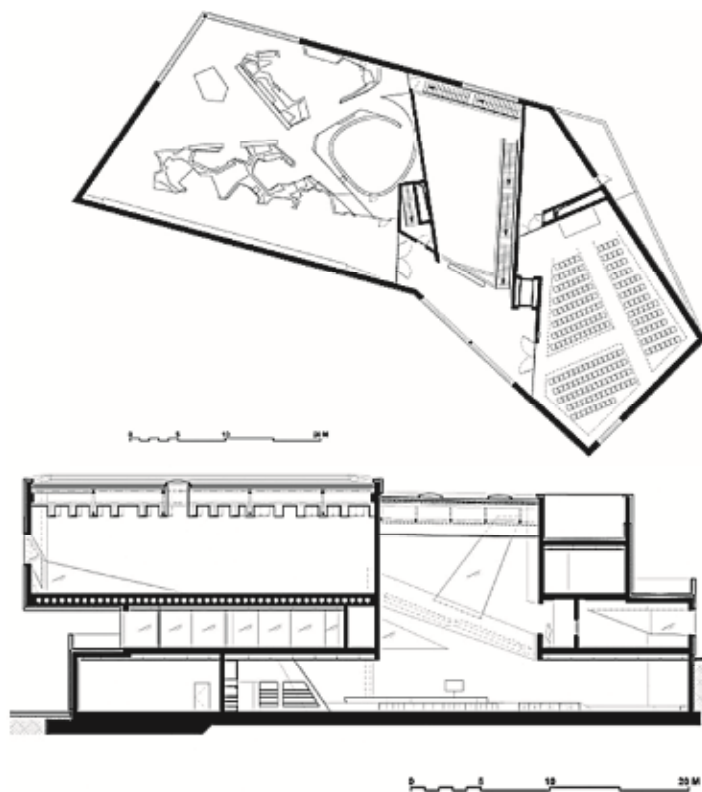


Рис. 1. Исследовательский и посетительский центр Paläon, 2013. Holzer Kobler Architekturen

Ядром экспозиции стали выставленные в отдельном зале семь «Шёнингенских копий» наряду 30-метровой картиной с фантазиями на тему мира Гейдельбергского человека. Поскольку данная экспозиция позиционирует себя как археологическая выставка, то уместным продолжения являются кости древних животных и изображения флоры и фауны эпохи между двумя ледниковыми периодами, к которой принадлежат находки. При этом пространство отражает все современные тенденции в потребностях потребления информации, – оно интерактивно, многофункционально, лаконично. Кроме этого сценарий развития экспозиции дает возможность самостоятельного поиска маршрута. С каждой точки пространства открываются многовариантные ракурсы, обогащающее информационное поле (рис. 2).



Рис. 2. Пространство выставки. Исследовательский и посетительский центр Paläon, 2013.  
Holzer Kobler Architekturen

Надо отметить, что образ выставки лаконичен по цветовосприятию и является удачным «фоновым» решением для многообразия представленных экспонатов. Пространство хорошо запоминается, создавая в памяти посетителя полноценную картину на тему «Информация-пространство-смысл». Современные тенденции по формированию «выставочного сценария» на уровне визуально-вербального восприятия тактично опираются на использование, как современных технологий, так и явных простых сюжетных образов. Ломаные линии пространства, многоплановость видовых траекторий, геометрия элементов создают современную и наполненную среду, способствующую формированию запоминающегося образа всей экспозиции.

#### **Футуристическая экспозиция Level Green**

Запоминающийся образ, соответствующий сценарию выставки является определяющим в формировании современных экспозиций. Вместе с этим следует отметить и высокий уровень технологий, использующихся при организации новых выставок.

Так, например, 4 июня 2009 года, Autostadt в Вольфсбурге организовал новое выставочное пространство Level Green. Выставка, расположенная на первом этаже Volkswagen Group Forum в Autostadt, площадью около 1000 м<sup>2</sup>, предлагает 25 экспонатов. Level Green представляет собой футуристическую инсталляцию, где в горизонтальные и вертикальные поверхности ярко-зеленого цвета вмонтированы сенсорные дисплеи, с

помощью которых посетители могут подробнее узнать о компании Volkswagen и ее стремлении в защите окружающей среды [5, 6]. «Зеленой нитью» выставки в прямом и переносном смысле, является тема устойчивого развития среды, экологичность процессов автомобилестроения и сохранения экологического равновесия. Пространство запроектировано таким образом, что интерактивные элементы выставки являются не только информативным слоем, но и формируют саму среду, являясь частью конструкции и средствами функционального зонирования. Образ «экологического равновесия и устойчивости» выражен через цветовое сочетание, посредством композиционной структуры и траекторией формирования всего маршрута выставки (рис. 3).



Рис. 3. Пространство выставочной экспозиции Level Green, 2009

Такой прием, как использование в экспозиции интерактивных компонентов, активно используют современные экспозиции [7, 8]. Это, в первую очередь, естественнонаучные музеи. Как, например, выставки и музеи натуральной истории, археологии, краеведения, этнографии, такие как, Natural History в Лондоне, American Museum of Natural History в Нью-Йорке, Leiden Anthropology Museum в Мадриде. Приемы, которые они используют, разнообразны, – это и тематические электронные киоски, поясняющие отдельные части предметной экспозиции, и информационно-экспозиционные среды, в которых посетитель оказывается погруженным в некий виртуальный мир, воссозданный в музейном помещении, электронные картины и диорамы. При этом используются как стандартные презентационные средства (мониторы, сенсорные и проекционные экраны, плазменные панели, в том числе полиэкранные), так и специально изготовленные и встроенные в экспозицию модули, сочетающие механические и электронные элементы.

В последние десятилетия в Европе и в США появилась большое количество выставок, информационное восприятие которых полностью строится на возможностях компьютерных средств. Это Музей Немо в Амстердаме, и Urbanis в Манчестере, и Newseum в Вашингтоне (рис. 4).



Рис. 4. Выставочное пространство Newseum, Вашингтон

Рабочее пространство данных выставочных экспозиций полностью строится на использовании возможностей компьютерных технологий. При этом организованы не простые залные пространства, привычные пониманию выставки «прошлого века» [9]. Архитектура выставок Newseum представляет собой многоуровневые полифункциональные образования, формирующие в сознании каждого посетителя образ, отражающий и развитие науки, и стремление к лаконичности мыслей, и современный подход в подаче информации (рис. 4).

В качестве образного сценария выставочного поля может быть использован элемент создания новостей, естественнонаучные законы природы, или современная городская среда. Надо отметить, что они не имеют экспозиции «классического» залного формирования и представляют собой экспериментально-образовательные мультимедиа комплексы для познавательной деятельности разных возрастов, со значительным игровым компонентом. Основную роль в создании выставочных экспозиций такого типа играет дизайн, сценарий, траектория восприятия пространственного сценария и оформление компьютерных программ, используемых в подаче информации.

### Заключение

Таким образом, пространственная динамика является отличительной чертой современных выставочных экспозиций. Она выражена не только в использовании широкой палитры технических средств, но и в многообразии авторских образов на тему экспозиции. Яркость пластического выражения пространства экспозиции определена «выставочным сценарием» и формирует практически театральное действие. Построение всей экспозиции выставки от функционального зонирования до цвета поверхности организует информационную среду, максимально комфортную для визуального потребления.

Современный этап развития выставочной сферы характеризуется ростом количества разнообразных тематических экспозиций, а также активно идущим процессом реконструкции существующих выставок и музеев. Значительным отличием данного процесса от стандартной музейной реэкспозиции является необходимость полного переосмысления роли информации и ее восприятия в культурном контексте каждого города. Сегодня каждый выставочный фонд ищет адекватные формы интерпретации и представления своих собраний для публики, а также новых методов взаимодействия с аудиторией [10].

Формирование выставки не сводится лишь к модернизации существующей экспозиции за счет привлечения дизайнеров и использования современных технических средств. Ее пространственная организация включает совершенствование всей системы

визуально-вербальных коммуникаций для создания адекватного информационного образа, соответствующего потребностям и запросам индивида. Следовательно, основная тенденция в формировании выставочных экспозиций – это организация такой информационно-экспозиционной среды, цель которой – восприятие экспозиции более индивидуальной и адресной каждому посетителю, интегрировать культурно-научный потенциал выставки с потребностями современного общества.

### Список библиографических ссылок

1. Джордж Эдриан. Справочник куратора. М. : Ад Маргинем Пресс, 2017. 352 с.
2. Литвинов В. В. Практика современной экспозиции. М. : Плакат, 1989. 192 с.
3. Alexander Walter. PALÄON Research and Experience Center Schöningen Spears Opens to the Public // is the premier online publication for competition and event listings in the architecture and design industries «Bustler». URL: <http://bustler.net/news/2945/pal-196-on-research-and-experience-center-sch-246-ningen-spears-opens-to-the-public> (дата обращения: 11.01.2018).
4. Исследовательский и посетительский центр Paläon // Он-лайн интернет журнал «ARCHI.RU» URL: <https://archi.ru/projects/world/8383/issledovatel'skii-i-posetitel'skii-centr-pal228-on> (дата обращения: 11.01.2018).
5. Isabelle Lomholt. Level Green – Exhibition // online architecture resource «e-architect», 2016. URL: <https://www.e-architect.co.uk/exhibitions/level-green-exhibition> (дата обращения: 11.01.2018).
6. Уилкинсон Филипп. Архитектура. 50 идей, о которых нужно знать. М. : Фантом Пресс, 2017. 208 с.
7. Платонова Т. Л. Чудеса архитектуры. М. : Эксмо, 2014. 208 с.
8. Иванов А. В. Выставка в красном – цифровые технологии DRUPA-2004 // Университетская книга. 2004. № 7. С. 11–13 .
9. Официальный сайт музея Newseum: information about the Newseum. URL: <http://www.newseum.org/exhibits/> (дата обращения: 11.01.2018).
10. Добробабенко Е. В., Добробабенко Н. С. Выставка «под ключ». Готовые маркетинговые решения. СПб. : Питер, 2007. 208 с.

#### **Burova Taniana Yurievna**

candidate of architecture, associate professor

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

#### **Kazan State University of Architecture and Engineering**

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

### Modern trends in the formation of expositions

#### **Abstract**

*Problem statement.* To identify trends in the organization of expositions at the present stage of development spaces, museums, cultural and research centers.

*Results.* Analysis of the spatial-domain organization of the exhibition allows revealing the overall direction and characteristics of formation of the elements exhibition, reflecting the needs of society in the consumption of this «product» as visual information. The characteristic features of modern expositions organized for the last 15 years. Modern practice of forming the expositions raise a number of components that make up a single system of the exhibition with a unique conceptual and artistic conception.

*Conclusions.* The significance of the results for architectural design spaces is to define the characteristic features and modern trends in the formation of exhibitions. Of particular importance is a review of modern spatial compositions in the exhibition practice. The concept of «exhibition scenario» helps to create space from formal to conceptual based on art and story.

**Keywords:** exhibition, exhibition space, museum, exhibition scenario, exhibition design.

### References

1. George Adrian. Directory of curator. M. : Ad Marginem Press, 2017. 352 p.
2. Litvinov V. V. Practice of modern exposition. M. : Plakat, 1989. 192 p.
3. Alexander Walter. PALÄON Research and Experience Center Schöningen Spears Opens to the Public// is the premier online publication for competition and event listings in the architecture and design industries «Bustler». URL: <http://bustler.net/news/2945/pal-196-on-research-and-experience-center-sch-246-ningen-spears-opens-to-the-public> (reference date: 11.01.2018).
4. The research and visitor's centre Paläon// Online journal «ARCHI.RU» URL: <https://archi.ru/projects/world/8383/issledovatel'skii-i-posetitel'skii-centr-pal228-on> (reference date: 11.01.2018).
5. Isabelle Lomholt. Level Green Exhibition// online architecture resource «e-architect», 2016. URL: <https://www.e-architect.co.uk/exhibitions/level-green-exhibition> (reference date: 11.01.2018).
6. Wilkinson Philip. Architecture. 50 ideas you need to know about. M. : The Fantom Press, 2017. 208 p.
7. Platonova T. L. Wonders of architectural. M. : Eksmo, 2014. 208 p.
8. Ivanov A. V. Exhibition in the red – digital technology DRUPA-2004 // University book. 2004. № 7. P. 11–13.
9. Official site of the Newseum Museum: information about the Newseum. URL: <http://www.newseum.org/exhibits/> (reference date: 11.01.2018).
10. Dobrobabinko E. V., Dobrobabinko N. S. Exhibition «turnkey». Ready-made marketing solutions. SPb. : Piter, 2007. 208 p.

УДК 72.01

**Селецкая Ксения Владиславовна**

архитектор

E-mail: [xeniya\\_sel@mail.ru](mailto:xeniya_sel@mail.ru)**New Graphic**

Адрес организации: 420107, Россия, г. Казань, ул. Марсея Салимжанова, д. 15/8Б

**Новиков Степан Викторович**

ассистент

E-mail: [to-stepa@mail.ru](mailto:to-stepa@mail.ru)**Казанский государственный архитектурно-строительный университет**

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

## Принципы ресурсосбережения в архитектуре арктических поселений

### Аннотация

*Постановка задачи.* Ресурсосбережение с каждым годом играет всё большую роль в архитектуре. Целью статьи является разработка универсальных принципов проектирования ресурсосберегающей архитектурной среды на территории Арктики.

*Результаты.* Анализ позволил выявить актуальные проблемы архитектуры высоких широт и провести подбор аналогов с использованием приемов ресурсосбережения, пригодных к использованию в условиях экстремально-холодного климата. В результате исследования авторами выявлены методы ресурсосберегающего проектирования для Арктики.

*Выводы.* Значимость полученных результатов для архитектуры состоит в том, что сформулированы практические принципы ресурсосберегающей архитектуры для Арктики, способные широко внедряться в архитектуру территорий арктической зоны, помогая формировать более комфортную и эффективно эксплуатируемую среду.

**Ключевые слова:** архитектура высоких широт, принципы ресурсосбережения, альтернативные источники энергии, автономная ресурсосберегающая система, Арктика.

### Введение

Зона Арктики занимает 18 % территории нашей страны. Однако, заселены эти огромные пространства слабо и неравномерно, что во многом связано с отсутствием современной комфортной для человека материально-предметной среды, основу которой составляет архитектура. Во времена Советского Союза освоение северных территорий велось достаточно активно – там появлялись новые поселения, строились научно-исследовательские станции, однако с развалом СССР это направление пришло в упадок. В наше время интерес к освоению арктических территорий снова всколыхнулся: в Арктике строится система оборонных военных комплексов, возобновляется работа научных станций, проводятся мероприятия по привлечению населения в северные регионы на постоянное место жительства. В связи с этим остро встает проблема формирования устойчивой архитектурной среды, отвечающей современным требованиям и учитывающей специфику полярных территорий.

Растет число специалистов в области архитектуры, обращающих своё внимание на проблемы Арктики. Ими предлагаются как градостроительные концепции (Ральф Эрскин, Путинцев Э.Э.) и решения для отдельных архитектурных объектов (Серджиу-Раду Поп), так и создаются комплексные труды, связанные с решением проблем, встающих перед архитектурой за Полярным кругом (Андреас Мюллер, Галеев С.А.). Из-за специфических особенностей для Арктики особое значение обретает вопрос новой устойчивой архитектуры, однако до сих пор не существует подходящей классификации методов и набора принципов для создания ресурсосберегающего архитектурного пространства Заполярья.

### Перспективы ресурсосберегающего проектирования в Арктике

Ресурсосбережение – важный аспект современной архитектуры, и введение в эксплуатацию различных ресурсосберегающих практик позволяет решить значительную

часть проблем, связанных с проектированием и использованием зданий в арктической зоне. К ним можно отнести организацию комфортной среды и проблему получения и использования ресурсов в суровых климатических условиях. В процессе исследования составлена классификационная таблица (рис. 1), в которой выявлены проблемы архитектуры Арктики, решить которые можно с помощью внедрения принципов и методов ресурсосбережения и энергоэффективности.



Рис. 1. Научно-исследовательское поселение для высоких широт: проблемы и связь путей их решения с методами ресурсосбережения

Энергоэффективность для архитектуры Арктики – это обширный вопрос, требующий глубокого анализа и учёта большого количества факторов. По этой причине исследование построено на комплексной основе и включает аспекты анализа и синтеза синергетического и сравнительного методов, системной методологии. В результате компиляции и анализа доступных источников и проектов, имеющих отношение к аспектам строительства и проектирования в полярных регионах России и за рубежом, авторами составлена классификация практических методов организации ресурсосберегающего пространства, применимых для создания архитектурной среды на территории Заполярья.

### Практические методы ресурсосберегающего пространства для Арктики

- Первый метод организации ресурсосберегающего пространства для Арктики – это **минимальное отношение площади здания к объёму**, что позволяет уменьшить подверженность влиянию климата. Обтекаемая форма позволяет снизить ветровые нагрузки на конструкцию, а также снижает потери тепла через стены и крышу, так как форма купола имеет высокий коэффициент сопротивления теплопередаче. Этот метод исторически применяется коренными народами Крайнего Севера, к примеру, в традиционном для эскимосов жилище – иглу.

- В качестве второго метода целесообразно выделить **использование возобновляемых ресурсов**, что решает проблему обеспечения электроэнергией на удалённых от крупных городов участках и увеличивает экологичность застройки. Этот метод оправдан как по причине хрупкой экологии полярных регионов, которую необходимо сохранять всеми возможными способами, так и из-за высокого уровня разрозненности арктических поселений и их удалённости друг от друга и от городов. В качестве примера использования возобновляемых ресурсов в подобных условиях можно привести немецкую базу Neumayer Station III в Антарктиде, которая снабжена тремя современными дизель-генераторами, за счет которых объект обеспечивается теплом и электроэнергией. Здесь также имеется аварийный ветрогенератор. Водоснабжение осуществляется за счет растапливаемого снега, который в Антарктиде отличается экологической чистотой.

Несмотря на то, что в современной арктической архитектуре в качестве источников энергии используют и энергию солнца, и приливные волны (для прибрежной архитектуры), основным источником энергии за полярным кругом все же выступает



ветер. С этой позиции представляет интерес экспериментальный проект «Ночной ветер», описанный в книге «Renewable Energy Technologies».

«Ночной ветер» нацелен на хранение энергии ветра, вырабатываемой ночью, на холодильных складах, и её высвобождение в дневное время в «часы пик». Ветровая энергия производится нерегулярно, в то время как модель использования энергии показывает определенные пики спроса в дневное и рабочее время и низкий уровень спроса в ночное время. Концепция, лежащая в основе проекта, использует существующие технологии, расширенные новыми стратегиями управления. Они необходимы для того, чтобы установить температуру на холодильных складах на уровне, который отражает баланс между производством энергии ветра и фактическим спросом на электроэнергию. Это относится к типу «островной эксплуатации», с поставкой избыточной энергии в энергосистему, а также к распределенным энергетическим ресурсам, когда ветряные мельницы физически расположены в другом месте, отдельно от холодильников, но контролируются взаимозависимым образом для поддержки энергосервисной сети [3]. Подобная система может эффективно адаптироваться и использоваться на Крайнем Севере, где сильные ветра – частое явление, а вопрос снабжения энергией стоит достаточно остро.

- Третий метод – **проектирование автономных ресурсосберегающих систем**. Необходимость его применения связана, прежде всего, с отсутствием доступа к централизованной энергосети и плохим транспортным сообщением между населенными пунктами, что усложняет поставки воды и продуктов питания, определяя тем самым необходимость создания такой системы, которая была бы способна обеспечивать и поддерживать себя самостоятельно хотя бы на базовом уровне потребления ресурсов. Применение данного метода позволяет сделать систему более устойчивой, за счет чего, в свою очередь, повышается её продуктивность.

Примером реализации данного метода может служить научно-исследовательская станция Бельгии в Антарктиде «Принцесса Елизавета», которая использует энергию, получаемую от солнечных батарей во время полярного дня и от ветровых турбин полярной ночью, что обеспечивает нулевое значение эмиссии. Интеллектуальная система строения обеспечивает станцию энергией, накапливая избытки для последующего использования при помощи обычных аккумуляторов. Станция сочетает в себе экологически чистые стройматериалы, использование чистой и эффективной энергии, оптимизации потребления энергии и инновационные методы обращения с отходами. Другой удачный пример использования данного метода – «Природный дом» в Норвегии. Этот автономный дом использует энергию, получаемую от солнечных батарей. Дом построен с использованием природных материалов, таких как глина, песок и вода. Он встроен в геодезический купол, который помогает сохранять тепло и защищать дом от сильных ветров и снегопадов. Под куполом так же расположен сад, в котором жильцы выращивают фрукты и овощи.

- В качестве четвертого метода выделено **использование ресурсосберегающих биосистем**. Его использование обеспечивает круговорот внутреннего потребления и производства. В некоторой степени это более высокая ступень автономной системы. Проследить действенность этого метода можно на примере «Bharathi» – индийской полярной станции в Антарктиде. Само автономное здание площадью 2500 м<sup>2</sup> собрали из контейнеров, в которых обычно доставляется груз. На станции энергию и тепло получают при помощи когенерационных установок, заправляющихся привозным керосином. Планируется обеспечить станцию ветровыми установками и солнечными панелями. Вода берётся с моря, и проходит стадию опреснения. Предусмотрена система фильтрации уже использованной воды.

- Пятый метод – **использование при строительстве материалов с малым коэффициентом теплопроводности**. Это, вероятно, наиболее простой в реализации метод, который, тем не менее, позволяет значительно снизить затраты на отопление и, соответственно, количество потребляемой электроэнергии. Его использование иллюстрирует, к примеру, британская научная станция «Halley 6». Проектом предусматривалась максимальная экономия ресурсов: воды, энергии и тепла. Для лучшей изоляции фасады снаружи покрыты высокоэффективным стеклопластиком, окна получили тройное остекление, а купол красного модуля закрыт панелями с изоляцией наногелем. Другой пример – проект научно-исследовательской станции для расположения в высоких широтах. Её конструкция – металлический каркас с заполнением из многослойных

панелей, свойства которых могут варьироваться в зависимости от широты расположения объекта. Остекление с покрытием вольфрамовой пленкой для выработки солнечной энергии. Первый уровень станции – тамбур-шлюз для расположения коммуникаций и предотвращения попадания холодного воздуха в верхние уровни.

Он исторически оправдан и апробирован множеством этнических групп, населяющих Сибирь и Арктику<sup>1</sup>. Вместе с тем, идет постоянная адаптация новых материалов.

Таким образом, выявлено пять основополагающих методов, использование которых есть обязательное условие организации устойчивой среды в Арктике. Ключевым аспектом, определяющим целесообразность выявленных методов, представляется влияние природно-климатических факторов. На основании результатов данного анализа составлена классификационная таблица (рис. 2).










ПРАКТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ОРГАНИЗАЦИИ РЕСУРСОБЕРЕГАЮЩЕГО ПРОСТРАНСТВА ДЛЯ АРКТИКИ			
№	МЕТОД	ЗНАЧЕНИЕ	АНАЛОГИ
1	Минимальное отношение площади здания к объему	Позволяет уменьшить подверженность здания влияниям климата.	 "Sfera"  Иглу
2	Использование возобновляемых ресурсов	Решает проблему обеспечения электроэнергией удаленных от крупных городов участков. Увеличивает экологичность.	 Neumayer Station III  Compact modular houses
3	Проектирование автономных ресурсосберегающих систем	Позволяет сделать систему более устойчивой, за счет чего, в свою очередь, повышается её продуктивность.	 «Природный дом»  «Princess Elizabeth»
4	Использование ресурсосберегающих биосистем	Обеспечивает круговорот внутреннего потребления и производства.	 «Bharathi»
5	Использование материалов с малым коэффициентом теплопроводности	Уменьшает энергозатраты на отопление.	 Halley 6  Научно-исследовательская станция для расположения в высоких широтах

Рис. 2. Практические методы организации ресурсосберегающего пространства для Арктики

<sup>1</sup>Околополюсные народы ответили умением и изобретательностью на изменение климатических условий, объединив местные материалы с новыми ресурсами, когда те стали доступными. Исторически для постройки укрытий и домов ими используются дерн, кора, шкуры и кости кита, земля, молодые деревья, трава, мох, палки, снег, лёд, камень, позже введены более новые материалы, такие как холст, фанера, и даже переделанные металлические бочки. Они использовали в своих интересах изоляционные свойства полвой шерсти карибу, водонепроницаемую способность шкуры морского котика и тепловую выгоду животного жира, чтобы эффективно нагревать жилую площадь [1].

## **Принципы ресурсосберегающего проектирования для Арктики**

На основе выше описанных практических методов авторами выведен ряд принципов ресурсосберегающего пространства для Арктики, который включает в себя:

### **• Принцип компактности**

Оправдан спецификой природно-климатических условий Крайнего Севера. Принцип компактности проявляется, прежде всего, в эффективном использовании территории. Его применение на объектном уровне основано на практическом методе минимального отношения площади здания к объему. На градостроительном уровне он обоснован эффективностью повышенной плотности застройки, расположением всех функциональных зон в едином периметре, короткими связями элементов структуры и сосредоточенной планировочной структурой. На региональном уровне – отсутствием планировочных разрывов.

### **• Принцип автономности**

Заключается в проектировании автономных самообеспечивающихся систем на всех уровнях проектирования – от объектного до регионального. Автономность арктического поселения предполагает создание условий для функционирования всех видов производства, необходимого человеку и обществу для удовлетворения потребностей в воде, пище, тепле и энергии. Благодаря следованию данному принципу повышается эффективность эксплуатации объекта, так как в данном случае поведение и функционирование системы определяется её внутренним состоянием и не зависит от воздействия среды и других систем, что особенно важно в условиях Заполярья, когда населенные пункты значительно удалены друг от друга.

### **• Принцип замкнутой пространственной структуры**

Включает в себя создание замкнутых структур на основе самодостаточных модулей с использованием коротких связей между элементами. На градостроительном уровне такие модули объединяются в систему, а на региональном – формируют ткань застройки.

### **• Использование систем искусственного климата**

Системы искусственного климата позволяют повысить комфортность пребывания в среде. В некотором роде данный принцип, начиная с объектного уровня, можно рассматривать как процесс формирования микроклимата с учётом покрытия всех негативных факторов окружающей природной среды. Таким образом, в процесс проектирования на градостроительном уровне вводятся биотехнологии, а на региональном все включенные элементы превращаются в биосистему.

### **• Использование альтернативных источников энергии**

Альтернативные источники энергии и ресурсов позволяют повысить экологичность объекта и вывести его на более высокий уровень устойчивости. В качестве альтернативных источников энергии в Арктике выступают ветер, солнце и приливные волны (на побережье). На объектном уровне за счет их использования объект обеспечивает энергией сам себя, в случае с градостроительным уровнем несколько объектов работают уже как биосистема, а на региональном уровне все это превращается в централизованную систему, имеющую модульное ядро, которое собирает в себе энергию, получаемую объектами и распределяющую ее между всеми звеньями системы.

Данные принципы зафиксированы на, ниже расположенной, схеме (рис. 3), составленной на основе классификации, предложенной кандидатом архитектуры Куликовым Д.А. [4].

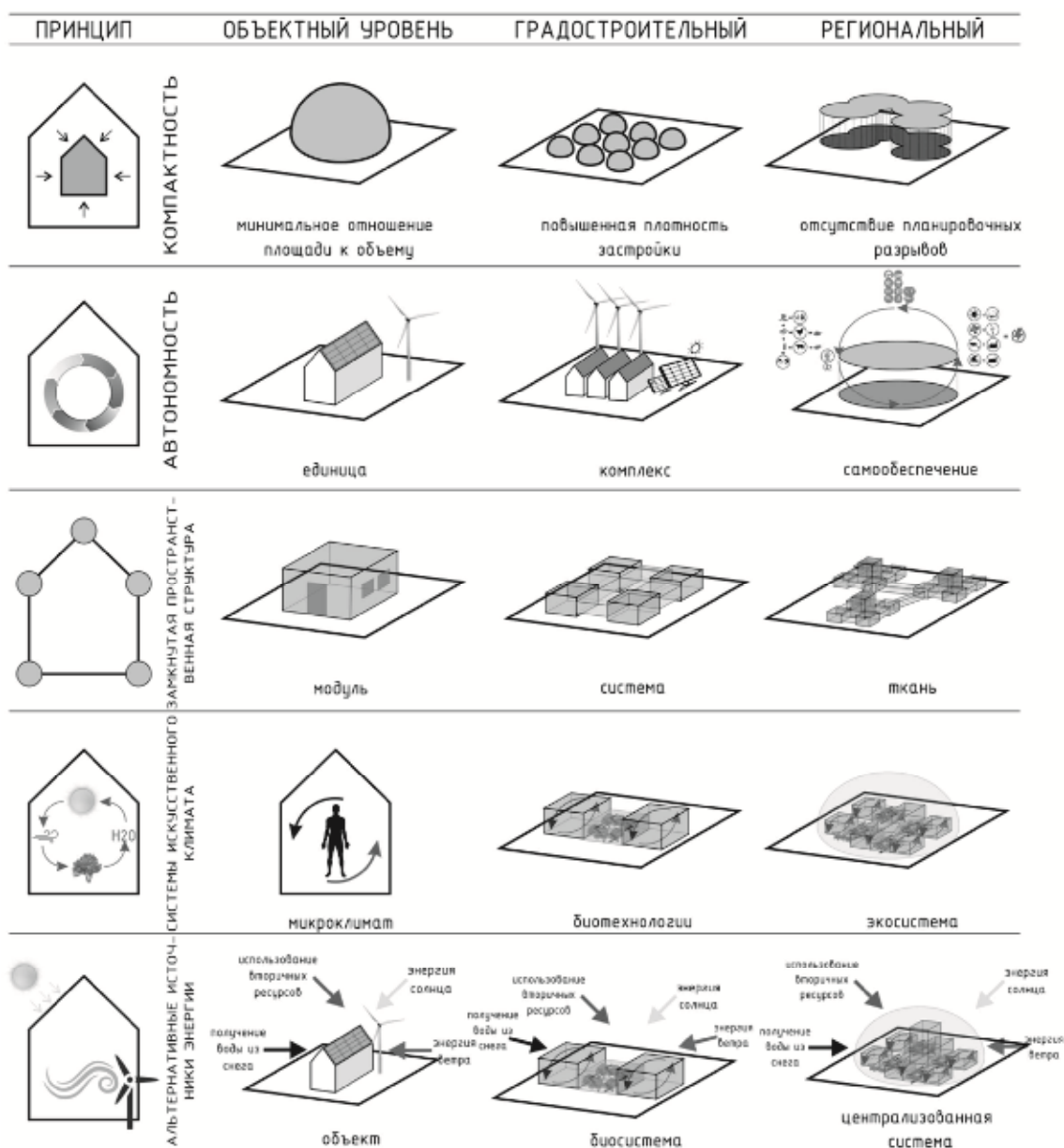


Рис. 3. Принципы ресурсосберегающего проектирования для Арктики

### Заключение

В настоящее время практика ресурсосбережения активно внедряется в архитектуру и строительстве, благодаря чему появляется возможность формирования более гармоничного городского пространства и улучшение среды жизнедеятельности за счёт современных технологий и рационального использования природных ресурсов. Вопрос внедрения этой практики в арктическую архитектуру в России стоит достаточно остро, так как оправдан необходимостью создания безопасной, человекоориентированной среды для освоения обширной и суровой Арктики. На основе выше изложенных методов и принципов в вопросах проектирования и строительства, возможно, усовершенствовать арктические города и поселения, сделав их более комфортными для жизни разных социальных групп населения. Это позволит гармонизировать взаимоотношения между урбанизированной средой и природой, что особенно важно в условиях хрупкой арктической экологии, а также сохранить, обезопасить и сделать более комфортной жизнь человека в экстремальных условиях заполярья.

**Список библиографических ссылок**

1. Andreas Muller. Arctic Perspective Cahier. Vol. 1. ARCHITECTURE, Ostfildern : Hatje Cantz Verlag, 2010. 148 с.
2. Robert J. Howlett, Lakhmi C. Jain, Shaun H. Lee. Sustainability in Energy and Buildings, Berlin : Heidelberg, 2009. 419 с.
3. Renewable Energy Technologies : Belgium, 2007. 163 с.
4. Денисенко Е. В. Биологические критерии и биоподходы в архитектуре XXI века // Вестник ВолГАСУ. 2013. № 33 (52). С. 173–178.
5. Жагина С. Н., Пахомова О. М. Состояние и перспективы развития альтернативной энергетики в северных регионах России. URL: <http://www.fsdejournal.ru/node/604> (дата обращения: 11.11.2017).
6. Корзинов Н. Озеленители Антарктиды: тёплый дом. URL: <https://www.popmech.ru/technologies/7005-ozeleniteli-antarktidy-teplyy-dom/> (дата обращения: 16.11.2017).
7. Куликов Д. А. Принципы организации ресурсосберегающего архитектурного пространства. Казань : КГАСУ, 2011. 195 с.
8. Лаптева К. Л. Наиболее устойчивые принципы организации ресурсосберегающего города // Архитектон: известия вузов. 2012. № 38.
9. Романцов Р. В. Концепция архитектурно-планировочной организации жилых комплексов для условий полярных регионов. Казань : КГАСУ, 2014. 144 с.
10. Антарктическая исследовательская станция. URL: <http://interest-planet.ru/blog/Antarctica/555.html> (дата обращения: 09.11.2017).

**Seletskaya Kseniya Vladislavovna**

architect

E-mail: [kseniy\\_sel@mail.ru](mailto:kseniy_sel@mail.ru)**New Graphic**

The organization address: 420107, Russia, Kazan, Marcel Salimzhanov st., 15/8B

**Novikov Stepan Victorovich**

assistant

E-mail: [to-stepa@mail.ru](mailto:to-stepa@mail.ru)**Kazan State University of Architecture and Engineering**

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

**Saving principles in the architecture of arctic settlements****Abstract**

*Problem statement.* Resource-saving plays the increasing role in architecture every year. The purpose of article is development of the universal principles of design of the resource-saving architectural environment in the territory of the Arctic.

*Results.* The analysis has allowed to reveal current problems of architecture of high latitudes and to carry out selection of analogs with use of the methods of resource-saving suitable for use in an extreme frigid climate. As a result of a research authors have revealed methods of resource-saving design for the Arctic.

*Conclusions.* The importance of the received results for architecture consists that the practical principles of resource-saving architecture for the Arctic are formulated, capable to take root widely into architecture of territories of the Arctic zone, helping to form more comfortable and effectively operated environment.

**Keywords:** architecture high latitudes, the principles of resource conservation, alternative energy sources, autonomous resource-saving system, Arctic.

### References

1. Andreas Muller. Arctic Perspective Cahier. Vol. 1. ARCHITECTURE, Ostfildern : Hatje Cantz Verlag, 2010. 148 p.
2. Robert J. Howlett, Lakhmi C. Jain, Shaun H. Lee. Sustainability in Energy and Buildings, Berlin : Heidelberg, 2009. 419 p.
3. Renewable Energy Technologies : Belgium, 2007. 163 p.
4. Denisenko E. V. Biological criteria and bioapproaches in architecture of the 21<sup>st</sup> century // Vestnik VolGASU. 2013. № 33 (52). P. 173–178.
5. Zhagina S. N., Pakhomov O. M. Status and prospects of development of alternative power engineering in the northern regions of Russia. URL: <http://www.fsdejournal.ru/node/604> (reference date: 11.11.2017).
6. Korzinov N. Gardeners of Antarctica: warm house. URL: <https://www.popmech.ru/technologies/7005-ozeleniteli-antarktity-teplyy-dom/> (reference date: 16.11.2017).
7. Kulikov D. A. Principles of the organization of resource-saving architectural space. Kazan : KGASU, 2011. 195 p.
8. Lapteva K. L. The steadiest principles of the organization of the resource-saving city // Architecton: izvestiya vuzov. 2012. № 38.
9. Romantsov R. V. The concept of the architectural and planning organization of housing estates for conditions of polar regions. Kazan : KGASU, 2014. 144 p.
10. Antarctic research station. URL: <http://interest-planet.ru/blog/Antarctica/555.html> (reference date: 09.11.2017).

УДК 72.01

**Хазеева Карина Ромилевна**

архитектор

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

**Архитектурное бюро YARATAM**

Адрес организации: 420015, Россия, г. Казань, ул. Большая Красная, д. 63

**Забрускова Марина Юрьевна**

кандидат архитектуры, доцент

E-mail: [zmarina9@mail.ru](mailto:zmarina9@mail.ru)

**Казанский государственный архитектурно-строительный университет**

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

### **Ресурсосбережение в области проектирования общественных зданий санитарно-гигиенического назначения (на примере общественной уборной)**

#### **Аннотация**

*Постановка задачи.* Целью данной статьи является рассмотрение приемов ресурсосбережения в практике проектирования санитарно-гигиенических объектов, а именно – общественных уличных туалетов в городской среде. Рассмотрены примеры проектов общественных туалетов, реализованных в рамках эколого-ресурсосберегающего подхода, продемонстрированного на всех уровнях проектирования – инженерном, конструктивном, архитектурном и дизайнерском.

*Результаты.* Основным результатом исследования стала модель городского общественного туалета с применением ресурсосберегающих технологий, при разработке которой учтен опыт проектирования и строительства небольших ресурсосберегающих зданий, а именно – архитектурно-планировочные и инженерные решения.

*Выводы.* Значимость полученных знаний для архитектурной практики состоит в том что, предлагаемый комплексный подход к проектированию общественных туалетов на основе инновационных инженерных технологий обеспечит устойчивое функционирование, экологичность, самокупаемость и выразительность архитектурно-дизайнерского образа этих зданий.

**Ключевые слова:** общественный туалет, компостирование, переработка, разделение отходов, безводный туалет, «эффект лотоса», биотуалеты.

#### **Введение**

Термин «ресурсосбережение» – пример нового словообразования при составлении двух слов «ресурсы» и «сберегать». «Сберегать» – слово, не носящее множеств значений, а вот слово «ресурсы» требует некоторого пояснения. Ресурсы могут быть экономическими, производственными, природными или потребительскими. В данном исследовании речь пойдет о природных. Ресурсы – это естественные силы природы, которые человек может использовать в силу своих потребностей для хозяйственной и промышленной деятельности. Под природными ресурсами понимаются в совокупности животный мир и объекты природы, пригодные для использования в жизнедеятельности человечества и служащие для удовлетворения его всевозможных нужд [1]. Из этого определения следует вывод, что сберегать ресурсы окружающей среды требуется для того, что бы человек мог комфортно жить. Значит, ресурсосбережение – это совокупность мер, предпринимаемых человечеством по бережливому использованию природных ресурсов для собственного продолжительного благоприятного существования.

Существует три основных способа ресурсосбережения:

1. собирать: солнечную энергию, дождевую воду;
2. перерабатывать: отходы человеческой жизнедеятельности;
3. сокращать использование: вторичное использование воды или строительных материалов.

В совокупности эти способы делают объект строительства более экологически чистым и экономичным. В основном ресурсосбережение используют в жилых домах, но с каждым

годом все больше зданий и сооружений оснащают данными технологиями. Это общественные здания, здания производств, даже многие технические сооружения, такие как светофоры и столбы уличного освещения вдоль дорог. Особое значение для жизнедеятельности города имеют объекты санитарно-гигиенического назначения, таких как общественные туалеты, а именно туалеты, расположенные на улицах крупнейших городов.

Здания уличных общественных туалетов в основном делятся на два типа:

1. биотуалеты, не имеющие фундамента;
2. стационарные строения на фундаменте.

Радиус обслуживания общественного туалета равен 500-700 метров – соответственно СанПиН № 983-72. Из этого следует, что объект санитарного обслуживания должен быть одним из самых распространенных сооружений в городе. На данный момент в крупных городах России эти нормы не соблюдаются. Возможно, одной из причин этого являются экономические причины. Нам представляется, что с помощью ресурсосбережения можно снизить затраты на содержание туалета, приблизив их к самоокупаемости.

По проведенному опросу в Москве в 2012 году, общественными туалетами (ОТ) когда либо пользовались лишь 40 % жителей. Эта цифра может говорить о двух вещах: или уборных недостаточное количество в городе на человека, или их состояние непригодно для использования. По данным сайта «Городские проекты», на 1 миллион жителей города Москвы приходится лишь 35 туалетов. О внешнем виде и говорить не стоит, так как большая их часть – это отдельно стоящие неприглядные биотуалеты, и есть только небольшая доля тех, которые можно назвать достойными представителями своего типа. Ресурсосберегающие меры могут влиять не только на экономическую составляющую вопроса о ОТ, но и на их внешний вид, который благодаря определенным архитектурным и дизайнерским приемам делают ОТ привлекательным для жителей города.

#### **Анализ проектов общественных туалетов с ресурсосберегающими мерами**

Ресурсосбережение в общественных туалетах – слишком узкая тема, анализ литературных источников показал, что полновесных книг по данному вопросу нет. Но во многом могут быть приняты во внимание меры по сбережению ресурсов, представленные в книге Ф. Ричардсона о «зеленой» архитектуре небольших сооружений. Так же интересные примеры общественных уборных в проектах архитекторов, которые работают в этом направлении, а именно – с применением технологии ресурсосбережения. Несмотря на то, что эта тема была затронута рядом архитекторов, разработана она достаточно поверхностно. В основном все предложения ограничены установкой солнечных батарей, сбором дождевой воды и делением отходов, и, хотя это шаги в желательном направлении, но очень маленькие (табл. 1).

Целью данной статьи является рассмотрение возможностей внедрения ресурсосбережения в устройство общественных туалетов с инженерной и с технической точки зрения, и, самое главное, выявление влияния этого на архитектурную форму.



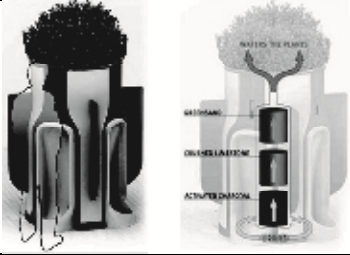
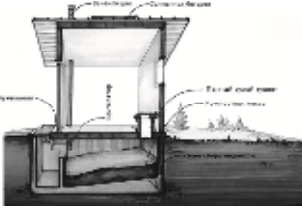

За последние несколько лет вопрос сбережения ресурсов в общественных уборных поднимался в рамках архитектурных конкурсов: Royal Institute of British Architects, Великобритания, 2009; Арт-Перестройка, Москва, 2013. Однако он редко выходил за пределы конкурсов. Реализованные объекты с мерами по ресурсосбережению встречаются в частном жилище, в котором предусмотрены системы переработки отходов с получением компоста. Данная технология по переработке, очистке и последующему использованию отходов не является новым изобретением XXI века. Известно, что издревле в Японии, было принято устанавливать два туалета, один для хозяев дома, другой для гостей и просто прохожих. Так отходы из первого использовали для удобрения овощей, а из второго – лишь для цветов и других, неиспользуемых в пищу, растений [2].

В США ресурсосберегающие туалеты установлены повсеместно в общественных зеленых зонах: парках и скверах. Основной применяемой в них технологией является очистка отходов с последующим использованием для полива и удобрения растений. Но возможность применения такого подхода, во многом зависит от климата страны, в которой расположен объект. В практике России построенных зданий такого рода еще не встречается, хотя примеры проектов существуют.



Таблица 1

**Примеры проектов общественных уборных  
с применением ресурсосберегающих технологий в разных странах**

архитектор, страна	изображение	ресурсосберегающие приемы
Vir. Mueller Architects Раджастан, Индия		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. прием сухого компостирования (сжигание твердых отходов под палящим солнцем для удобрения; отвод жидких отходов для полива полей);</li> <li>2. сбор дождевой воды;</li> <li>3. сад для естественной тени и выделения кислорода.</li> </ol>
Олег Гаврилишин Николай Тимченко Армавир, Россия		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. сбор дождевой воды системой «GRAF /CARAT S» WAT1;</li> <li>2. энергия солнца для нагрева воды и освещения;</li> <li>3. правильная постановка относительно сторон света;</li> <li>4. планировочное решение;</li> <li>5. экологически чистые строительные и отделочные материалы.</li> </ol>
«When Nature Calls» Eddie Gandleman Великобритания		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. очистка жидких отходов;</li> <li>2. использование переработанных отходов для полива.</li> </ol>
Clivus Multrum, Inc Америка		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. разделение отходов на жидкие и твердые; их переработка для удобрения и полива;</li> <li>2. работа вентиляции от солнечной энергии;</li> <li>3. местные материалы при строительстве.</li> </ol>
Uritonnoir Франция		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. получение перегноя;</li> <li>2. использование для удобрения полей.</li> </ol>

Анализ объектов показывает, как влияют на их инженерно-технические и архитектурные решения два фактора: 1). климатический; 2). местоположение (в природной среде, в городской среде, в парковой зоне).

Проект архитектурного бюро Vir. Mueller Architects в Индии, в штате Раджастан.

1. В Индии существует несколько климатических зон, но в основном преобладает жаркий и засушливый климат. Учитывая этот фактор, архитекторы использовали ресурсы палящего солнца – для переработки твердых отходов в компост для удобрения полей. А зеленые насаждения, заложенные в проекте, становятся оазисом для спасения от жары людей, работающих на полях.

2. Общественный туалет расположен в поле, поэтому деление отходов, их очистка и в последующем использование для технических нужд здесь очень важны, плантации

благодаря этому остаются чистыми, очищенные жидкие отходы направляются для полива, а твердые – для удобрения. Помимо основной утилитарной функции, туалет так же становится местом притяжения людей, трудящихся на плантациях, для этого архитекторы продумали места отдыха в виде зеленых террас.

Проект архитектора Е. Gandleman в Великобритании.

1. Это проект не целого туалета, а лишь писсуара для мужчин: очистка жидких отходов происходит внутри самого устройства с помощью технических средств, что по своей сути не зависит от климатических условий. Но из-за открытой конструкции, мужчине будет комфортно справлять нужду в уличном писсуаре далеко не при любом климате.

2. Компактный писсуар с современным дизайном вписывается в любое городское пространство, разве что установка его должна быть не в публичном месте, а скрыта от глаз прохожих.

Проект О. Гаврилишина и Н. Тимченко в России для Армавира.

1. В городе Армавир умеренно теплый климат и большое количество осадков, даже в самый засушливый месяц, поэтому архитекторами предусмотрен сбор дождевой воды для последующей очистки и использования в технических нуждах. Это южный город, поэтому есть смысл в установке солнечных батарей, энергия которых будет использована для освещения и для подогрева воды.

2. Небольшой город, который принимает значительное число туристов в летний период времени, для него хорошо подходит данный проект ОТ. Он быстр и легок в постройке, а использование природных материалов делает его частью окружающей среды.

Проект Uritonnoir, во Франции сложно назвать архитектурным, но, несмотря на это, объект выполняет все необходимые функции: 1) предотвращает загрязнение окружающей среды, формируя единое место справления нужды; 2) превращает отходы в компост для последующего использования в качестве удобрения для плантаций хмеля. Решение представляет собой тюки из соломы, в которые встраиваются дешевые пластиковые воронки. Как итог химических процессов, после шести – двенадцати месяцев разложение достигает финальной стадии, образуя богатый питательными веществами компост. Данный проект наводит на мысль о том, что необходимы не только стационарными, но и временными, общественные туалеты, особенно для уличных праздников и мероприятий.

Временные туалеты должны обладать определенными важными свойствами: быстрой возводимостью и простотой конструктивного решения (на примере Uritonnoir – это даже не сооружение в привычном виде), должны быстро демонтироваться, при этом не оставляя после себя никаких следов загрязнения окружающей среды.

### **Виды ресурсосберегающих мер в общественных туалетах**

Анализ примеров общественных туалетов дал основание для распределения ресурсосберегающих мер по уровням проектирования – (инженерный, конструктивный, архитектурный и дизайнерский), так как на разных уровнях разработки проекта ОТ должны быть заложены определенные приемы ресурсосбережения, которые в симбиозе дадут максимально эффективный результат.

Приемы ресурсосбережения представленные в таблице 2, для составления которой была использованная книга А. Хесса [3]. На примере домов Ф.Л. Райта, который является новатором в использовании природных ресурсов с помощью планировочных решений здания, автор разбирает возможности использования ресурсосбережения в небольших частных домах. Основной прием, который использовал Райт, является пассивное энергосбережение. Особенностью этого метода является отсутствие необходимости в отоплении или же малое энергопотребление, использование местных материалов в строительстве, использование солнечного света для естественного освещения, что экономит потребление электричества, а также накопление энергии для последующего использования в вентиляционной системе.

В своей книге Ф. Ричардсон «XS небольшие сооружения, зеленая архитектура» [4] рассматривает сочетание эстетической красоты архитектуры с ее экологической и технической стороной. В проектах малоэтажного гражданского строительства, представленных в книге, нет особой технической новизны, но это хорошие примеры того,

как можно красиво сочетать архитектурно-образные особенности здания и функциональность планировки. В книге затронут и экономический аспект.

Вопрос эксплуатации и обеспечения устойчивого функционирования должен возникать первым в процессе проектирования. Если на каждом уровне проектирования закладывать соответствующие ресурсосберегающие приемы, технологии и устройства, например, на архитектурном уровне – правильную планировку, на инженерном – специальные приборы, а на дизайнерском – определенные отделочные материалы, то затраты на место общественного пользования можно свести к минимуму, сделав его по возможности самоокупающимся.

Анализ технологий ресурсосбережения показывает их разносторонние и широкие возможности. Но только использование их вкуче на разных структурных уровнях – конструктивном, инженерном, архитектурном и дизайнерском – позволяет получить полноценный эффект. Его трудно было бы добиться, используя лишь единичные инженерные устройства (солнечные батареи, баки для дождевой воды, переработка отходов), установленные в конце строительства, то есть постфактум.

Таблица 2

## Виды ресурсосберегающих мер

№	задачи	природные ресурсы	№	инженерные и тех. устройства
1	получить	тепло земли	1.1	геотермальное отопление
		солнечная энергия	1.2	солнечные батареи
		дождевая вода	1.3	баки для сбора дождевой воды
		энергия ветра	1.4	ветряной генератор
2	сохранить	энергия тепла	2.1	утепление наружных стен, природные материалы, двойное остекление, земляные насыпи
		электроэнергия	2.2	планировочные решения, большое количество остекления, климатизация внутреннего пространства живыми растениями
		вода	2.3	DROP-A-BRICK, безводный туалет Danfo Pacto, туалет W+W, самоочищающиеся краски
3	переработать	отходы (жидкие, твердые)	3.1	компостирование, очистка жидких отходов
		электроэнергия	3.2	выработка электроэнергии сточными водами (Pennsylvania State University, Брюс Логан)
		строительные материалы	3.3	ресурсная локализация строительных процессов, каркас с заменяемыми элементами, использование вторсырья
4	отдать	удобрение	4.1	-
		вода для технических нужд	4.2	-

Все методы из данной таблицы подходят для применения в проектах общественных туалетов в городской среде. Особое внимание стоит уделить деталям технических и дизайнерских решений, так как именно в них произошли основные изменения в процессе технического развития, благодаря чему пользование общественными туалетами может – стать комфортней и удобней для потребителей. Рассмотрим некоторые из проектных решений приведенных в таблице.

2.3. В 2015 году в США прошла акция под названием «брось кирпич» – «DROP-A-BRICK», она посвящалась одному из самых ценных ресурсов – воде. Главной целью этой акции было показать, что каждый человек может внести свой вклад в сохранение водного ресурса, что дело не только в серьезных технических конструкциях, но и в простых решениях, а именно в данном случае – в «кирпиче», брусок из нетоксичной пористой резины с наполнителем из супер-абсорбента, используемого при производстве детских

подгузников. Попадая в бачок унитаза, брусок увеличивается в объеме вбирая в себя воду, тем самым не давая расходовать лишнее количество воды при смыве. В неделю один такой DROP-A-BRICK помогает экономить от 150 до 200 литров воды [5].

2.3. Унитаз W+W, разработанный дизайнерами Г. Буратти, О. Буратти, представляет собой симбиоз раковины и унитаза. Подобное решение воспринимается очевидным, лежащим на поверхности и остроумным. Вместо бачка унитаза расположена раковина, вода из которой скапливается и используется в последующем для смывания унитаза. Как заявлено производителями, подобного рода унитаз разработан специально для общественных мест. Помимо воды, он экономит и площадь туалета [6].

2.3. Самоочищающиеся краски с так называемым «эффектом лотоса». Благодаря которому окрашиваемая поверхность, абсолютно не смачивается водой, загрязнения скатываются вместе с каплями дождя. Это не только сохраняет фасад идеально чистым, но и препятствует размножению на его поверхности микроорганизмов, грибков и плесени [7].

2.3. Безводный туалет Danfo Pacto совсем не требует воды и электричества, канализации и использования реагентов. В нем полностью блокируются любые запахи благодаря специально разработанной пленке [8].

3.2. Выработка электроэнергии с использованием сточных вод – разработка Пенсильванского университета и Б. Логана. Здесь задействованы бактерии, которые имеются в обычных сточных водах. Они поедают органику, выделяя углекислый газ. В происходящих при этом химических реакциях электроны переходят между атомами. Учёные сумели вклиниться в этот процесс и направить электроны двигаться по внешней цепи. Авторы агрегата применили пластмассовую трубу, диаметром 6,5 см и длиной 15 см, в которой разместили восемь периферийных стержней-электродов из графита и один центральный электрод, выполненный из пластика, графита и платины. Когда через эту трубку прокачивают сточные воды, в цепи между центральным и периферийными стержнями возникает ток. Правда, мощность составляет лишь несколько милливатт. Возможно, унитазы-электростанции смогут питать одну – две лампочки, экономя энергию [9].

### **Разработка модели ресурсосберегающего туалета для климатических условий г. Казани**

Возможности применения ресурсосберегающих мер рассмотрены на примере модели общественного туалета, предназначенного для парковой зоны крупнейшего города. Для такой ситуации необходимо решить три важных задачи:

1. устроить достаточное количество общественных уборных в местах активного посещения горожан (экономическая составляющая);
2. обеспечить эстетичный внешний вид;
3. обеспечить комфортное пользование.

Как сказано выше, с самого начала проектирования и на всех уровнях разработки объекта, необходимо закладывать приемы ресурсосбережения, т.е. применять комплексный подход в проектировании. Рассмотрим приемы и ресурсосберегающие решения, заложенные в предлагаемую модель ОТ (рис.).

Уровень архитектурных решений:

1. Климатизация – создание климатического комфорта внутреннего пространства с помощью небольших кустовых растений, которые образуют живую изгородь, но при этом помещены в стеклянные перфорированные стены, что в достаточно небольшом общественном пространстве будет служить некой защитой для растений.

2. Планировочное решение – использование двойной системы стен, с помощью которой сохраняется нужная температура в помещении без лишнего отопления; так же это решение дает возможность исключить открывание дверей. Как показал социологический опрос в рамках конкурса на тему общественного туалета в Лондоне, одним из показателей хорошей уборной такого типа является минимальная необходимость чего либо касаться: стен, дверей, приборов пользования.

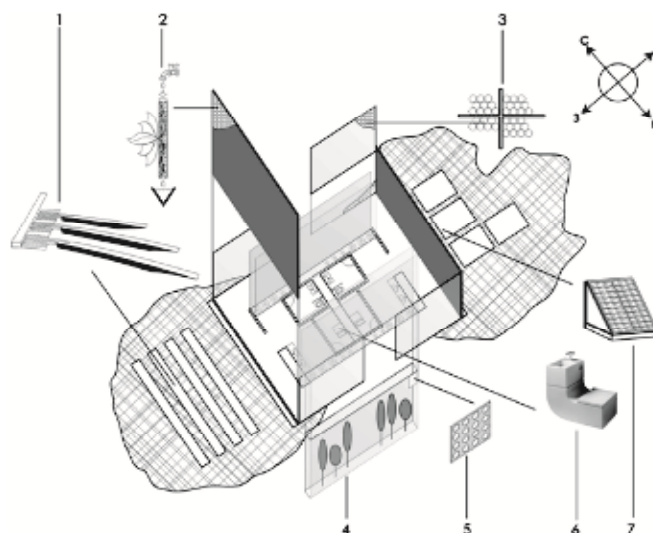


Рис. Схема применения ресурсосберегающих устройств в проекте модели общественной уборной:

1. сидения, установленные на склонах, которые служат буфером от ветров.
2. вертикальное озеленение с автоматическим поливом собранной и очищенной дождевой водой.
3. стена, выполненная из стеклянных бутылок. 4. внутреннее озеленение кустарниками.
5. перфорированная стена из оргстекла. 6. унитаза W+W. 7. солнечные батареи

#### Уровень конструктивных решений:

1. Использование в строительстве местных материалов. В несущих стенах используется бетон местного производства, а внешние стеклянные стены выполнены из доннышек стеклянные бутылок, что в свою очередь может стать интересным дизайнерским решением.

2. Пассивное электросбережение. Для этого с северной и южной сторон образованы искусственные насыпи, выполняющие роль защиты от ветра. Это решение позволяет замаскировать утилитарное здание в среде зеленого парка, благодаря размещению на этой искусственной насыпи ступенчатого амфитеатра. А остекление 50 % поверхности стен хорошо пропускает солнечные лучи, что позволит экономить на электричестве в дневное время суток.

#### Уровень инженерных решений:

1. Баки для дождевой воды, очищаемой для последующего использования воды в технических нуждах: для смыва отходов, для санитарной уборки туалета.

2. Солнечные батареи обеспечивают работу вентиляционной системы и электрических ламп в ночное время суток.

3. Разделение отходов с последующим использованием жидких отходов для полива растений после трех стадий очистки, а твердых отходов – для получения компоста, который будет служить удобрением для растений парка.

4. Использование вторичного сырья, в данном случае – выполнение стен из бутылок.

5. Выработка электричества с помощью сточных вод.

#### Уровень дизайнерских решений:

1. Самоочищающиеся краски.

2. Вертикально озелененные поверхности. Помимо прекрасной декоративной функции, растения улучшают микрофлору помещения, впитывая неприятные запахи.

3. Использование унитаза W+W который занимает меньше места, при этом выполняет больше функций и имеет привлекательный внешний вид.

#### Заключение

Вернемся к вопросу, как сделать, чтобы ОТ были удобными, эстетичными и в достаточном количестве? Представляется, что должны быть соответствующие фирмы, специализирующиеся на устройстве и обслуживании ОТ в городе. Вопрос финансирования во многом могли бы решаться за счет ресурсосбережения и переработки

отходов. Отходы в виде удобрений идут на продажу, а деньги – на содержание ОТ. А архитектурные и дизайнерские решения сделают сооружения утилитарного назначения достойным архитектурным объектом в городской среде, на примере которого где можно будет увидеть инновационные инженерные решения и смелые архитектурные образы.

### Список библиографических ссылок

1. Природные ресурсы // [economic-definition.com](http://economic-definition.com) : ежедн. интернет-изд. 2014. URL: [http://economic-definition.com/Nature/Prirodnye\\_resursy\\_Natural\\_resources\\_eto.html](http://economic-definition.com/Nature/Prirodnye_resursy_Natural_resources_eto.html) (дата обращения: 05.12.2017).
2. Богданов И. Unitas, или краткая история туалета. СПб. : Новое Литературное Обозревание, 2007. 192 с.
3. Хесс А. Франк Ллойд Райт природный дизайн, органическая архитектура. N-Y. : Уроки создания зеленого цвета из американского оригинала, 2012. 224 с.
4. Ричардсон Ф. XS: Небольшие дома, зеленая архитектура. N-Y. : Вселенная, 2007. 223 с.
5. Экономь воду – брось кирпич! // Экотерия : ежедн. интернет-изд. 2015. URL: <https://www.ecoterica.com/ekonom-vodu-bros-kirpich/> (дата обращения: 12.12.17).
6. Компания ROCA // [gosa.com](http://www.ru.roca.com) : ежедн. интернет-изд. 2015. URL: <http://www.ru.roca.com/каталог/продукты/раковины/настенные-раковины/w-w/подвесной-керамический-унитаз-раковина-893020..1> (дата обращения: 20.12.17).
7. Нанозффект лотоса дает шанс на создание самоочищающихся поверхностей // NNN Nano News Net : ежедн. интернет-изд. 2010. URL: <http://www.nanonewsnet.ru/news/2010/nanoeffekt-lotosa-daet-shans-na-sozdanie-samoochishchayushchikhsya-poверхnostei> (дата обращения: 25.12.17).
8. Биотуалет Pacto // [pacto.ru](http://pacto.ru) : ежедн. интернет-изд. 2016. URL: <http://pacto.ru/> (дата обращения: 12.12.17).
9. 10 альтернативных источников энергии, о которых вы ничего не знали // [recyclemag.ru](http://recyclemag.ru) : ежедн. интернет-изд. 2014. URL: <http://recyclemag.ru/article/10-neobychnyh-alternativnyh-istochnikov-energii> (дата обращения: 25.12.17).
10. Экология и туалеты. Экологические туалеты, туалеты на природе, туалеты для парков, заповедников, загородных объектов // [tualet.ru](http://tualet.ru) : ежедн. интернет-изд. 2013. URL: [http://tualet.ru/BASE/tua\\_eko\\_1.html](http://tualet.ru/BASE/tua_eko_1.html) (дата обращения: 05.12.3017).
11. Как сделать общественный туалет энергоэффективным? // эко-тектоника : ежедн. интернет-изд. 2016. URL: <http://green-city.su/kak-sdelat-obshhestvennyj-tualet-energoeffektivnum/> (дата обращения: 05.12.17).
12. Грид К. Городской дизайн, общественные туалеты. L. : Архитектурная пресса, 2003. 380 с.
13. Городские туалеты // Городские проекты : ежедн. интернет-изд. 2012. URL: [https://city4people.ru/projects/posts/posts\\_99.html](https://city4people.ru/projects/posts/posts_99.html) (дата обращения: 20.12.17).
14. Куликов Д. А. Принципы организации ресурсосберегающего архитектурного пространства // Известия КГАСУ. 2011. № 1 (15). С. 31–38.
15. Айдарова Г. Н. Понятие комфорт архитектурной среды в контексте этических ценностей // Евразийский союз ученых. 2015. № 4 (13). С. 148–151.

**Hazeeva Karina Romilevna**

architect

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

**Office of Architecture YARATAM**

The organization address: 420015, Russia, Kazan, Bolshaya Krasnaya st., 63

**Zabruskova Marina Yuryevna**

candidate of architecture, associate professor

E-mail: [zmarina9@mail.ru](mailto:zmarina9@mail.ru)

**Kazan State University of Architecture and Engineering**

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

## Resource conservation in design of public building for sanitary purposes (e.g. public toilets)

### Abstract

*Problem statement.* The propose of this article is to consider possible measures for resource conservation in a design of sanitary and public facilities. The object of the research is public street toilet in an urban realm. Under consideration are examples of projects of public toilets that represent approaches to resource conservation with engineering, construction, architectural and designer positions.

*Results.* The main result of the study was a model of urban public toilet with the adaptation of resource-saving technologies. For elaboration of this model the experience of building a small resource-saving buildings was distinguished – architectural-planning approaches and engineering decisions.

*Conclusions.* The significance of the acquired knowledge for architectural practice is that the proposed integrated approach to the design of public toilets based on innovative engineering technologies will ensure sustainable functioning, environmental friendliness, self-sufficiency and expressiveness of the architectural and design image of these buildings.

**Keywords:** public toilet, composting, recycling, waste separation, waterless toilet, «lotus effect», portable toilet.

### References

1. Natural resources // economic-definition.com : daily. internet-edit. 2014. URL: [http://economic-definition.com/Nature/Prirodnye\\_resursy\\_Natural\\_resources\\_eto.html](http://economic-definition.com/Nature/Prirodnye_resursy_Natural_resources_eto.html) (reference date: 05.12.2017).
2. Bogdanov I. Unitas, or a brief history of the toilet. SPb. : New Literary Observation, 2007. 192 p.
3. Hess A. Frank Lloyd Wright Natural Design, Organic Architecture. N-Y. : Lessons for Building Green from an American Original, 2012. 224 p.
4. Richardson P. XS: Small Structures, Green Architecture. N-Y. : Universe, 2007. 223 p.
5. Save water – throw the brick! // Ecoteria : daily. internet-edit. 2015. URL: <https://www.ecoterica.com/ekonom-vodu-bros-kirpich/> (reference date: 12.12.17).
6. Company ROCA // roca.com : daily. internet-edit. 2015. URL: <http://www.ru.roca.com/catalog/products/sinks/wall-sinks/w-w/pendant-ceramic-toilet-sink-893020..1> (reference date: 20.12.17).
7. Nano-effect of lotus gives a chance to create self-cleaning surfaces // NNN Nano News Net : daily. internet-edit. 2010. URL: <http://www.nanonewsnet.ru/news/2010/nanoeffekt-lotosa-daet-shans-na-sozdanie-samoochishchayushchikhsya-poverkhnostei> (reference date: 25.12.17).
8. Portable Pacto // pacto.ru : daily. internet-edit. 2016. URL: <http://pacto.ru/> (reference date: 12.12.17).
9. 10 alternative energy sources that you did not know about // recyclemag.ru : daily. internet-edit. 2014. URL: <http://recyclemag.ru/article/10-neobychnyh-alternativnyh-istochnikov-energii> (reference date: 25.12.17).
10. Ecology and toilets. Ecological toilets, toilets in the nature, toilets for parks, reserves, country objects // tualet.ru : daily. internet-edit. 2013. URL: [http://tualet.ru/BASE/tua\\_eko\\_1.html](http://tualet.ru/BASE/tua_eko_1.html) (reference date: 05.12.3017).
11. How to make a public toilet energy-efficient? // eco-tectonics : daily. internet-edit. 2016. URL: <http://green-city.su/kak-sdelat-obshhestvennyj-tualet-energoeffektivnym/> (reference date: 05.12.17).
12. Greed C. Inclusive Urban Design, public toilets. L. : Architectural Press, 2003. 380 p.
13. City toilets // City toilets : daily. internet-edit. 2012. URL: [https://city4people.ru/projects/posts/posts\\_99.html](https://city4people.ru/projects/posts/posts_99.html) (reference date: 20.12.17).
14. Kulikov D. A. Principles of organization of resource-saving architectural space // Izvestiya KGASU. 2011. № 1 (15). P. 31–38.
15. Aidarova G. N. The concept of the comfort of an architectural environment in the context of ethical values // Yevraziyskiy soyuz uchenykh. 2015. № 4 (13). P. 148–151.

УДК 72.04

**Хуснутдинова Алсу Фандусовна**

архитектор

E-mail: [husnut94@mail.ru](mailto:husnut94@mail.ru)**Управление архитектуры и градостроительства Исполнительного Комитета муниципального образования г. Казани**

Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Груздева, д. 5

**Забрускова Марина Юрьевна**

кандидат архитектуры, доцент

E-mail: [zmarina9@mail.ru](mailto:zmarina9@mail.ru)**Казанский государственный архитектурно-строительный университет**

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

### **Влияние использования альтернативной энергетики на формирование архитектуры придорожных автозаправочных станций**

#### **Аннотация**

*Постановка задачи.* В статье рассматриваются архитектурные решения автозаправочных станций с учетом энергосберегающих требований для минимизации их вредного воздействия на окружающую среду благодаря внедрению электрических транспортных средств и возобновляемых источников энергии (ВИЭ). Ставится задача выявить средства выразительности архитектуры автономных придорожных станций с использованием ВИЭ. Основываясь на зарубежной практике, проанализированы приемы интеграции инженерного оборудования и архитектурных конструкций.

*Результаты.* Основным результатом исследования является выявление типов размещения альтернативных источников энергии по отношению к архитектурной форме придорожных автозаправочных станций (интегрирование в конструкцию – образование в единую структуру, размещение на поверхности – располагается на кровле, размещение в виде пристроенного объема или рядом расположенной структуры и размещение в виде отдельно стоящего объема).

*Выводы.* Значимость полученных результатов для строительной отрасли состоит в модернизации автозаправочных станций средством ВИЭ. Разнообразие возможностей интеграции ВИЭ с архитектурной формой и конструкцией здания создаст средство выразительности для получения архитектурного образа АЗС.

**Ключевые слова:** архитектура придорожных автозаправочных станций (АЗС), энергосберегающая автозаправочная станция, придорожный автомобильный сервис, альтернативная энергия, зарядные станции.

#### **Введение**

В мире численность автомобильного транспорта растет с каждым годом, количество превзошло уже 700 млн. шт. и при этом растет потребление бензина [1]. Это приводит к тому, что объем выбросов загрязняющих веществ от автомобильного транспорта в атмосферу становится одним из основных источников загрязнения природной среды. Свой вклад в этот процесс вносят автозаправочные станции. Они являются загрязнителями отдельных компонентов окружающей природной среды: атмосферного воздуха, воды (сток талых и дождевых вод), геологической среды (почва, грунты), биосоставляющей в результате попадания вредных веществ из воздуха.

В настоящее время в развитых странах природоохранная деятельность широко развивается. Ставится вопрос о снижении объема выбросов загрязняющих веществ от автомобилей, экономии жидкого топлива и уменьшении содержания токсичных веществ в атмосфере. Решением этих проблем является разработка практически нетоксичных электрических транспортных средств, распространение АЗС, работающих от электрической сети. Предполагается ввести их в повседневную жизнь и перейти на них с обычных автомобилей. Заправочные станции для электромобилей позволят уменьшить выбросы выхлопных газов и снизить уровень шумового загрязнения в пригородах.



### Развитие инфраструктуры альтернативных заправочных станций

В последние годы развитие инфраструктуры таких станций в мире ведётся большими темпами, чего нельзя сказать про Россию, хотя их строительство уже началось: с недавнего времени эксплуатируются 42 станции подзарядки в Московской области [2].

Электромобили являются энергоэффективными автомобилями на дорогах, поскольку их энергоэффективность в 4 раза выше автомобилей на бензине. Они не производят никаких загрязнений от выхлопных газов, а тем более если электричество производится из возобновляемых источников энергии (ВИЭ), то вредного воздействия не наблюдается вовсе. Однако электромобили имеют и недостатки, один из которых – ограниченное расстояние, преодолеваемое без подзарядки, которое не превышает 80 км [3].

Планы развития электростанций в будущем имеются в многих странах. Лидирующие позиции по развитию представляют страны, как Китай, США, Япония [4] (рис. 1).

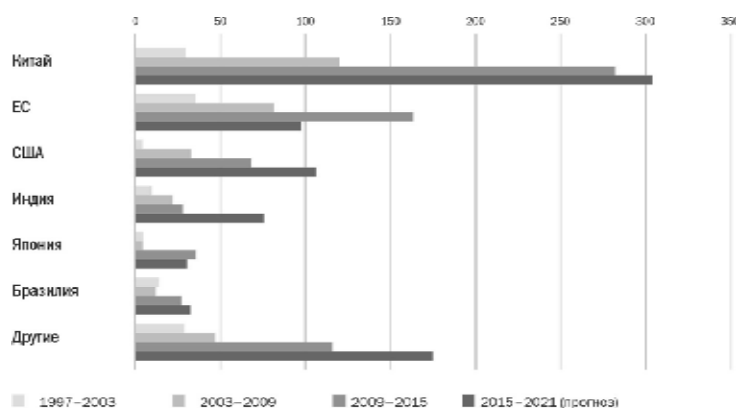


Рис. 1. Рост производства электроэнергии из ВИЭ в странах [4]

Таблица 1

#### Виды устройств для получения возобновляемых источников энергии на АЗС

Виды	Устройства	Страны	Аналог
Солнечная энергия 	Фотоэлектрические элементы и солнечные коллекторы	США, Германия, Япония, Италия, Великобритания.	  MoTechEco, Pininfarina <sup>1</sup>
Энергия ветра 	Ветровые турбины, ветрогенераторы	США, Китай, Австралия, Германия, Япония, Италия, Великобритания.	  Sanya SkyPump, Urban Green Energy <sup>2</sup>
Энергия биотоплива 	Биогазовые установки, оборудования для переработки	США, Канада, Финляндия, Новая Зеландия, Бразилия.	  Biooctanic Gas Stations, UPI 2M <sup>3</sup>

<sup>1</sup>Электрические транспортные средства с электрическим топливом // TOMSGUIDE.COM : ежедн. интернет-изд. 2013. URL: <https://www.tomsguide.com/us/Solar-Charging-Station-Electric-Vehicles,news-11585.html> (дата обращения: 16.11.2017).

<sup>2</sup>Новый Sanya Skypump – ветер и солнечный зарядатель электрического автомобиля // INHABITAT.COM : ежедн. интернет-изд. 2015. URL: <https://inhabitat.com/breaking-the-new-sanya-skypump-is-a-wind-and-solar-powered-ev-charger/> (дата обращения: 18.11.2017).

### Возобновляемые источники энергии

Наиболее эффективным решением является производство экологически чистой и дешевой энергии для энергоснабжения зарядных станций, возможность использования возобновляемых источников энергии непосредственно на АЗС, делая их автономными для получения энергии. Возобновляемые источники энергии включают большое разнообразие возможных источников энергии: солнечная энергия, энергия ветра, энергия биотоплива и др. [5]. Не все регионы благоприятны с точки зрения климатических условий и инженеры сочетают несколько видов возобновляемых источников энергии. Далее представлены виды устройств для получения ВИЭ и примеры, где в одном инженерном решении АЗС сочетаются несколько источников энергии (табл. 1).

#### Солнечная энергия

Солнечная энергия – наиболее мощный, дешевый, экологически чистый, но в то же время наименее используемый человеком источник энергии. Преобразование солнечного излучения в электрическую энергию происходит двумя способами: использованием солнечной энергии как источника тепла для выработки электроэнергии или преобразование ее непосредственно в электрический ток в солнечных элементах [2]. Использование солнечной энергии безопасно, солнечные батареи могут улучшить качество работы станции. Для таких станций не требуется значительных вложений, не считая затрат на установку батареи [6]. Примером может служить итальянская дизайнерская компания Pininfarina, которая представляет солнечное зарядное дерево «Antares». 108-метровая древовидная структура создана из 20 солнечных панелей и стремится сделать традиционную бензозаправочную станцию избыточным источником питания<sup>1</sup>.

#### Энергия ветра

Энергия ветра – широкодоступный и экологически чистый источник энергии, зависящий от географического положения и рельефа земной поверхности. Ветровые турбины достигают десятков метров в высоту, а ветрогенераторы могут преобразовать кинетическую энергию ветра в механическую энергию вращения с преобразованием в электрическую. Простейший способ накопления и сохранения энергии ветра состоит в зарядке аккумуляторных батарей для получения в последующем электрического тока с помощью гидрогенератора [2]. Станция «Urban Green Energy» с возобновляемыми источниками энергии позволяет водителям перезаряжать свои автомобили. Комбинация солнечных батарей и ветряных двигателей позволяет получить достаточное количество энергии для перезарядки автомобиля<sup>2</sup>.

#### Энергия биотоплива

Биотопливо – возобновляемый ресурс, энергия которого производится из сырья растительного или животного происхождения. Основные технологии производства биотоплива – это переработка сельскохозяйственных отходов (в основном животноводства), отходы продукции растениеводства, пищевой промышленности, растительного сырья (рис, кукуруза, деревообработка) [7]. Архитектурная фирма UPI 2M представляет концепцию заправочной станции «Biooctanic Gas Stations» с производством биотоплива на месте существующих газозаправочных станций для очищения окружающей среды, загрязненной выбросами с газовых и бензиновых АЗС. Объект представляет собой 31-этажную вертикальную сельскохозяйственную ферму. При этом в качестве биотоплива используются водоросли и бамбук, выращенные на верхних этажах. Среди преимуществ таких башен – это освобождение сельскохозяйственных площадей для производства биотоплива, также на башне располагается парк, который является местом отдыха для горожан. Своим фантастическим видом такие сооружения вселяют уверенность в будущем передовых технологий<sup>3</sup>.


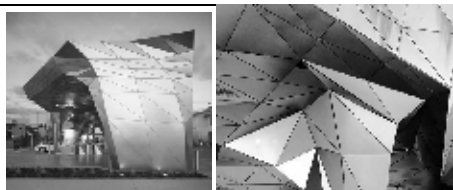



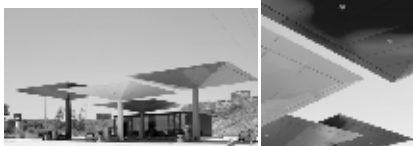






<sup>3</sup>Башня BioOctanic: вертикальная ферма выращивает биотопливо для газовых станций // TREEHUGGER.COM : ежедн. интернет-изд. 2014. URL: <https://www.treehugger.com/cars/biooctanic-tower-vertical-farm-grows-biofuel-for-gas-stations.html> (дата обращения: 13.11.2017).

### Влияние размещения устройств ВИЭ на архитектурные формы придорожных автозаправочных станций

В основном вопрос применения возобновляемых источников энергии затрагивает инженерно-технические аспекты. Но с архитектурной точки зрения применение таких видов оборудования важно учитывать поскольку оно оказывает непосредственное влияние на архитектурный облик строения. В архитектурных решениях АЗС проявляется принцип композиционной целостности, приемы объединения в единую структуру архитектурных элементов, инженерных устройств, а также акцентирования их дизайна [8]. Ниже приведены варианты размещения ВИЭ по отношению к архитектурной форме придорожных АЗС (табл. 2).

Таблица 2

Типы размещения устройств ВИЭ на формы автозаправочных станций

№	Типы	Расположение	Аналоги
1	Интегрирование в конструкцию	 Плоскость фасада	 The Helios House, Johnston Marklee, 2007 <sup>4</sup>
		 Пластика фасада	 The E-Move Charging Station, Michael Scherer <sup>5</sup>
2	Размещение на поверхности	 Кровля	 Repsol Gas Stations, Norman Foster <sup>6</sup>
3	Размещение в виде пристроенного объема	 Часть объекта	 Legarda, Acciona <sup>7</sup>
		 Между частями объекта	 Avia Marees, Benjamin Robichon <sup>8</sup>
4	Размещение в виде отдельно стоящего объема	 Целый объект	 Foliage Fuel Stations, Alex Dumler [9]

#### 1. Интегрирование в конструкцию

В этом случае устройства образуют единую структуру, интегрированы с архитектурными и конструктивными элементами здания. Примером может служить работа архитектора Джонстона Маркли «**The Helios House**». Конструкция АЗС выполнена из треугольных стальных панелей, в которые установлена система сбора дождевой воды, вмонтировано 900 солнечных батарей и находится пункт переработки

различных отходов (от бумаги до техники), что полностью покрывает расходы энергии станции. Автор модернизирует ранее существующую автозаправочную станцию экологическим способом, повторно используя строительные материалы<sup>4</sup>.

Большой интерес к экологическим проблемам и энергосбережению автозаправочных станций проявляет Майкл Шерер в проекте «**The E-Move Charging Station**». Он разрабатывает структуру, оснащенную восемью фотоэлектрическими панелями, встроенными в крышу самих станций для преобразования солнечной энергии с помощью встроенных монокристаллических панелей. Крыловидная архитектурная форма АЗС позволяет разместить солнечные батареи оптимальным способом по отношению к солнцу. Наклонная конструкция навеса выполнена из стальных балок, закрепленных консольно бетонным основанием. Снаружи предусмотрена скамья с водоотталкивающей поверхностью и снабженная устройствами для бесплатной подзарядки ноутбуков, мобильных телефонов и других портативных гаджетов. Внутри, в нижней части структуры, расположены хорошо защищенные технические устройства для перезарядки транспортных средств<sup>5</sup>.

## 2. Размещение на поверхности

В данном типе размещении установки ВИЭ располагаются на крыше. Особые навесы в автозаправочной станции «**Repsol**», созданной Норманом Фостером, выполнены в форме перевернутых пирамид. Главная идея архитектора – создать модульные структуры, которые легко построить и установить. Станция сооружена из переработанных материалов и является одной из первых мире станций обслуживания с 100 %-м светодиодным освещением. Кластеры этих структур в виде перекрывающихся друг друга зонтиков образуют навес станции. В конструкции стен применены 7000 переработанных газет, и овечья шерсть, которые были использованы в качестве изоляции. Яркая цветовая комбинация навесов создает сильное впечатление трехмерности<sup>6</sup>.

## 3. Размещение в виде пристроенного объема

Компания Assioma занимается исследованием и проектированием в области производства биотоплива и других возобновляемых источников энергии. Предложенный ею проект новой АЗС «**Legarda**», реализующей на продажу биодизель, биоэтанол и, в будущем, предполагается, – водород. АЗС состоит из двух частей: блока обслуживания и навеса. Он представляет собой зигзагообразную крышу, в которой размещены фотоэлектрические панели, обеспечивающие энергетическую автономию объекта<sup>7</sup>.

Проект станции «**Avia Marees**» (фирмы Benjamin Robichon ) выполнен в концепции устойчивой архитектуры. Станция рассчитана на использование биотоплива, которое находится на специальных танках. Сооружение представляет собой единую поверхность, которая, складываясь образует и опорную боковую стену, и кровлю навеса заправочной станции, автомойки и офисного блока. Несущие конструктивные элементы кровли и стен выполнены из дерева, отделка – из ламинированных деревянных панелей. Все конструкции и элементы внешней отделки выполнены таким образом, что они выдерживают различные погодные условия. **Ошибка! Закладка не определена.**

## 4. Размещение в виде отдельно стоящего объема

Концепция энергетической станции Алекса Думлера предусматривает получения и накопления энергии благодаря особому сооружению в виде дерева «**E.Capsule**». Здесь предлагается использовать разные природные источники энергии, такие как ветер и солнце, их энергия накапливается и хранится в капсулах многократного использования, которые могут быть применены в специально предназначенных для этого устройствах на

<sup>4</sup>Гелиос Дом Первый LEED- сертифицированный АЗС в США // ATLASOBSCURA.COM : ежедн. интернет-изд. 2017. URL: <https://www.atlasobscura.com/places/helios-house> (дата обращения: 28.10.2017).

<sup>5</sup>Репсол – СТО // ARCHITECTUUL.COM : ежедн. интернет-изд. 2017. URL: <http://architectuul.com/architecture/repsol-service-stations> (дата обращения: 13.11.2017).

<sup>6</sup>Зарядная станция E-move // DOMUSWEB.IT : ежедн. интернет-изд. 2016. URL: <https://www.domusweb.it/en/design/2009/09/02/e-move-charging-station.html> (дата обращения: 13.11.2017).

<sup>7</sup>Станция обслуживания Legarda // ARCHITRAVEL.COM : ежедн. интернет-изд. 2013. URL: <http://www.architravel.com/architravel/building/legarda-service-station/> (дата обращения: 13.11.2017).

АЗС. По предложению автора такие энергетические станции должны заменить обычные автозаправочные станции [9].

Приведенный ряд архитектурных объектов показывают, что современные архитекторы активно развивают проектирование АЗС нового поколения [10]. Для получения интересного образа архитекторы используют особенности размещения и выразительный дизайн инженерных устройств ВИЭ. Важно, что создавая архитектурный образ, архитекторы интегрируют эффективное конструктивное решение, экологичность инженерных решений и технологий, а также использование вторичных материалов.

В 2009 г. президентом России был подписан федеральный закон «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности...»<sup>8</sup>. В связи с этим на территории нашей страны также предпринимают усилия по внедрению энергоэффективности, идут разработки региональных программ по развитию инновационных энергосберегающих технологий, что касается в том числе и заправочных станций.

### Заключение

Анализ АЗС с применением ВИЭ демонстрирует, что использование солнечной энергии получает наибольшее распространение. В силу конструктивных возможностей солнечные панели позволяют получить криволинейную форму, которая служит основой для выразительной архитектурной композиции. Сочетание разных форм, текстуры поверхности и материала отделки фасада с архитектурной точки зрения ценно. Ветряные станции привлекают к себе внимание внешним дизайном ветрогенераторов, которые становятся акцентом композиции. В уникальном архитектурном образе биотопливных станций проявляются в полной мере дизайн инженерных систем.

Разнообразие дизайна инженерных устройств ВИЭ, различные виды их компоновки в конструкции и архитектурные элементы особенности технология производства топлива создают множество возможностей для получения архитектурного образа АЗС. Появление инновационных инженерных устройств и технологий открывает перед архитектором новое поле для творчества – создание выразительной архитектуры автономных АЗС, как архитектуры будущего.

### Список библиографических ссылок

1. Топтун А., Тихонов А., Зайцева И. Структура и прогноз парка коммерческих автомобилей. Казань, 2017. 110 с.
2. Фаррахов А. Г. Энерго- и ресурсосбережение в строительстве и городском хозяйстве. М. : АСВ, 2016. С. 140–143.
3. Данвуди Г., Элман Л. Автомобили будущего. L. : The Stationery Office Limited, 2004. 75 с.
4. Первая солнечная энергия // BLOOMBERG.COM : ежедн. интернет-изд. 2017. URL: <https://www.bloomberg.com/news/articles/2018-01-23/china-s-15-trillion-shadow-banking-edifice-showing-more-cracks> (дата обращения: 19.11.2017).
5. Хамонд Х. Ф. Создание соединения. Стратегия инфраструктуры подключаемого модуля // Отдел транспорта. 2011. 51 с.
6. Бехль Р. К., Чибар Р. Н. Источники возобновляемой энергии и их приложения. Джодхпур : Агробиос (международный), 2013. 352 с.
7. Биотопливо. Топливо будущего // BIOFUEL.ORG.UK : ежедн. интернет-изд. 2010. URL: <http://biofuel.org.uk/> (дата обращения: 18.11.2017).
8. Поляков И. А., Ильвицкая С. В. Использование средств альтернативной энергетики при формировании художественного образа в архитектуре // Международный электронный научно-образовательный журнал «АМИТ». 2017. № 1 (38). С. 160–173.
9. Листва АЗС // TRENDHUNTER.COM : ежедн. интернет-изд. 2013. URL: <https://www.trendhunter.com/trends/the-e-capsule> (дата обращения: 19.11.2017).
10. Ахтямов И. И., Ахтямова Р. Х. Студия TIArch: перспективы будущего // Проект Россия. 2017. № 1 (82). С. 196–201.

<sup>8</sup>Федеральный закон РФ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» от 23.11.2009 № 261-ФЗ.

**Husnutdinova Alsu Fandusovna**

architect

E-mail: [husnut94@mail.ru](mailto:husnut94@mail.ru)**Architecture and Urban Planning Department of the Executive Committee of the Municipality of Kazan**

The organization address: 420043, Russia, Kazan, Gruzdeva st., 5

**Zabruskova Marina Yuryevna**

candidate of architecture, associate professor

E-mail: [zmarina9@mail.ru](mailto:zmarina9@mail.ru)**Kazan State University of Architecture and Engineering**

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

**Influence of the use of alternative energy for the formation  
of the architecture of roadside gas stations****Abstract**

*Problem statement.* The article considers architectural solutions of filling stations taking into account energy saving requirements to minimize their harmful impact on the environment through the introduction of electric vehicles and renewable energy sources (RES). The task is to identify means of expressiveness of the architecture of autonomous roadside stations using renewable energy sources. Based on foreign practice, analyze the techniques of arranging engineering equipment for an architectural design.

*Results.* The main result of the study is the identification of the types of alternative energy sources in relation to the architectural form of roadside gas stations (integration into the structure – forms a single structure, placement on the surface – is located on the roof, placement in the form of an attached volume – the adjacent structure and placement as a stand-alone structure volume).

*Conclusions.* A variety of possibilities for integrating renewable energy sources with the architectural form of the building design create directions for obtaining the architectural image of the filling station.

**Keywords:** roadside filling stations (gas station), energy-saving gas station, roadside car service, alternative energy, charging stations.

**References**

1. Toptun A., Tikhonov A., Zaitseva I. Structure and forecast of the park of commercial vehicles. Kazan, 2017. 110 p.
2. Farrakhov A. G. Energy and resource saving in construction and urban economy. M. : ASB, 2016. P. 140–143.
3. Dunwoody G., Ellman L. Cars of the Future. L. : The Stationery Office Limited, 2005. 75 p.
4. Solar Grew Faster // BLOOMBERG.COM : internet-edit. 2017. URL: <https://www.bloomberg.com/news/articles/2018-01-23/china-s-15-trillion-shadow-banking-edifice-showing-more-cracks> (reference date: 19.11.2017).
5. Hammond H. F. Making the Connection. The Plug-In Vehicle Infrastructure Strategy // Department for Transport. 2011. 51 p.
6. Behl R. K., Chhibar R. N. Renewable Energy Sources and their Applications. Jodhpur : Agrobios (International), 2013. 352 p.
7. Biofuels. The fuel of the future // BIOFUEL.ORG.UK : internet-edit. 2010. URL: <http://biofuel.org.uk/> (reference date: 18.11.2017).
8. Polyakov I. A., Ilvitskaya S. V. The use of alternative energy resources in the formation of artistic image in architecture // International electronic scientific and educational magazine «AMIT». 2017. № 1 (38). P. 160–173.
9. Foliage Fuel Stations // TRENDHUNTER.COM : internet-edit. 2013. URL: <https://www.trendhunter.com/trends/the-e-capsule> (reference date: 19.11.2017).
10. Akhtyamov I. I., Akhtyamova R. Kh. TIArch Studio: Future Prospects // Project Russia. 2017. № 1 (82). P. 196–201.



УДК 711.582.5

**Гришина Мария Павловна**

кандидат архитектуры, ассистент

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

**Казанский государственный архитектурно-строительный университет**

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

## **Опыт разработки архитектурно-планировочных решений и функциональной организации дворовых территорий на примере Казани**

### **Аннотация**

*Постановка задачи.* Цель исследования – определить возможности прикладных аспектов сценарного подхода. В современном стремительном развитии теории и практики градостроительства одним из самых актуальных вопросов является пересмотр существующих методов, принципов и подходов предпроектного анализа территории, проектирования, строительства, планирования и прогнозирования эффективности эксплуатации существующих объектов градорегулирования.

*Результаты.* Основные результаты исследования состоят в выявлении потенциальных возможностей предпроектного архитектурно-планировочного и функционально-градостроительного анализа территории с применением методик сценарного подхода и автоматических текстовых, графических электронных редакторов и интернет ресурсов.

*Выводы.* Значимость полученных результатов для архитектуры состоит в практическом апробировании некоторых методик сценарного подхода с использованием современных технологий и общедоступных информационных ресурсов для анализа и систематизации данных о состоянии проектируемой территории. Оптимальный, полный, достоверный и точный предпроектный анализ градостроительной эффективности функционирования территории – это основа современного проектирования и планирования, освоения и развития урбанизированных территорий.

**Ключевые слова:** придомовая территория, сценарный подход, дворовая территория, карта с сетевым правом доступа, группы жителей, пешеходные связи, объекты тяготения.

### **Введение**

Большое внимание современных ученых и практиков уделяется проблемам изучения, развития и совершенствования современных методов архитектурного и ландшафтного проектирования, градостроительного и территориального планирования [1, 2, 3]. Повышается интерес к работе над комплексными методиками проектирования, технологиями строительства и программами эффективной эксплуатации и функционально-пространственного развития объектов озеленения и ландшафтного строительства [4, 5]. Особый интерес в этих вопросах вызывает разработка универсальной методики озеленения и благоустройства придомовых территорий. В связи с наличием в городах России больших территорий с сложившейся в советский период структурой жилого фонда наиболее актуальна эта тенденция поиска современных подходов и методов эффективной организации архитектурно-функционального пространства для рассмотрения уже застроенных территорий. Это связано с тем, что на селитебных территориях благоустройство и озеленение дворов не было завершено, либо существующее благоустройство и озеленение функционально устарело и имеет высокую степень изношенности оборудования [6].

### **Состояние вопроса**

Подобный перечень проблем выделен при изучении проблем функционально-градостроительной и архитектурно-планировочной организации дворовых территорий Третьяковой П.А. и Шутовой О.А. [2], Самойловой Н.В. и Поповой Е.Д. [7]. Из зарубежной современной практики следует отметить работы в области благоустройства и

озеленения городских пространств и межмагистральных территорий таких авторов как: Херген Т. [11], Коллер А. [12], Петриченко М., Раковой Х., Вяткина М., Мусориной Т., Кузнецовой Д. [13].

Основываясь на публикациях современных ученых, следует отметить, что поиск новых подходов, методов, технологий и способов в современном ландшафтном строительстве осуществляется преимущественно по направлениям:

- разработка универсальной типологии объектов [1];
- методы и технологии планирования эффективного взаимодействия природного и городского ландшафта [1];
- методы совершенствования существующих подходов с адаптацией для использования современных технологий и инструментария проектирования и строительства (интернет ресурсы, графические приложения, 3D-принтеры, 3D-проекторы) [2];
- планирование территориальных рекреационных систем;
- комплексная оценка рекреационного потенциала территории;
- способы функционально-пространственной организации территории;
- методики выявления социального запроса горожан на функционально-пространственное наполнение конкретной территории [2, 3].

На сегодняшний день активно используются такие подходы в проектировании объектов городской ландшафтной архитектуры как: системный, линейный, аналоговый, нормативно-градостроительный, средовой, вариативный, сценарный и др. теоретические подходы и методы. Системный подход в архитектурном проектировании преимущественно применяется на градостроительном уровне проектирования при работе с различными функциональными инфраструктурами [4]. Аналоговый и линейный подходы в проектировании применяются на объектном уровне в творческом поиске и проработке компилированного варианта проектного решения. Нормативно-градостроительный подход применяется на стадии предпроектного анализа и экспертизы проектной документации и представляет собой работу с градорегулирующими механизмами, действующими на территории проектирования [1, 4]. Средовой подход широко используется в объемном моделировании, макетировании и 3d-визуализации проектных решений [2]. Вариативный подход применим в прогнозировании развития объекта во время строительства и эксплуатации. Например, при разработке концепции градостроительного развития какого-либо крупного планировочного района, разрабатываются проектные решения временных текущих инфраструктур в увязке с существующими, для достижения максимально эффективного и непрерывного использования всех, вновь создаваемых, градостроительных инфраструктур с поэтапным преобразованием. На объектном уровне вариативный подход применим для постпроектного моделирования сценариев развития территории объекта проектирования и обоснования эффективности проектного предложения.

Среди перечисленных теоретических подходов, в этой статье нами будет рассмотрен сценарный подход в архитектурном проектировании. Обычно под сценарием понимают преобразование и интерпретация сюжета в вербальную форму в виде реплик героев произведения. Однако в проектировании сценарный подход понимается как метод профессиональной деятельности, основанный на проработке возможных сценариев использования объекта проектирования во времени и пространстве [5].

### **Методика исследования**

В ходе работы над эскизными предложениями по благоустройству и озеленению дворовой территории (в рамках конкурса творческих проектов ArtLook) было выбрано три внутриквартальных территории. Участники конкурса разделились на три рабочих группы по 4 человека и получили актуальные топографические съемки выбранных территорий. Во время совместной установочной встречи рабочих групп с преподавателем куратором, были сформулированы цель и этапы проектирования, определен объем работы и сроки выполнения по каждому этапу. В процессе свободной дискуссии выбрана терминология оперативного общения.



## Задание 1.

1. Собрать всю интересующую информацию из ресурсов интернет источников (публичная кадастровая карта, геопортал города, исторические карты PastWu, Google Earth, 2ГИС, АэрофотосъемкаВОВ и др.) Задача этого анализа – составление наиболее полной и достоверной картины градостроительного и архитектурно-планировочного образования, развития и существующего законодательного положения выбранных придомовых территорий.

2. Провести натурное обследование территории. Эта часть задания включает в себя выход на территорию объекта проектирования с целью визуальной оценки и фотоанализа состояния элементов оборудования благоустройства и озеленения, а так же проведения анализа востребованности существующей архитектурно-пространственной и функционально-коммунальной организации придомовых территорий.

3. Подготовить и провести брифинг по результатам предпроектного этапа для составления общей картины состояния и эффективности функционирования дворовых территорий.

По итогам выполнения задания были определены придомовые территории входящие в границы проектирования, режимы градостроительных регламентов действующих на проектируемой территории, основные, вспомогательные и условно-разрешенные виды использования территории. Проанализирована пешеходная доступность основных объектов тяготения расположенные в пешеходной доступности от проектируемых дворовых территорий (продуктовые магазины, парки, остановки общественного транспорта, станции железной дороги и метрополитена, спортивные объекты, многоуровневые парковки, открытые автостоянки, школы, детские сады, больницы, культурно-развлекательные учреждения, места приложения труда, промышленные предприятия) [6].

В результате натурного обследования выбранных территорий в целом отмечены следующие достоинства:

- существующее оборудование находится в исправном состоянии и используется по назначению;
- на территории двора имеются специально оборудованные мусоросборочные площадки с устройством подъезда обслуживающей техники;
- в пешеходной доступности 25- 100 м. расположен районный парк;
- в благоустройстве дворовых территорий учтено отсутствие балконов на первых этажах в домах хрущевского типа застройки, наличием оборудованных хозяйственных площадок и площадок для сушки белья;
- существующее озеленение представлено 8 -12 видами разновозрастных деревьев и кустарников от 5-35 лет;
- имеются благоустроенные пешеходные дорожки и тротуары.

Из проблем были отмечены следующие:

- отсутствие исправного наружного освещения дворовых территорий;
- наличие стихийно припаркованных автомобилей, преграждающих проезд обслуживающей технике и экстренным службам;
- наличие труднодоступных участков для обслуживающей техники;
- наличие стихийных троп и неиспользуемых благоустроенных площадок и пешеходных дорожек;
- участки возле входов в подъезды жилых домов и на территориях, предназначенных для размещения палисадников представляют собой не используемые, захлащенные территории;
- наличие неисправного либо неиспользуемого оборудования;
- скудное функциональное наполнение дворовых территорий. Это связано с тем, что учитываются, как правило, интересы отдельных наиболее социально активных групп населения (дети, автовладельцы, работающее взрослое население), а интересы таких социальных групп как школьники, студенты, спортсмены-любители, молодежь, инвалиды, пенсионеры, безработное население не учитываются.

## Задание 2.

1. На основе итогов брифинга и систематизации собранного материала составлена интерактивная карта анализа территории. Для работы была выбрана платформа GoogleMap. Основной задачей созданной карты стало хранение собранной информации о состоянии проектируемого объекта в общедоступном и наглядном виде с привязкой к местности и дате обследования и кратким описанием иллюстративного материала (рис. 1-2).

2. Заполнить сетевые интерактивные таблицы данных натурального обследования (по В.С. Теодоронскому).

3. Разместить материалы фотоанализа с подробным описанием привязкой к месту съемки в электронной карте Google.

4. На основе проведенного анализа определить основные сценарии использования территории. Сформировать общую картину существующего состояния территории объекта.

Из преимуществ способа хранения материалов предпроектного анализа в формате электронных материалов с сетевым правом доступа следует отметить:

- отсутствие необходимости постоянно перезаписывать и пересылать редактируемый документ участникам рабочей группы и преподавателям, курирующим выполнение заданий;

- отсутствие необходимости постоянно сохранять актуальную версию файлов;

- наглядность и высокий уровень кликабельности создаваемой карты произвести многоуровневую систематизацию и увязку материалов разного формата в едином общедоступном документе. Например: привязать фотографию (графический материал) к конкретному месту (инфо-графическая метка на карте) и добавить к ней тестовое поясняющее описание («название» «описание» фотографии) (рис. 1);

- возможность систематизировать собранную аналитическую информацию в одном общедоступном документе.

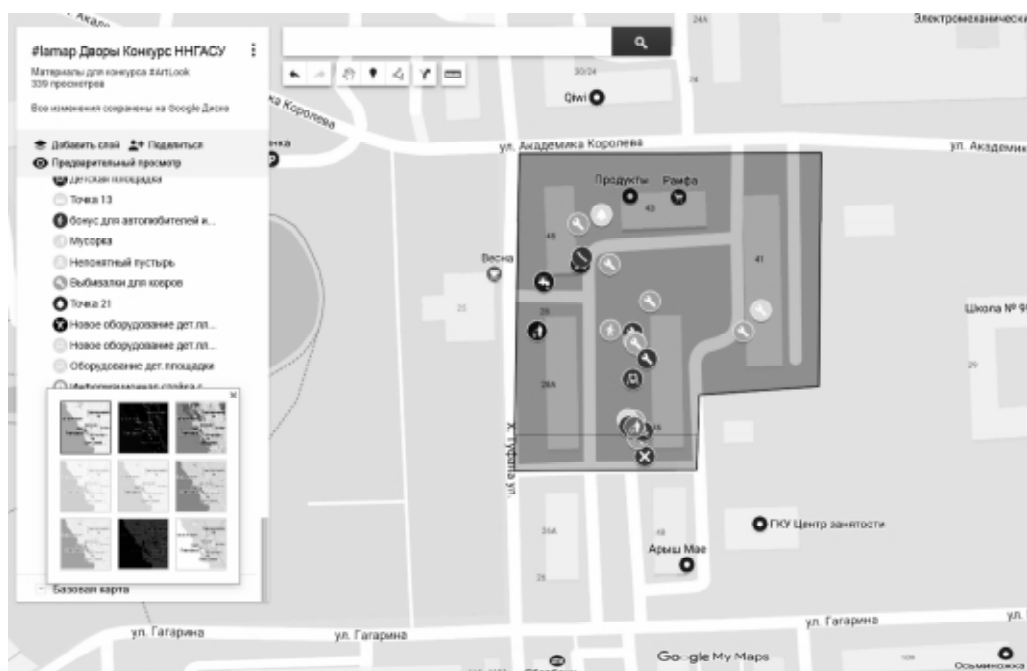


Рис. 1. Интерфейс интерактивной карты анализа существующего состояния территории

Из недостатков следует отметить:

- необходимость подключения к интернету для просмотра и редактирования карты;
- ограниченный инструментарий доступный пользователю;
- недостаточная автоматизированность расчетов и интеграция с другими приложениями;

- отсутствие возможностей редактирования оформления интерфейса карты для просмотра. Не совсем корректное отображение некоторых элементов.

### Сценарное проектирование

По результатам натурного обследования выбранной территории все жители групп жилых домов, чьи придомовые территории составляют дворы, были поделены на три группы по интенсивности использования функционального наполнения территории дворов.

Таким образом, к первой группе отнесены категории жителей, которые используют практически все или большинство предлагаемых функций – это дети дошкольного возраста, подростки, не работающие взрослые, пожилые люди (пенсионеры). Во вторую группу вошли жители, которые систематически используют утилитарные функции своего двора (пеший транзит, вынос мусора, чистка половиков, сушка одежды, вид из окна, место для хранения личного автомобиля). Были выявлены единичные жильцы, которые физически не могут воспользоваться функциями двора (это престарелые и люди с ограниченными возможностями, как дети, так и взрослые, и старики) (рис. 2).



Рис. 2. Схема интенсивности использования существующего функционального наполнения территории двора

В ходе предпроектного анализа эффективности использования проектируемых территорий в каждой выделенной социальной группе были определены задачи наблюдения и метод сбора данных. Для первой группы жителей поставлена задача определить методом наблюдения время, периодичность, последовательность и продолжительность использования различных функций изучаемого двора. Для второй группы следовало методом наблюдения и подсчета жителей выявить время пиковой активности, маршруты пешеходного транзита, пути выезда и парковки личных автомобилей на анализируемой территории. Для третьей группы методом соцопроса и беседы выявить наличие либо отсутствие жителей, которые не могут пользоваться территорией двора и определить конкретную причину.

Результаты проведенного анализа показали следующее:

- первая группа жителей пользовалась преимущественно оборудованными площадками для детей в дневное время (от 1-3 часов). В проекте благоустройства территории для этой группы предусмотрены дополнительные тематические площадки-павильоны выполняющие познавательную, развлекательную функции и функцию смысловой привязки к прилегающим улицам. «Двор космонавтики» расположен между улицами Коровева и Гагарина. «Театральный дворик» граничит с улицей Тинчурина. «Двор ядерной физики» находится рядом улицей Ак. Сахарова.

- вторая группа жителей использовала территорию двора в утренние и вечерние часы пик для перемещения к остановка общественного транспорта (в течение 2-5 мин.) Интересы этой группы жителей и пользователей дворовой территорий учтены в планировочном решении наиболее коротких и прямолинейных маршрутов, которые связывают входы в подъезды с остановками общественного транспорта. Для автомобилистов изучены и предусмотрены альтернативные варианты хранения личных

автомобилей в современных охраняемых крытых паркингах, обнаруженных в радиусе пешеходной доступности от проектируемых территорий.

- третья группа жителей не использовала территорию двора либо использовала ее менее чем 3 раза за год. Специально для этой группы жителей в рамках благоустройства и озеленения дворовой территории (кроме элементов доступной среды для маломобильных групп населения) разработаны тематические площадки с тактильно-световыми малыми архитектурными формами. Это было сделано намерено в едином игровом пространстве для детей школьного возраста с целью социальной адаптации детей с ограниченными возможностями (слепые, глухонемые и т.п.) (рис. 3).



Рис. 3. Пример познавательной деятельности детей школьного возраста

### **Заключение**

В результате разработки эскизных предложений по благоустройству трех дворовых территорий с применением сценарного подхода при изучении эффективности использования проектируемых территорий, пространственного моделирования возможных сценариев использования и попытке прогнозирования различных вариантов архитектурно-пространственного развития и функционального наполнения дворовых территорий участники рабочих групп сошлись в выводах с авторами уже упомянутых публикаций в следующем:

- в современном градостроительстве решающее значение в вопросах градорегулирования и прогнозирования перешла от централизованных управленческих структур к «социальному запросу» жителей и непосредственных пользователей городскими инфраструктурами. В такой системе профессиональные сообщества архитекторов и согласующие структуры несут ответственность за качественное исполнение «социального запроса», а муниципалитеты и коммунальные службы реализуют программы по эксплуатации, содержанию и развитию благоустроенных городских территорий. В связи с такой коренной переменой большинство существующих методов централизованного проектирования и реализации объектов благоустройства и ландшафтного строительства районом становятся малоэффективными и требуют пересмотра [9];

- в современных реалиях жители самостоятельно определяют, какой должна быть комфортная среда (безопасной, долговечной, практичной, эстетически выразительной). Двора группы жилых домов это переходная территория, своеобразная ступень между общественными парками и городскими улицами и частным, интимным пространством помещений жилой квартиры. Такое понимание статуса этих территорий позволяет проектировщику рассматривать двор как особый тип объектов благоустройства не похожий ни на общественный парк или сквер ни на интерьер или планировочное решение помещений в здании [4, 13];

- сценарный подход, средовое пространственное проектирование и вариативность (гибкость) развития функционального наполнения объектов благоустройства и ландшафтного строительства применимы в проектировании конкретных территорий, но

требуют совершенствования и развития в ландшафтной архитектуре современных городов России. Такое развитие возможно только при массовой апробации с последующим определением преимуществ и недостатков применения этих подходов и методов в анализе, проектировании, строительстве и эксплуатации объектов ландшафтной архитектуры в современных реалиях [9, 13].

Например, для развития сценарного подхода в архитектурно-ландшафтном анализе объектов благоустройства и озеленения предлагается:

- более точное определение типологических, профессиональных, объектных границ применения с помощью интернет ресурсов;
- оптимизация работы по систематизации электронных материалов в 1-2 ключевых документах с правом сетевого доступа;
- накопление и приращение отечественного опыта в области апробации и развития современных методик и механизмов сбора и обработки информации;
- определение уровня адаптивности методов сценарного подхода в проектировании в условиях исторически сложившихся городских территорий для повышения выразительности (уникальности) различных типов городских пространств.
- формирование способов и механизмов решения конфликтов «старого» и «нового». Переход к активному взаимодействию исторической и современной архитектуры;
- развитие методологической и технической междисциплинарной, общественно-доступной системы сценарного анализа, проектирования, планирования (планирование: прогноз вариантов развития территории для повышения эффективности строительства и эксплуатации объектов архитектуры [10, 11];
- проектирование архитектурно-планировочного и объемно-пространственного решений исходя из распределения аттрактивных точек обзора, и динамичных маршрутах движения посетителей), с учетом удаленности объектов тяготения [6, 11].

### Список библиографических ссылок

1. Резницкая Л. М., Бергман О. А. Предпосылки возникновения, специфика и принципы формирования линейных парков // ИВД. 2017. № 2 (45). С. 16–32.
2. Третьякова П. А., Шутова О. А. Исследование основных проблем благоустройства придомовых территорий районов с пятиэтажной застройкой // Вестник ПНИПУ. Строительство и архитектура. 2013. № 2. С. 131–138.
3. Барсукова Н. И., Фомина Э. В. Вопросы типологии жилых дворовых пространств современного города // Вестник ОГУ. 2015. № 5 (180). С. 115–120.
4. Саломатин А. Ю., Крутова Л. И. Современные проблемы науки и образования. № 1 (часть 2). Пенза : ПГТУ, 2015. С. 110–118.
5. Сидоренко М. В. Сценарный подход в проектировании многофункциональных городских парков. № 1. Белгород : БГТУ, 2016. С. 56–63.
6. Потаев Г. А. Ландшафтная архитектура и дизайн. М. : ФОРУМ, ИНФА-М, 2017. 400 с.
7. Самойлова Н. В., Попова Е. Д. Современное состояние и проблемы благоустройства территорий дворовых пространств в Волгограде // Символ науки. 2017. № 1. С. 194–199.
8. Борсук О. Ю., Зябкина Л. В. Адресное проектирование в системе благоустройства городских территорий // Новые технологии. 2012. № 2. С. 21–26.
9. Закирова Ю. А., Хуснутдинова С. Р., Сафонова М. В. Социально-экологические аспекты формирования городской среды // Хартия Земли – практический инструмент решения фундаментальных проблем устойчивого развития. 2016. С. 250–252.
10. Cool landscapes // Topos magazine: ежемесячное интернет-изд. 2017. URL: <https://www.toposmagazine.com/cool-landscapes/> (дата обращения: 25.01.2018).

11. Thomas Herrgen Seeing the bigger picture: atlas of world landscape architecture // Topos magazine: ежемесячное интернет-изд. 2017. URL: <https://www.toposmagazine.com/cool-landscapes/> (дата обращения: 25.01.2018).
12. Anja Koller Out there landscape architecture on global terrain // Topos magazine: ежемесячное интернет-изд. 2017. URL: <https://www.toposmagazine.com/cool-landscapes/> (дата обращения: 25.01.2018).
13. Petrichenko M., Rakova X., Vyatkin M., Musorina T., Kuznetsova D. Architectural renovation of quarter in Mannheim, Germany // Applied Mechanics and Materials. 2015. Т. 725-726. С. 1101–1106.

**Grishina Maria Pavlovna**

candidate of architecture, assistant

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

**Kazan State University of Architecture and Engineering**

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

**Experience in the development of architectural and planning solutions  
and the functional organization of yard territories on the example of Kazan**

**Abstract**

*Problem statement.* The aim of the study is to determine the possibilities of applied aspects of the scenario approach. In today's rapid development of the theory and practice of urban development, one of the most pressing issues is the revision of existing methods, principles and approaches of pre-project analysis of the territory, design, construction, planning and forecasting the efficiency of operation of existing graduation facilities.

*Results.* The main results of the study are to identify potential opportunities for the pre-project architectural and planning and functional urban planning analysis of the territory with the use of scenario approach techniques and automatic text, graphic electronic editors and Internet resources.

*Conclusions.* The significance of the results obtained for construction consists in the practical testing of some scenario approach methods using modern technologies and public information resources for analysis and systematization of data on the state of the projected territory. The optimal, complete, reliable and accurate pre-project analysis of urban development efficiency of the territory is the basis for modern design and planning, development and development of urbanized areas.

**Keywords:** adjoining territory, scenario approach, courtyard territory, map with network access right, groups of inhabitants, pedestrian links, objects of gravitation.

**References**

1. Reznitskaya L. M., Bergman O. A. The preconditions of origin, specificity and principles of the formation of linear parks // IVD. 2017. № 2 (45). P. 16–32.
2. Tretyakova P. A., Shutova O. A. Research of the main problems of improvement of the adjacent territories of the districts with five-story buildings // Vestnik PNTIPU. 2013. № 2. P. 131–138.
3. Barsukova N. I., Fomina E. Questions of typology of residential yard spaces of a modern city // Vestnik OGU. 2015. № 5 (180). P. 115–120.
4. Salomatin A. Yu., Krutova L. I. Modern problems of science and education. № 1 (part 2). Penza : PGTU, 2015. P. 110–118.
5. Sidorenko M. V. Scenario approach in the design of multifunctional urban parks. № 1. Belgorod : BGTU, 2016. P. 56–63.
6. Potaev G. A. Landscape architecture and design. M. : FORUM, INFА-M, 2017. 400 p.

7. Samoylova N. V., Popova E. D. Current state and problems of improvement of territories of courtyard spaces in Volgograd // *Symvol nauky*. 2017. № 1. P. 194–199.
8. Borsuk O. Yu., Zyabkina L. V. Address design in the system of urban areas improvement // *Novye technologie*. 2012. № 2. P. 21–26.
9. Zakirova Yu. A., Khusnutdinova S. R., Safonova M. V. Socio-ecological aspects of urban environment formation // *The Earth Charter is a practical tool for solving fundamental problems of sustainable development*. 2016. P. 250–252.
10. Cool landscapes // *Topos magazine: monthly internet edition*. 2017. URL: <https://www.toposmagazine.com/cool-landscapes/> (reference date: 25.01.2018).
11. Thomas Herrgen Seeing the big picture: *Toplas magazine: monthly internet edition*. 2017. URL: <https://www.toposmagazine.com/cool-landscapes/> (reference date: 25.01.2018).
12. Anja Koller Out there landscape architecture on global terrain // *Topos magazine: monthly Internet edition*. 2017. URL: <https://www.toposmagazine.com/cool-landscapes/> (reference date: 25.01.2018).
13. Petrichenko M., Rakova X., Vyatkin M., Musorina T., Kuznetsova D. Architectural renovation of quarter in Mannheim, Germany // *Applied Mechanics and Materials*. 2015. T. 725-726. P. 1101–1106.

УДК 711.011:7206

**Закирова Юлия Александровна**

кандидат архитектуры, доцент

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

**Казанский государственный архитектурно-строительный университет**

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

**Хакимова Тансылу Сахабутдиновна**

ведущий специалист

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

**Главное инвестиционно-строительное управление Республики Татарстан**

Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Лесгафта, д. 29

### **Влияние принципов футурологических концепций на градостроительное планирование XX-XXI вв.**

#### **Аннотация**

*Постановка задачи.* Цель исследования – рассмотреть эволюцию футурологических концепций и выявить их влияние на современную градостроительную практику. Статья посвящена рассмотрению вопроса влияния принципов футурологических концепций развития городов XX-XXI вв. на современное градостроительное планирование. Исследование актуально для практики градостроительного планирования, а также формирования методологической базы преподавания дисциплины «История и теория градостроительства».

*Результаты.* Основные результаты исследования состоят в выявлении методов, принципов, актуальных для реконструкции существующих, строительства новых городов для обеспечения гармоничного сбалансированного устойчивого развития территорий, решения транспортных, жилищных проблем, возникающих на фоне урбанизации и роста мирового населения, а также определения влияния футурологических концепций на градостроительную практику.

*Выводы.* Значимость полученных результатов для современной градостроительной отрасли состоит в том, что в рамках исследования эволюции футурологических концепций проведен их анализ, определены наиболее эффективные принципы и приемы территориально-пространственной организации города XX века, что способствует совершенствованию теоретической базы градостроительной практики и выявлению актуальных приемов реконструкции и проектирования современных городов.

**Ключевые слова:** футурологические концепции, территориально-пространственное развитие, градостроительное планирование.

#### **Введение**

Футурология – прогнозирование будущего. Футурологические концепции (далее ФК) – комплекс взглядов, направленных на прогнозирование, проектирование образа будущего. К ФК можно отнести и поиски альтернативного развития, и утопические концепции «идеальных городов». Градостроительное проектирование предполагает выбор методов проектирования, которому предшествует анализ реализованного опыта проектирования и градостроительная теория, важными составляющими которой являются практиконаправленные исследования и футурологические концепции, связанные с проектированием будущего при разных условиях развития города. Исследование ФК является актуальным в рамках совершенствования приемов и методов градостроительной практики.

В настоящее время в отечественной практике градостроительного планирования нерешенной проблемой является отсутствие на муниципальном уровне стратегических документов территориального планирования. Так как стратегическое планирование связано с долгосрочными прогнозами, важно рассмотреть ФК как основу создания документа долгосрочного стратегического планирования пространственного развития муниципального образования [1].



Градостроительная деятельность в области планирования городского развития требует постоянной актуализации и совершенствования методов, которые перенимаются из градостроительной теории и практики. Поэтому рассмотрение ФК на предмет выявления актуальных принципов проектирования является важным аспектом в дополнении градостроительной теории.

### **Эволюция футурологических концепций**

Обращаясь к истории градостроительства, важно рассмотреть период интенсивного роста городов и темпов урбанизации. Этот процесс получил начало в XIX веке с развитием техники, ростом промышленности. За XIX век количество городов с населением более 100 000 в Западной Европе увеличилось с 19 до 149. Безусловно, работы, посвященные видению будущего города, имеют долгую историю начиная с античности (Платон «Государство» 360 г. до н.э.). В XVI-XVII вв. распространение получили социалистические представления о лучшем городском устройстве Т. Мора («Утопия»), Т. Кампанеллы («Город Солнца»). С XVIII до середины XIX – время поисков идеального общества, которые можно увидеть в работах Р. Оуэна, Ш. Фурье и др. авторов. Но интенсивная урбанизация XIX века вызвала бум градостроительных концепций, посвященных поискам планировочной организации города.

Начало XX в. характеризуется повышением интереса к градостроительным проблемам, причина которых была вызванная механизацией сельского хозяйства и ростом промышленности, увеличение доли городского населения, которая началась в середине XIX века. Первая треть XX века – это период поиска альтернатив городского развития. Сложность планирования и организации комплексного развития объясняется отсутствием единственного собственника городских земель в европейских городах, эта ситуация создает почву для появления и развития децентрализованных концепций: города-сада Э. Говарда, органической концепции Э. Сааринена. Однако в 1930-е в свои права вступает модернизм, опровергая исторически сложившийся европейский город, настаивая на свободной планировке, обеспечении санитарных условий, создании «машины для жилья», применяет принцип функционального зонирования для планирования пространственной организации города, историческая эволюция города отброшена. Модернизм сменяется постмодернизмом, который, в свою очередь, в последней трети XX века перетекает в нелинейную архитектуру, синергетические концепции, оперирующие понятиями порядка и хаоса.

Для оценки влияния футурологических концепций на градостроительную практику, их принципов и приемов, актуальных для реконструкции и строительства современных городов, важно рассмотреть вторую половину XIX века как начало процесса изменений, когда в городах появляются уже современные нам проблемы. Этот век прошел под знаменем промышленной революции – развитием машинного производства, в результате механизации сельского хозяйства выросла доля городского населения за счет оттока крестьянства из сельской местности. Возникла уникальная градостроительная ситуация – центральные части старых городов представляли собой центр, сформировавшийся в средневековье, окруженный городом, сложившимся в семнадцатых-восемнадцатых веках строительством объектов промышленности, жилья для горожан среднего достатка и рабочих. Именно в этот период крупные города с хаотичной планировкой и слабым благоустройством, не обеспечивающим равное удовлетворение нужд жителей, сталкиваются с проблемами:

- ухудшения экологической ситуации в результате загрязнения окружающей среды промышленными отходами;
- социального разделения городского пространства на богатые и бедные районы;
- распространения инфекционных заболеваний в районах проживания простых рабочих и бедняков.

Начинается реконструкция крупных городов, которая коснулась Лондона, Парижа, Вены, Гамбурга и др. городов. Однако такая реконструкция требовала выработанных правил градостроительства и застройки, что не могло происходить без осмысления образа города и определения задач будущего городского развития. Получили широкое распространение дезурбанистические теории, предполагавшие полицентрическое или

линейное развитие городов. К этой группе относятся теория городов-садов Э. Говарда, теория расчленённого города Э. Сааринена путем создания сети полуавтономных районов, связанных между собой транспортом и разделенных зеленью. Немного по-другому был решен вопрос совмещения жилья и природы у Райта, который видел будущее городов в равноудаленных многоэтажных домах, расположенных в лоне природы (концепция «Города широкого простора»). В 1930-е в СССР, когда был поднят вопрос о социалистическом расселении важно отметить теорию «нового расселения» М. Охитовича, М. Гинзбурга, М. Барца [2]. В рамках этой концепции город представлял собой линейную структуру, формируемую вдоль транспортных магистралей.

Урбанистические теории компактного высокоплотного развития города рассмотрены в ФК Т. Гарнье «Индустриальный город», который представляет собой плотную городскую структуру, разделенную на функциональные зоны. В дальнейшем идеи функционального зонирования, свободной планировки, зеленых зон будут продолжены модернистами.

Таким образом, начало XX века представляет собой поиск лучшей планировочной организации города, среди ФК можно выделить следующие направления:

1) дезурбанистические концепции:

- полицентричное развитие (с выделением главного центра) – город-сад (теория реализована в рамках плана Большого Лондона, отстроены пригороды Велкин, Лечворт и др.);
- полицентричное развитие (с формированием автономных районов) теория расчленённого города Э.Сааринена (проект генплана Стокгольма, Хельсинки);
- линейное развитие, который предполагает формирование городов вдоль транспортных магистралей (А. Сория-и-Мата – линейный город в пригороде Мадрида).

2) урбанистические концепции, которые объединили проекты, предусматривающие создание высокоэтажных и высокоплотных структур.

В период модернизма в практике и теории градостроительного проектирования (с 1930-х по 1960-е гг.) реализуются принципы ФК «Лучезарного города» Ле Корбюзье. Основой планирования становится функциональное зонирование, формируются микрорайоны, свободная планировка, высокоэтажная застройка. Принципы «города широкого простора» и «машины для жилья» так и не нашли полного и живого отражения в практике, поэтому их нельзя назвать успешно реализованными. Однако изучение ошибок на примере Бразилиа, Чандигарха [3] и иных городов позволяют выявить достоинства и недостатки модернистских концепций:

- функциональное зонирование как метод позволил отделить вредную промышленность от жилья;
- универсальный подход к проектированию увел проектировщиков от человеческого масштаба;
- разработка иерархии элементов городской среды (город, жилой район, микрорайон, квартал) позволил выработать иерархию объектов системы обслуживания;
- создание четкой структуры городской планировки.

Широкое распространение принципы модернизма получили в СССР, были построены Тольятти, Набережные Челны, Шевченко, Навои в Узбекистане и другие города [4].

В 1950-60-х на фоне научно-технической революции появляются новые ФК городов будущего, которые условно можно разделить на следующие направления:

1) концепции систем расселения (линейные города и теория экистики Доксиадиса, Новый элемент расселения (НЭР), кинетическая система расселения, расселение-сеть А. Вокова, В. Гудкова, сетевая система расселения М. Бархина) [5];

2) концепции, рассматривающие город как изменчивую систему (метаболисты: К. Танге – проект Большого Токио, метаморфисты, Аркигрэм, кинетическая система расселения также рассматривала идею мобильных поселений);

3) экологические концепции, направленные на создание поселений, вредное воздействие которых на природу ограничено (Аркозанте [6], кинетическая система расселения К. Пчельникова, к ним можно отнести проекты висячих городов (И. Гунст, К. Пчельников), вертикальных городов (Г.Б. Борисовский), которые стремились минимизировать влияние человека на природу, проект «Биосфера-2»);

4) технологические концепции – пространственные города (П. Меймон), вертикальные города (У. Чок, Г.Б. Борисовский), город-воронка (В. Йонас) [7] и т.д.

Можно отметить, что в этих проектах рассматриваются принципы устойчивого развития, как гармоничного развития города с уменьшением вреда, наносимого окружающей среде, а также города, как системы, изменяющиеся в зависимости от потребностей человека. Осуществляется постепенный переход к рассмотрению города как сложной самоорганизующейся системы. ФК этого периода опираются на прогнозы развития науки и техники, увеличения свободного времени, автоматизации производства, перехода к духовному потреблению и росту населения городов. В силу множественности факторов и сложности прогноза эволюции движущих сил городского развития возникает проблема невозможности точного прогноза развития города.

Поэтому в 1970-е с выходом работы «Синергия» Г. Хакена в 1976 году город стало возможным рассматривать как сложную самоорганизующуюся систему. В основу организации городского планирования ложится понятие хаоса и порядок, сочетание сложившихся приемов градостроительной практики, обязательным условием прогноза развития сложной системы становится изучение и анализ ее эволюции, факторов, влияющих на развития, а также их возможное количественное и качественное изменение и взаимоотношение [8].

Рассмотрение города как сложной саморазвивающейся системы уже предвиделось в ФК 1960-70-х, поэтому важно обратить внимание на них при реконструкции существующих и проектировании новых городов.

Согласно исследованиям Медведевой Ю.Д. [9] сегодняшние ФК опираются на глобальные прогнозы и связаны с исследованиями городского развития по следующим направлениям и представляют собой комплекс приемов для решения соответствующих глобальных проблем и тенденций развития:

- экологические проекты (Масдар, Gwanggyo Power Center, плавающий город Шамизу);
- технологические проекты, направленные на работу с большими данными (Сонгдо, PlanIT);
- глобальные города, как элемент мировой экономики (Лондон, Нью-Йорк – города как элементы мировой экономической системы).

ФК XX-XXI вв. переключаются с проблемами современных городов, связанных с последствиями глобализации, научно-технической революции и т.д. Таким образом, ФК и практика градостроительного планирования данного периода формулируют необходимость гибкости и устойчивости пространственного развития, возможные риски возникновения экологических проблем и рассмотрение функционирования города в сети мировых городов.

#### **Принципы ФК, актуальные для реконструкции и проектирования городов.**

Резюмируя исследование, можно вывести следующие принципы ФК, оказывающие влияние на современное градостроительное планирование:

##### **1. Принцип структурно-пространственной организации города:**

- полицентричное развитие (подходит для крупных городов, когда исторический центр не справляется с функцией ядра, создавая угрозу неравномерного развития, транспортных проблем, баланс развития городской ткани необходимо выстраивать через рассредоточение функциональных ядер, при обеспечении эффективной транспортной коммуникации между новыми образованиями);
- моноцентричное (актуально для небольших городов, когда функционирование одного функционального ядра не создает проблем функционирования элементов систем);
- линейный город (подходит для реконструкции и планирования городов со сложным рельефом, формирования сети расселения, однако существенным недостатком является неравномерное развитие города и неравномерный доступ к объектам).

2. Принцип формирования единой системы расселения, рассмотренный в рамках НЭРа, Экуменополиса, концепции нового расселения Охитовича, теории центральных мест В. Кристаллера, является актуальным в рамках интенсивного роста городов, увеличения их количества, планирования системы расселения на уровне страны и ее субъектов, решения

проблем неравномерного развития территории. Следует отметить, что для отечественной теории характерны поиски в рамках линейной системы расселения [10].

3. Принцип архитектурной организации застройки:

- изменчивые структуры (метаболические проекты, предусматривающие изменчивые пространства, зависящие от потребностей);

- пространственные структуры (формирование подвесных городов, городов-мостов) актуально в целях экономии земной поверхности, а также на территориях со сложным рельефом (ущелья, гористая местность и т.д.);

- мобильные структуры (теперь местоположение города зависит от жителей) актуально для создания временных городов, формируемых для решения конкретных градостроительных задач («Шагающий город» Аркигрэм) [11].

4. Принцип устойчивого развития. С развитием городов и усилением их роли на мировой экономической арене, ростом воздействия на окружающую среду важно обратить внимание на устойчивые модели городов. При работе с такой сложной многофакторной в своем развитии системой как город важно рассматривать разные сценарии будущего, уделяя внимание стратегическим планам для определения точек бифуркации, то есть точек, когда возможны несколько сценариев развития, в рамках проработки сценариев эволюции сложной системы города актуальны методы синергии [12].

### **Влияние принципов футурологических концепций развития городов XX-XXI вв. на современное градостроительное планирование**

Генплан Шанхая [4, 13] 1990-х впитал в себя принцип полицентричного развития концепций Э. Говарда, Э. Сааринена: развитие шанхайской агломерации предполагалось через развитие систем городов-спутников, такое развитие реализовывалось в виде создания системы урбанизированных зон, тяготеющих к автомобильным и железнодорожным путям, разделенные между собой рекреационными зонами.

В рамках разработки стратегического мастер-плана Берлина и Бранденбурга для решения проблемы неравномерного развития территорий была предложен принцип «центральных мест» В. Кристаллера. неравномерно демографическое развитие: прогнозы предполагают для Берлина 1 % прироста, а для Бранденбурга убыль составит порядка 20 % к 2030 г., при этом на 6 % прирастет население агломерации [14]. В стратегическом мастер-плане предусмотрена система центральных мест, где населенные пункты выстроены в иерархичную систему и в соответствии со своим положением в этой иерархии выполняют определённую функцию и обеспечиваются соответственной инфраструктурой. Чем выше порядок центрального места, тем больше привилегий, а значит больше культурных, экономических и социальных функций. Стратегический мастер-план разработан до 2030-го года и цель его – выравнивание развития федеральных земель Берлин и Бранденбург.

Принципы метаболизма как проектирования гибкой системы, адаптирующейся к изменениям среды был реализован Кисе Курокава в генплане Астаны, когда было принято решение о переносе столицы Казахстана. Сохранение природы, адаптация советской архитектуры в современном городе, создание зеленых коридоров должно было обеспечить столице устойчивое развитие на принципах метаболизма, основа которого, в случае Астаны, симбиоз урбанизированной и природной среды [15].

Синергетические принципы реализованы в проекте СИНКОР и проекте «Венера» [16].

### **Заключение**

Таким образом, эволюцию ФК за период с конца XIX до начала XXI века можно разделить на следующие временные периоды:

1 период – до 1933, до модернизма. Распространение идей Э. Говарда, Э. Сааринена и т.д. Планирование города как решение социальных, экономических, политических проблем;

2 период – 1933-1960-х., период модернизма. Город-машина для жилья, применение функционального подхода к планированию города, распространение универсальных методов проектирования;

3 период – постмодернизм характеризуется переходом к историзму, обращением к эволюции города, ее истории, город как сложная система, в своем развитии представляющая сочетания и порядка, и хаоса;

4 период – в последней трети XX века [17] и в современный период с появлением возможности компьютерного моделирования город стал рассматриваться как сложная самоорганизующаяся система, развитие которой сложно определить ввиду наличия многих элементов, развитие которых зависит от многих действующих сил, влияющих на эволюцию города (возможность компьютерного моделирования рассмотрена Дж. Форрестером). Будущее многовариантно, в рамках прогнозирования целесообразно пользоваться стратегическими приемами, рассматривая разные сценарии, опираясь на исторический анализ [18, 19].

Выявленные принципы ФК применимы и актуальны в рамках современного градостроительного развития, подготовки и утверждения документов территориального и стратегического планирования муниципального образования.

### Список библиографических ссылок

1. Крамкова Т. В. Территориальное и стратегическое планирование: основные проблемы и тенденции развития законодательства // Имущественные отношения в Российской Федерации. 2016. № 7 (178). С. 90–105.
2. Хан-Магомедов С. О. Архитектура советского авангарда: В 2 кн.: Кн.2: Социальные проблемы. М. : Стройиздат, 2001. 712 с.
3. Иконников А. В. Архитектура XX века. Утопии и реальность. Кн. 2. М. : Прогресс-Традиция, 2002. 676 с.
4. Глазычев В. Л. Урбанистика 2008. М. : Европа. 2008. 220 с.
5. Подолынский С. И., Болдырева Е. Г., Каширина Н. В., Волк А. С. Идеологическая основа проектов городов будущего советских архитекторов середины XX века // Строительство. Материаловедение. Машиностроение. Серия : Стародубовские чтения. 2011. № 58. С. 560–568.
6. Arcosanti // [arcosanti.org](http://arcosanti.org): official site. URL: <http://www.arcosanti.org/> (дата обращения: 10.12.2017).
7. Рагон М. Города будущего. М. : Мир, 1969.
8. Туркина В. Г. Город в постнеклассической парадигме, журнал «Общество. Среда. Развитие» (Terza Humana) 2008. С. 179–187.
9. Медведева Ю. Д. О возможности применения принципов футурологических концепций XX-XXI вв. в современной градостроительной практике // Архитектон: известия вузов. 2011 г. № 34.
10. Шевченко Э. О. Формировании системы расселения России // Вестник. Зодчий. 21 век 2016. № 4 (61). С. 2–7.
11. Росси А. Архитектура города. М. : Strelka Press, 2015. 264 с.
12. Moir E., Clark G., Moonen T., What are future cities? Origins, meanings and uses. London: Government Office for Science, 2014. 200 с.
13. Implementation of the Shanghai Master Plan (2001-2020) // [repository.tudelft.nl](https://repository.tudelft.nl). 2012. URL:<https://repository.tudelft.nl/islandora/object/uuid:d7d61f3a-1eca-4970-a1be-1609b02131e0/datastream/OBJ> (дата обращения: 10.12.2017).
14. Стратегический мастер-план. Инструмент управления будущим. М. : Strelka Press, 2014. 520 с.
15. Город мира или в чём ошибка Курокавы // kn.kz: газета Недвижимость 2012. URL: <https://www.kn.kz/article/6402/> (дата обращения: 10.01.2018).
16. Жуйков С. С. Синергетический подход к изучению архитектурного процесса // Академический вестник УралНИИпроект РААСН. 2011. № 3. С. 47–52.
17. Добрицына И. А. От постмодернизма к нелинейной архитектуре: Архитектура в контексте современной философии. М. : Прогресс-Традиция, 2004. 416 с.
18. Fitting the city: wellbeing in urban planning // [jultika.oulu.fi](http://jultika.oulu.fi): University of Oulu repository. 2015. URL:<http://jultika.oulu.fi/files/isbn9789526208626.pdf> (дата обращения: 05.01.2018).
19. Хуснутдинова С. Р. Урбанизированные территории, как объект стратегического планирования и управления // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 2-2. С. 747.

**Zakirova Yuliya Aleksandrovna**

candidate of architecture, assistant professor

E-mail: [jzakirova@gmail.com](mailto:jzakirova@gmail.com)**Kazan State University of Architecture and Engineering**

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

**Hakimova Tansylu Sahabutdinovna**

chief specialist

E-mail: [joknecht@mail.ru](mailto:joknecht@mail.ru)**Main investment and construction department of the Republic of Tatarstan**

The organization address: 420043, Russia, Kazan, Lesgafta st., 29

**Influence of the principles of futurological concepts  
on urban planning of the XX-XXI centuries****Abstract**

*Problem statement.* The aim of the research is to examine the evolution of futurological concepts and to reveal their influence on modern town-planning practice. The article is devoted to the question of the influence of the principles of futurological concepts of the development of cities of the XX-XXI centuries on modern urban planning. The study is relevant for the practice of urban planning, as well as the formation of a methodological base for teaching discipline «History and theory of urban development».

*Results.* The main results of the research are to identify methods and principles relevant to the reconstruction of existing cities, to build new cities to ensure harmonious balanced sustainable development of the territories, to solve transport and housing problems that arise against the background of urbanization and the growth of the world population, as well as to determine the influence of futurological concepts on town planning practices.

*Conclusions.* The significance of the obtained results for the modern town-planning industry is that, in the framework of the study of the evolution of futurological concepts, their analysis has been carried out, the most effective principles and methods of the territorial-spatial organization of the city of the 20th century have been determined, which contributes to the improvement of the theoretical base of town-planning practice and the identification

**Keywords:** futurological concepts, spatial development, urban planning.

**References**

1. Kramkova T. V. Territorial and strategic planning: the main problems and trends in the development of legislation // *Imushchestvennyye otnosheniya v Rossiyskoy Federatsii*. 2016. № 7 (178). P. 90–105.
2. Han-Magomedov S. O. The architecture of the Soviet avant-garde: In 2 books: Book 2: Social problems. M. : Strojizdat, 2001. 712 p.
3. Ikonnikov A. V. Architecture of the XX century. Utopias and reality. Bo. 2. M. : Progress-Traditsiya, 2002. 676 p.
4. Glazychev V. L. Urbanistics 2008. M. : Europe. 2008. 220 p.
5. Podolinyj S. I., Boldyreva E. G., Kashirina N. V., Volk A. S. Ideological basis for projects of cities of the future Soviet architects of the mid-twentieth century // *Stroitel'stvo. Materialovedeniye. Mashinostroyeniye. Seriya : Starodubovskiy chteniya*. 2011. № 58. P. 560–568.
6. Arcosanti // *arcosanti.org*: official site. URL: <http://www.arcosanti.org/> (reference date: 10.12.2017).
7. Ragon M. Cities of the future. M. : Mir, 1969.
8. Turkina V. G. The city in the post-non-classical paradigm, the magazine «Society. Wednesday. Development». (Terra Humana) 2008. P. 179–187.

9. Medvedeva Y. D. On the possibility of applying the principles of futurological concepts of the XX-XXI centuries. in modern town-planning practice // *Arhitekton: izvestiya vuzov*. 2011. № 34.
10. Shevchenko E. O. Formation of the resettlement system in Russia // *Vestnik. Zodchij*. 21 vek. 2016. № 4 (61) P. 2–7.
11. Rossi A. *Architecture of the city*. M. : Strelka Press, 2015. 264 p.
12. Moir E., Clark G., Moonen T., *What are future cities? Origins, meanings and uses*. London : Government Office for Science, 2014. 200 p.
13. Implementation of the Shanghai Master Plan (2001-2020) // repository.tudelft.nl. 2012. URL:<https://repository.tudelft.nl/islandora/object/uuid:d7d61f3a-1eca-4970-a1be-1609b02131e0/datastream/OBJ> (reference date: 10.12.2017).
14. *Strategic master plan. A tool for managing the future*. M. : Strelka Press, 2014. 520 p.
15. City of the world or what is the error of Kurokawa // kn. kz: newspaper *Nedvizhimost* 2012. URL: <https://www.kn.kz/article/6402/> (reference date: 10.01.2018).
16. Жуйков С. С. The synergetic approach to the study of the architectural process // *Akademicheskij vestnik UralNIiproekt RAASN*. 2011. № 3. P. 47–52.
17. Dobricyna I. A. *From postmodernism to nonlinear architecture: Architecture in the context of modern philosophy*. M. : Progress-Traditsiya, 2004. 416 p.
18. Fitting the city: wellbeing in urban planning // *jultika oulu.fi*: University of Oulu repository. 2015. URL:<http://jultika oulu.fi/files/isbn9789526208626.pdf> (reference date: 05.01.2018).
19. Husnutdinova S. R. Urbanized territories as an object of strategic planning and management // *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya*. 2015. № 2-2. P. 747.



УДК 624.012.

**Замалиев Фарит Сахапович**

кандидат технических наук, доцент

E-mail: [zamaliiev49@mail.ru](mailto:zamaliiev49@mail.ru)

**Казанский государственный архитектурно-строительный университет**

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

### **К оценке прочности сталежелезобетонного перекрытия с преднапряженными балками и плитой**

#### **Аннотация**

*Постановка задачи.* Цель исследования – выявить напряженно-деформированное состояние сталежелезобетонного ребристого перекрытия при преднапряжении ребер-балок, расположенных с определенным шагом и самой плиты в перпендикулярном направлении. Поставлена задача на основе анализа напряженного состояния записать выражения для оценки прочности как самых ребер – преднапряженных сталежелезобетонных балок, с учетом потерь преднапряжения в арматуре и в стальном профиле, так и прочности преднапряженной плиты на действие эксплуатационных нагрузок.

*Результаты.* Основные результаты исследования состоят в выявлении ряда принципиальных положений напряженного состояния преднапряженной бетонной плиты и ребер-балок, которые использованы в сталежелезобетонном перекрытии и оценка прочности составного сталежелезобетонного преднапряженного перекрытия.

*Выводы.* Значимость полученных результатов для строительной отрасли состоит в анализе напряженного состояния преднапряженной плиты при совместной работе с ребрами. Кроме того модель расчета и полученные зависимости описывающие напряженное состояние перекрытия могут быть использованы не только при новом строительстве, но и при восстановлении перекрытий архитектурных памятников старой постройки.

**Ключевые слова:** сталежелезобетонное перекрытие, напряженное состояние, преднапряженная балка, преднапряженная плита, напряжения.

#### **Введение**

В последнее время в гражданских зданиях все большее применение находят сталежелезобетонные конструкции (балки, плиты, колонны). Преднапряжение в строительных конструкциях, особенно в железобетонных и металлических конструкциях нашло достойное применение, а в сталежелезобетонных конструкциях пока не нашло такого распространения, как в железобетонных и металлических конструкциях, хотя из технических источников известно единичное его использование. Применение предварительного напряжения в металлических конструкциях позволяет уменьшить расход металла и деформативность (прогибы), а в железобетонных конструкциях наряду с увеличением жесткости, улучшает трещиностойкость, уменьшает расход материалов, главное – повышает эффективность использования высокопрочной арматуры.

Расчет предварительно напряженных конструкций на эксплуатационные нагрузки требует определения напряженно-деформированного состояния от внешних воздействий. При выявлении действительного напряженно-деформированного состояния необходимо учитывать изменения свойств бетона во времени (ползучесть и длительный характер усадки).

Для создания надежных экономичных конструкций для эксплуатационных нужд, необходимо правильно учитывать напряженно-деформированное состояние материалов при проектировании составных конструкций, особенно преднапряженных.

Поэтому оценка напряженно-деформированного состояния преднапряженного сталежелезобетонного перекрытия при действии эксплуатационных нагрузок является актуальной задачей. В статье приведены методика, модели расчета сталежелезобетонного перекрытия, состоящего из сталебетонных преднапряженных балок и преднапряженной плиты в поперечном направлении, даются аналитические выражения для расчета сталежелезобетонного перекрытия описанного сечения.



Часто применяют натяжение арматуры на упоры или на бетон при формировании преднапряженных железобетонных балок. В сталежелезобетонных конструкциях, благодаря наличию жесткой стальной арматуры (двутавра), как основного составляющего сечения профиля, можно производить натяжение арматуры на профиль, т.е. сначала формируется преднапряженная стальная балка, затем боковые полости бетонируются, после приобретения бетоном заданной прочности, происходит обжим бетона при отпуске натянутой арматуры.

### Обзор литературы

Труды отечественных исследователей в основном посвящены исследованию сталежелезобетонных перекрытий со стальным профнастилом или со сборными железобетонными плитами [1-4]. В зарубежных изданиях находят отражение исследования выявления напряженного состояния и статических сил составных сталежелезобетонных сечений [5-9]. Исследования КГАСУ посвящены в основном прочности сталежелезобетонных балок и плит на основе аналитических диаграмм работы материалов [10-13] при учете податливости слоев. В последние годы появились исследования отражающие поведение сталежелезобетонных преднапряженных изгибаемых элементов [19-20].

Применение преднапряжения в сталежелезобетонных изгибаемых элементах по сравнению с преднапряженными железобетонными и металлическими элементами имеет ряд преимуществ: затяжки «висячие» часто снизу сечения металлической балки исчезают, а так же исчезают анкерующие узлы в торцах балки по сравнению с железобетонными балками, т.к. они размещаются в ребрах самой стальной балки. Исследователи на сегодняшний день заняты изучением напряженно-деформированного состояния не преднапряженных сталежелезобетонных конструкций и увеличению эффективности работы материалов (бетона и стали) в упругой и упругопластической стадиях [1-12]. В России получены новые патенты на преднапряженные сталежелезобетонные балки [14-18]. В этих патентах реализованы как новые идеи непосредственного преднапряжения балок сталежелезобетонного сечения, так и идеи создания преднапряженных сталежелезобетонных изгибаемых балок через преднапряжение металлических профилей с последующим их обетонированием.

### Исследования

Теоретическим и экспериментальным исследованиям преднапряженных сталежелезобетонных балок посвящены работы [19, 20], которые позволили выявить некоторые закономерности их поведения, а приводимые аналитические зависимости позволяют оценить их несущую способность. Наряду с самостоятельным их применением как несущий элемент, балки очень часто являются основным несущим элементом перекрытий, состоящих из плиты и ребер-балок. В перекрытиях наряду с применением преднапряженных балок, можно преднапрячь саму плиту. Преднапряжение плиты позволяет уменьшить деформативность ее, увеличивает прочность и шаг подкрепляющих ребер-балок, тем самым уменьшает количество балок. В этой статье рассмотрено преднапряжение плит поперек направления балок.

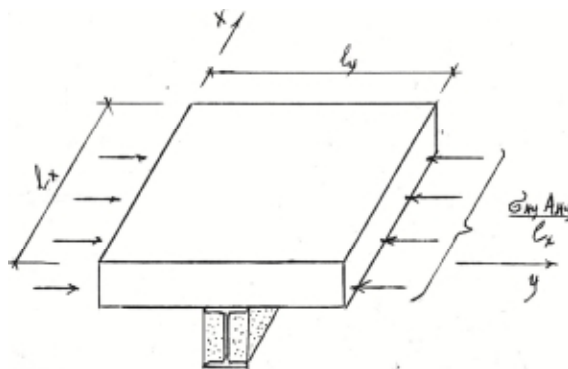


Рис. 1. Схема преднапряжения плиты на уровне нижней арматуры

Рассмотрим напряженно-деформированное состояние преднапряженной плиты перекрытия, у которой преднапряженная арматура расположена в нижней зоне плиты (рис. 1).

Стадия 1 (обжатие бетона) (рис. 2).

Введем следующие обозначения по аналогии с преднапряженными железобетонными элементами<sup>11</sup>:

$\nu$  – коэффициент поперечного расширения упругой деформации (0,13-0,22).

$$m = \frac{A_{ny}}{A_{by}},$$

где  $\mu$  – отношение площадей поперечного сечения преднапряжений арматуры и бетона по направлению  $y$

Примем что, коэффициент поперечного расширения пластической деформации бетона есть величина постоянная и равен 0,5 $\nu$ .

Напряжения и усилия от преднапряжения находим по аналогии с источником 1.

Контролируемые напряжения в арматуре  $A_{ny}$  обозначим через  $\sigma_{aky}$ .

Равнодействующая сила напряжения в преднапряженной арматуре:

$$N_{aky} = \sigma_{aky} \cdot A_{ny}. \quad (1)$$

Напряжения в бетоне в сечении, параллельно к ребрам от поперечного обжатия на уровне арматуры  $A_{ny}$ :

$$s_{nyb} = - \frac{N_{aky}}{A_n} \frac{\alpha}{\epsilon} \left( 1 + \frac{y_{an}^2}{r_y^2} \right) \frac{\ddot{\sigma}}{\sigma} \quad (2)$$

- на уровне нижней грани сечения:

$$s_{nrb} = - \frac{N_{aky}}{A_n} \frac{\alpha}{\epsilon} \left( 1 + \frac{y_{an} y_{ary}}{r_y^2} \right) \frac{\ddot{\sigma}}{\sigma} \quad (3)$$

- на уровне верхней грани сечения:

$$s_{nryb} = - \frac{N_{aky}}{A_n} \frac{\alpha}{\epsilon} \left( 1 - \frac{y_{an} y_{ary}}{r_y^2} \right) \frac{\ddot{\sigma}}{\sigma} \quad (4)$$

Начальные напряжения в арматуре  $A_{ny}$  с учетом потерь от упругого обжатия определяются:

$$\sigma_{ay} = \sigma_{aky} + n_n \sigma_{nyb}. \quad (5)$$

Напряжения в бетоне перпендикулярно к ребрам перекрытия:

- на уровне напряженной арматуры:

$$\sigma_{bu} = -\nu \sigma_{nrb}; \quad (6)$$

- на уровне нижней и верхней грани бетонного сечения:

$$\sigma_{bru} = -\nu \sigma_{nrb}; \quad \sigma'_{bru} = -\nu \sigma'_{nrb}. \quad (7)$$

Растягивающие напряжения в напряженной арматуре  $A_{av}$ :

$$\sigma_{av} = -\nu n_n \sigma_{nrb}. \quad (8)$$

Стадия 2 (состояние после потерь преднапряжения и усадки бетона) (рис. 2).

Определим потери напряжений, возникающие в сечениях в результате поперечного обжатия, поперечной и продольной усадки. Вдоль балки арматура  $A_{av}$  напряженная.

Для отыскания неизвестных напряжений воспользуемся уравнениями равновесия и уравнениями равенства деформаций бетона и арматуры, приведенных для одноосного обжатия в кн. Голышев А.Б. «Расчет предварительно напряженных железобетонных конструкций с учетом длительных процессов», М-1964.

$$s_{ny}^H = \frac{\alpha}{\epsilon} s_{nyb} + \frac{e_y}{m} E_b \frac{\ddot{\sigma}}{\sigma} B_y^H, \quad (9)$$

$$s_{ny}^H = \frac{n}{2} \frac{e_y}{m} E_b B_y^H; \quad s_{nx}^H = \frac{e_y}{m} E_b B_y^H, \quad (10)$$

<sup>11</sup>Голышев А.Б. Расчет предварительно напряженных железобетонных конструкций с учетом длительных процессов. М.: 1964.

$$s_{nx}^H = \frac{n \sigma_y}{2 \epsilon m} E_0 - s_{nyb} \frac{\ddot{\sigma}}{\varnothing} B_x^H \tag{11}$$

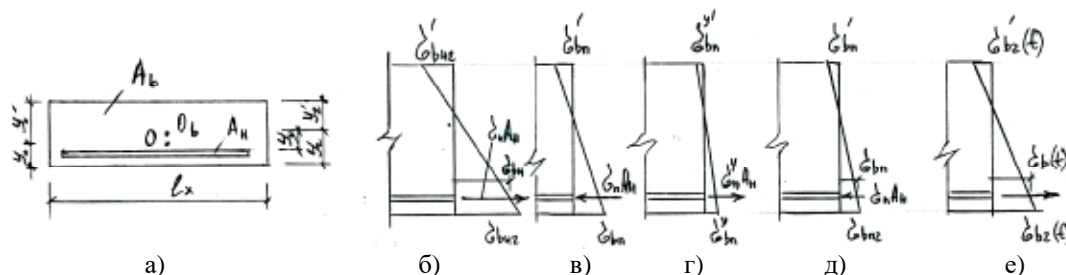


Рис. 2. Напряженное состояние бетонной преднапряженной плиты:  
 а) поперечное сечение; б) эпюра напряжения от поперечного обжатия;  
 в) эпюра потерь напряжений при обжатии и от усадки бетона;  
 г) эпюра потерь напряжений от продольной усадки; д) эпюра суммарных потерь напряжений;  
 е) эпюра установившихся напряжений

Коэффициенты  $B_y^u, B_y^n, B_x^n, B_x^u$  вычисляются по следующим выражениям:

$$B_y^u = \frac{n_j j_t}{1 + n_y m_y r_y g}; B_y^n = \frac{n_j j_t}{1 + 0,5 n_y m_y r_y g} \tag{12}$$

$$B_x^n = \frac{n_j j_t}{1 + n_x m_x r_x g}; B_x^u = \frac{n_j j_t}{1 + 0,5 n_x m_x r_x g} \tag{13}$$

Потери напряжений в бетоне на уровне преднапряженной арматуры:

$$s_{bny}^u = -s_{ny}^u m_y r_y \tag{14}$$

$$s_{bny}^n = -s_{ny}^n m_y r_y \tag{15}$$

где

$$r_y = 1 + \frac{y_u^2}{r_{by}^2}$$

Потери напряжений в направлении ребер перекрытия, т.е. на уровне напряженной арматуры:

$$s_{bnx}^n = -s_{nx}^n m_x r_x; s_{bnx}^u = -s_{nx}^u m_x r_x \tag{16}$$

где

$$r_x = 1 + \frac{y_x^2}{r_{bx}^2}$$

Установившиеся напряжения в направлении ребер перекрытия:

$$\sigma_{by}(t) = \sigma_{by} + \sigma_{bn}(u) \tag{17}$$

$$\sigma_{bry}(t) = \sigma_{bry} + \sigma_{brn}(u) \tag{18}$$

$$\sigma'_{bry}(t) = \sigma'_{bry} + \sigma'_{brn}(u) \tag{19}$$

$$\sigma_{ay}(t) = \sigma_{ay} + \sigma_n(u) \tag{20}$$

Напряжение в ненапряженной арматуре  $A_{av}$ :

$$\sigma_{ax}(t) = -\nu n_a \sigma_{bnx} + \sigma_n(v) \tag{21}$$

Для аналитического расчета преднапряженных сталежелезобетонных балок использован метод расчета железобетонных преднапряженных балок приспособленный к геометрическим и физическим параметрам сталежелезобетонного сечения [20].

Если арматура натягивается на упоры, то равнодействующая сила натяжения, после проявления первых потерь, указанной арматуры равна:

$$N = N_0 + N'_0 = \sigma_0 A_a + \sigma'_0 A'_a \tag{22}$$

Сила  $N$  приложена на расстоянии  $e_n$  от центра тяжести приведенного сечения:

$$e_n = \frac{N_0 y_n - N'_0 y'_n}{N} \tag{23}$$

Отпуск арматуры сопровождается внецентренным обжатием сечения, после бетонирования и приобретения бетоном требуемой прочности. Напряжения в бетоне можно определить по формуле:

$$s_b^* = - \frac{N}{A_n} \frac{\sigma}{\epsilon} \pm \frac{e_n y_n^*}{r_n^2} \frac{\sigma}{\epsilon} \quad (24)$$

где  $r_n^2 = I_n / A_n$ ;  $A_n$  и  $I_n$  – площадь приведенного сечения стержня и момент инерции, сечения относительно его центра тяжести;  $y_n$  – расстояние от центра тяжести сечения до рассматриваемого уровня.

Если волокна бетона, где определяются напряжения, расположены выше центра тяжести сечения, в скобках формулы ставится знак минус, если ниже – плюс.

Начальные напряжения в верхней и нижней арматуре после упругого обжатия сечения равны:

$$\sigma_H = \sigma_0 + n\sigma_b; \sigma'_H = \sigma'_0 + n\sigma_b. \quad (25)$$

При натяжении арматуры на бетон контролируемые величины напряжений в арматуре  $A$  и  $A'$  принимаются равными соответственно  $\sigma_H$  и  $\sigma'_H$ . В этом случае:

$$N = N_H + N'_H = \sigma_H A_a + \sigma'_H A'_a. \quad (26)$$

Сила  $N$  приложена на расстоянии  $e_b$  от центра тяжести бетонного сечения:

$$e_b = \frac{N_H y_b - N'_H y'_b}{N}. \quad (27)$$

Напряжения в бетоне на любом уровне определяются по формуле:

$$s_b^* = - \frac{N}{A_b} \frac{\sigma}{\epsilon} \pm \frac{e_b y_b^*}{r_b^2} \frac{\sigma}{\epsilon} \quad (28)$$

После предварительного обжатия армированной плиты происходит уменьшение напряжений в бетоне и арматуре вследствие ползучести бетона.

Влияние ползучести на среднем участке, в рассматриваемой плите, будет одинаковым, как для случая натяжения на бетон, так и для случая натяжения на упоры (независимо от того, сцепление между арматурой и бетоном восстанавливается при инъекции раствора в промежутки между арматурой и стенкой канала или нет). Следовательно, можно считать что напряжения, вызванные ползучестью бетона, для случаев натяжения на бетон и на упоры можно определять по одним и тем же формулам.

Обозначая напряжения в верхней и нижней арматуре, вызываемые ползучестью бетона, через  $\sigma_{an}$  и  $\sigma'_{an}$ , в бетоне на уровне арматуры – через  $\sigma_{bn}$  и  $\sigma'_{bn}$ , находим усилия, изменяющиеся по величине во времени:

$$N_{bn} = (s_{bn} y_b + s'_{bn} y'_b) \frac{A_b}{h}, \quad (29)$$

$$N_{an} = s_{an} A_a; M_{bn} = (s_{bn} - s'_{bn}) \frac{I_b}{h}; N'_{an} = s'_{an} A'_a. \quad (30)$$

Рассматривая эти силы как некоторые дополнительные, нетрудно доказать, что они должны взаимно уравновешиваться и удовлетворять следующим условиям:

$$N_{an} + N_{an} + N'_{an} = 0; \frac{s_{an}}{E_a} = \frac{s_b}{E_b} j_t + \frac{s_{bn}}{E_b} g; \quad (31)$$

$$M_{bn} - N_{an} y_b + N'_{an} y'_b = 0; \frac{s_{an}}{E_a} = \frac{s_b}{E_b} j_t + \frac{s_{bn}}{E_b} g. \quad (32)$$

Совместное решение уравнений приводит к следующим выражениям:

- в нижней и верхней арматуре:

$$s_{an} = n(s_b a_1 - s'_b a_2) \frac{j_t}{a_5}; s'_{an} = n(s'_b a_1 - s_b a_2) \frac{j_t}{a_5}; \quad (33)$$

- в бетоне на любом уровне:

$$s_{bn}^* = - \frac{\sigma}{\epsilon} \pm \frac{y_b y_b^*}{r_b^2} \frac{\sigma}{\epsilon} - s_{an} m \frac{\sigma}{\epsilon} \pm \frac{y_b y_b^*}{r_b^2} \frac{\sigma}{\epsilon} \quad (34)$$

В целях автоматизации расчетов исследуемые балки рассчитывались при помощи созданной программы в среде Microsoft Excel [20]. Стадия 1 исследуемые балки рассчитывались без бетонной части, как стальная двутавровая балка с затяжкой. На этой стадии подбирается исходя из нагрузок необходимые двутавр, арматура. Затем ведется расчет по определению усилия самонапряжения, усилий в затяжке, напряжений в верхней и нижней поясах двутавра, деформаций от обратного выгиба. В стадии 2 ведется учет бетона в балке. Расчет по 2-й стадии ведется по формулам приведенным выше.

Для сталежелезобетонного перекрытия с преднапряженной балкой выражения для определения «х» и изгибающего момента примут вид:

$$N_x = N_b + N'_a + N_a + N_s + N_H + N_{pr1} - N_{pr2} = 0, \quad (35)$$

$$M_z = N_b z_1 + N'_a z_6 + N_a z_7 + N'_s z_2 + N_H z_3 + N_{pr1} z_4 + N_{pr2} z_5. \quad (36)$$

Случай натяжения на бетон. В этом случае арматура натягивается на упоры по концам плиты либо пропускается в пластиковых трубках (каналах), после укладки и твердения бетона осуществляется натяжение арматуры и после заполнения каналов мелкозернистым бетоном и отпуска натяжения происходит обжатие бетона.

Установившиеся натяжения к любому моменту времени при действии эксплуатационных нагрузок с учетом потерь запишутся в виде (рис. 3).

$$\sigma'_b(t) = \sigma'_b + \sigma'_{bg}; \quad (37)$$

$$\sigma_b(t) = \sigma_b + \sigma_{bg}; \quad (38)$$

$$\sigma_a(t) = \sigma_a + \sigma_{ag}; \quad (39)$$

$$N_a(t) = s_a(t) A_a \frac{E_a}{E_H} + s_{pr} A_{pr} \frac{E_{pr}}{E_H} \frac{x}{2h}; \quad (40)$$

$$\sigma'_{pr}(t) = \sigma'_{pr} + \sigma'_{prg}; \quad (41)$$

$$\sigma_{pr}(t) = \sigma_{pr} + \sigma_{prg}; \quad (42)$$

$$\sigma_H(t) = \sigma_H + \sigma_{Hg}; \quad (43)$$

$$N_H(t) = s_H(t) \left( \frac{\sigma}{\epsilon} A_H + A_a \frac{E_a}{E_H} + A_{pr} \frac{E_{pr}}{E_H} \frac{h-x}{2h} \right); \quad (44)$$

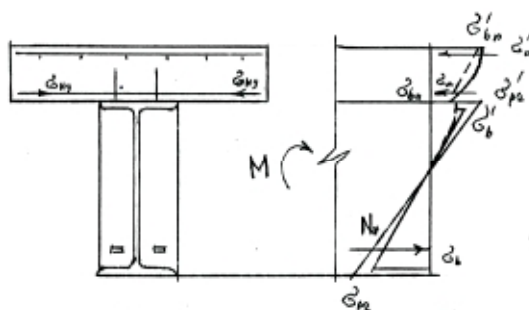


Рис. 3. Схема усилий и напряжений в расчетном сечении перекрытия

При записи выражений для определения высоты сжатой зоны «х» в формулах (37) и (38) используются вышеприведенные напряжения и усилия (39-44).

При использовании преднапряженной балки в качестве ребер-балок сталежелезобетонного перекрытия выражения примет вид (рис. 3).

$$N_x = N_b + N_{bp} + N'_a + N_a + N_s - N_H + N_{pr1} - N_{pr2} = 0, \quad (45)$$

$$M_z = N_b z_1 + N'_a z_2 + N_a z_3 + N_{bp} z_6 + N_s z_7 + N_{pr1} z_4 + N_H z_8 - N_{pr2} z_5. \quad (46)$$

### Заключение

Исследовано напряженное состояние сталежелезобетонного ребристого перекрытия с преднапряженными балками и плитой, у которой преднапряжение выполнено поперек ребер. Предложены аналитические выражения для оценки прочности перекрытия с учетом усилий преднапряжений, которые могут быть использованы при проектировании сталежелезобетонных перекрытий при новом строительстве и при восстановлении перекрытий старой постройки.

**Список библиографических ссылок**

1. Айрумян Э. Л., Каменщиков Н. И., Румянцева И. А. Особенности расчета монолитных плит сталежелезобетонных покрытий по профилированному стальному настилу // Промышленное и гражданское строительство. 2015. № 9. С. 21–26.
2. Туснин А. Р. Перекрытия многоэтажных зданий со стальным каркасом // Промышленное и гражданское строительство. 2015. № 8. С. 10–14.
3. Туснин А. Р., Коляго А. А. Конструкция и работа сталежелезобетонного перекрытия с использованием сборных пустотных железобетонных плит // Современная наука и инновации. 2016. № 3. С. 141–147.
4. Астахов И. В., Кузнецов А. Ю., Морозова Д. В. Исследование работы сталежелезобетонных конструкций // Вестник гражданских инженеров. 2017. № 3 (62).
5. Hadzalic E., Barucija K. Concrete shrinkage effects in composite beam // Construction of unique buildings and structures, 2014. № 11 (26). P. 85–93.
6. Champenoy D., Corfdir A., Corfdir P. Calculating the critical buckling force in compressed bottom flanges of steel-concrete composite bridges // European Journal of Environmental and Civil Engineering. 2014. № 18 (3). P. 271–292.
7. Gholamhoseini A., Khanlou A., MacRae G., Scott A., Hicks S., Leon R. An experimental study on strength and serviceability of reinforced and steel fibre reinforced concrete (SFRC) continuous composite slabs // Engineering Structures. 2016. № 114 (1). P. 171–180.
8. Vasdravellis G., Uy B., Tan E. L., Kirkland B. Behaviour and design of composite beams subjected to sagging bending and axial compression Original Research // Journal of Constructional Steel Research. 2015. № 110. P. 29–39.
9. BSI (2010) BS 5950-3.1.A1. Structural use of steelwork in buildings. Design in composite construction. Code of practice for design of simple and continuous composite beams. BSI, London.
10. Замалиев Ф. С., Мирсаяпов И. Т. Расчет прочности сталежелезобетонных изгибаемых конструкций на основе аналитических диаграмм // Разработка и исследование металлических и деревянных конструкций: сборник научных трудов. 1999. С. 142–149.
11. Замалиев Ф. С. Учет нелинейных свойств материалов и податливости слоев при расчете прочности сталежелезобетонных перекрытий // Промышленное и гражданское строительство. 2013. № 5. С. 38–41.
12. Замалиев Ф. С., Каюмов Р. А. К расчету сталежелезобетонного перекрытия как ортотропной плиты // Известия КГАСУ. 2014. № 1 (27). С. 94–99.
13. Kayumov R. A., Muhamedova I. Z., Suleymanov A. M., Tazyukov B. F. Development of film- and fabric- composite materials durability assessing methodology under time-dependent influences of temperature and solar radiation // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2016 V. 158 010250.
14. Преднапряженная сталебетонная балка : пат. 155488 Рос. Федерация. № 2015102306 ; заявл. 26.01.15 ; опубл. 10.10.15, Бюл. № 28. 2 с.
15. Сталебетонная преднапряженная балка : пат. 155802 Рос. Федерация. № 2014152337 ; заявл. 23.12.14 ; опубл. 20.10.15, Бюл. № 29. 2 с.
16. Сталежелезобетонная преднапряженная балка : пат. 165473 Рос. Федерация. № 2016114023 ; заявл. 11.04.16 ; опубл. 20.10.16, Бюл. № 29. 2 с.
17. Преднапряженная стальная обетонированная балка: пат. 172515 Рос. Федерация № 2017112142/03 ; заявл. 10.04.2017 ; опубл. 11.07.17, Бюл. № 20. – 2 с.
18. Преднапряженная сталебетонная балка: пат. 174326 Рос. Федерация № 2017101736/03 ; заявл. 19.01.2017 ; опубл. 11.10.17, Бюл. № 29. – 2 с.
19. Замалиев Ф. С. К оценке напряженного состояния преднапряженных сталежелезобетонных балок // Известия КГАСУ. 2017. № 3 (41). С. 87–98
20. Замалиев Ф. С. Численные и натурные эксперименты преднапряженных сталежелезобетонных балок // Вестник МГСУ. 2018. № 3.

**Zamaliy Farit Sakhapovich**

candidate of technical sciences, associate professor

E-mail: [zamaliy49@mail.ru](mailto:zamaliy49@mail.ru)**Kazan State University of Architecture and Engineering**

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

**To the evaluation of the strength of the composite steel-concrete slab  
with pre-stressed beams and slab****Abstract**

*Problem statement.* The stress state of the overlap consisting of pre-stressed beams arranged with a certain pitch and combined by a plate prestressed in the transverse direction under the action of operational loads is investigated.

Expressions for estimating the strength of overlap with ribs are presented, when in stressed beams the stressed reinforcement is located along the I-beam shelves and along the envelope of the moment diagram.

The aim of the article is to investigate the stress state of overlapping under different prestresses of ribs-beams and prestressing of the slab itself.

*Results.* The analysis of theoretical studies of prestressed ribbed ferroconcrete overlappings made it possible to trace a number of principal positions of the stressed state of overlapping with ribs and will help to use them both in studies of composite slabs and they can be used in projects of composite floors of new buildings and reconstructed floors of architectural monuments of old construction.

*Conclusions.* The data of the stressed state of the overlap consisting of beams and slabs in a complex section are obtained, as with prestressed beams and their influence on a conventional plate, and when prestressing the slabs and its joint work with prestressed beams

**Keywords:** steel reinforced concrete floor, stressed state, prestressed beam, prestressed plate, stress.

**References**

1. Ayrumyan E. L., Kamenshchikov N. I., Rumiantseva I. A. Features of the calculation of monolithic slabs of steel-reinforced concrete coatings on profiled steel flooring // Industrial and civil construction. 2015. № 9. P. 21–26.
2. Tusnin A. R. Overlapping multi-storey buildings with a steel frame // Industrial and civil construction. 2015. № 8. P. 10–14.
3. Tusnin A. R., Kolyago A. A. Construction and work of composite slabs using precast hollow reinforced concrete slabs // Modern science and innovations. 2016. № 3. P. 141–147.
4. Astakhov I. V., Kuznetsov A. Y., Morozova D. V. Investigation of the work of steel-reinforced concrete constructions // Herald of civil engineers. 2017. № 3 (62).
5. Hadzalic E., Barucija K. Concrete shrinkage effects in a composite beam // Construction of unique buildings and structures, 2014. № 11 (26). P. 85–93.
6. Champenoy D., Corfdir A., Corfdir P. Calculating the critical buckling force in the bottom flanges of steel-concrete composite bridges // European Journal of Environmental and Civil Engineering. 2014. № 18 (3). P. 271–292.
7. Gholamhoseini A., Khanlou A., MacRae G., Scott A., Hicks S., Leon R. An experimental study on the strength and serviceability of reinforced and steel fiber reinforced concrete (SFRC) for continuous composite slabs // Engineering Structures. 2016. № 114 (1). P. 171–180.
8. Vasdravellis G., Uy B., Tan E. L., Kirkland B. Behavior and design of the composite beams subjected to sagging bending and axial compression Original Research // Journal of Constructional Steel Research. 2015. № 110. P. 29–39.

9. BSI (2010) BS 5950-3.1.A1. Structural use of steelwork in buildings. Design in composite construction. Code of practice for design of simple and continuous composite beams. BSI, London.
10. Zamaliev F. S., Mirsayapov I. T. Calculation of durability of steel-reinforced concrete bending structures on the basis of analytical diagrams // Development and research of metal and wooden structures: a collection of scientific works. 1999. P. 142–149.
11. Zamaliev F. S. Accounting for non-linear properties of the materials and pliability of the layers in the calculation of the strength of composite steel-concrete slabs // Industrial and civil construction. 2013. № 5. P. 38–41.
12. Zamaliev F. S., Kayumov R. A. To the calculation of steel-reinforced concrete overlapping as an orthotropic plate // Izvestiya KGASU. 2014. № 1 (27). P. 94–99.
13. Kayumov R. A., Muhamedova I. Z., Suleymanov A. M., Tazyukov B. F. Development of film- and fabric- composite materials durability assessing methodology under time-dependent influences of temperature and solar radiation // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2016. V. 158 010250.
14. Pre-stressed reinforced concrete beam: pat. 155488 Rus. Federation. № 2015102306 ; claimed. 26.01.15; publ. 10.10.15, Bul. № 28. 2 p.
15. Pre-stressed pre-stressed beam: pat. 155802 Rus. Federation. № 2014152337 ; claimed. 23.12.14; publ. 20.10.15, Bul. № 29. 2 p.
16. Precast concrete pre-stressed beam: pat. 165473 Rus. Federation. № 2016114023 ; claimed. 11.04.16; publ. 20.10.16, Bul. № 29. 2 p.
17. Pre-stressed steel obtonated beam: Pat. 172515 Rus. Federation № 2017112142/03 ; claimed. 10.04.2017; publ. 11.07.17, Bul. № 20. 2 p.
18. Pre-stressed reinforced concrete beam: pat. 174326 Rus. Federation № 2017101736/03 ; claimed. 01.19.2017; publ. 11.10.17, Bul. № 29. 2 p.
19. Zamaliev F. S., Estimation of the stressed state of prestressed steel-reinforced concrete beams // Izvestiya KGASU. 2017. № 3 (41). P. 87–98.
20. Zamaliev F. S., Numerical and nuclear experiments of intensified steel – concrete beams // Vestnik MGSU. 2018. № 3.



УДК 69.024.81

**Кузнецов Иван Леонидович**

доктор технических наук, профессор

E-mail: [kuz377@mail.ru](mailto:kuz377@mail.ru)

**Пеньковцев Сергей Александрович**

кандидат технических наук, старший преподаватель

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

**Гимранов Линур Рафаилович**

кандидат технических наук, доцент

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

**Казанский государственный архитектурно-строительный университет**

Адрес организации: 420034, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

## Перфорированная балка с поясами из стальных профилей

### Аннотация

*Поставленные задачи.* Перфорированные балки, используемые в несущих конструкциях зданий и сооружений занимают нишу между балками сплошного сечения и фермами и используется при значительных пролетах и малых нагрузках. Целью статьи является разработка конструкций перфорированных балок, исключая раскрой и разрезку проката, не требующих сложного технологического оборудования для их изготовления и реализующих принцип равнопрочности сечений поясов балки.

*Результат.* Анализ изготовления и эксплуатации существующих типов перфорированных балок позволил определить общие недостатки данных конструкций: неравнопрочность сечений верхнего и нижнего поясов и заведомый перерасход металла, обусловленный дискретностью сортамента донорских прокатных двутавров.

Предлагаемая конструкция состоит из верхнего и нижнего пояса из прокатных профилей, соединенных листовыми вставками. При этом верхний пояс изготавливается из двутавра, а нижний – из стальной полосы или прокатного тавра. Такая конструкция исключает раскрой и разрезку проката и не требует сложного технологического оборудования для производства балок. Кроме того, в конструкции данной балки принцип равнопрочности может быть реализован в результате применения в поясах проката с повышенными прочностными характеристиками. В статье дается оценка несущей способности и сравнение технических характеристик предлагаемой конструкции перфорированной балки с существующими решениями перфорированных балок.

*Выводы.* Значимость полученных результатов для строительной отрасли состоит в том, что разработанная конструкция перфорированной балки в сравнении с известными решениями дает значительный эффект (до 13 %) экономии приведенной массы, при одновременной упрощении технологии производства.

**Ключевые слова:** перфорированная балка, донорский двутавр, пояса из профильного проката, листовые вставки.

### Введение

При создании несущих конструкций зданий и сооружений широкое применение получили перфорированные балки (ПБ). Эта конструкция получается путём разрезки стенки донорского двутавра по ломанной линии с последующей сваркой встык частей двутавра по выступающим гребням разрезанной стенки [1, 4, 7]. В результате высота полученного сквозного двутавра увеличивается в сравнении с донорским примерно в 1,5 раза, и, как следствие, увеличиваются момент инерции и момент сопротивления сечения. Несущая способность при этом увеличивается в 1,3-1,5 раза. Данный тип балок широко применяется в гражданском, промышленном, транспортном строительстве и занимает нишу между балками сплошного сечения и фермами. Перфорированные балки используются в основном при значительных пролетах и малых нагрузках. Разработаны методики расчета и конструирования подобных балок, заключающиеся в выборе исходного двутавра сплошного сечения, определении геометрических параметров получаемой из него в результате раскроя перфорированной балки сквозного сечения и

проверки прочности, общей и местной устойчивости балки с учетом принятой геометрии реза [3, 7]. В ходе разработки и совершенствования данного типа балок использовались различные линии разрезки стенки донорского двутавра, благодаря чему при сварке образовывались разные перфорационные отверстия: шестиугольные, восьмиугольные, прямоугольные, овальные, имеющие те или иные частные преимущества [1, 3, 4, 7]. Также нашли применение ПБ увеличенной высоты, получаемые за счет применения листовых вставок, свариваемых встык по выступающим гребням разрезанной стенки частей двутавра. Следующим этапом развития применения ПБ является применение бистальных ПБ, в которых сталь повышенной прочности применяется только в наиболее напряженных участках (поясах) балок, что позволяет уменьшить удельный вес балки при одинаковой несущей способности. Вместе с тем, изготовление указанных типов ПБ требует применения специальных кондукторов с гидравлическими прижимами или вальцов, так как обе половины донорской балки после разрезки искривляются вследствие остаточных напряжений в прокатных профилях. Поэтому такие балки целесообразно применять только при массовом изготовлении [4, 5, 6, 8, 9, 10]. Также общим недостатком данного конструктивного решения ПБ является неравнопрочность сечений верхнего и нижнего поясов и заведомый перерасход металла, обусловленный дискретностью сортамента донорских прокатных двутавров. В результате снижается расход стали на 5-7 %, уменьшается общая стоимость.

В результате анализа состояния совершенствования конструктивных решений ПБ была предложена конструкция ПБ, лишенная вышеуказанных недостатков.

Предлагаемая конструкция перфорированной балки (рис. 1) состоит из верхнего и нижнего пояса из прокатных профилей, соединенных листовыми вставками. При этом верхний пояс изготавливается из двутавра, а нижний – из стальной полосы или прокатного тавра. Такая конструкция исключает раскрой и разрезку проката и не требует сложного технологического оборудования для производства балок. Кроме того, в конструкции данной балки принцип равнопрочности может быть реализован в результате применения в поясах проката с повышенными прочностными характеристиками.

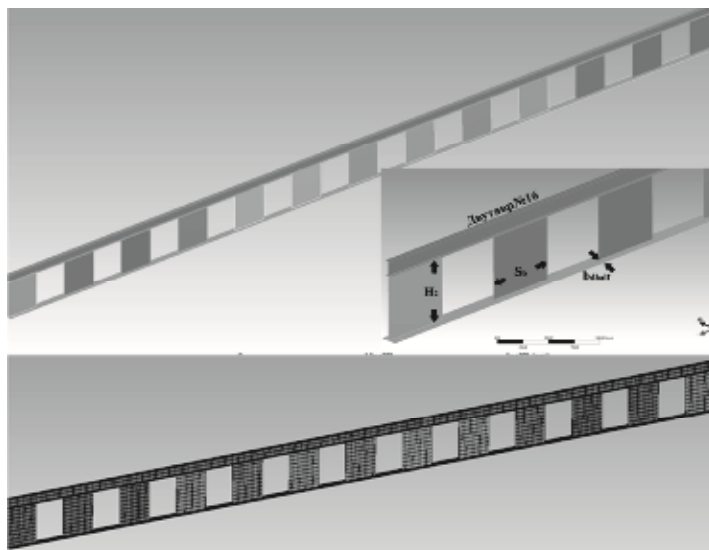


Рис. 1. Балка из прокатных профилей, соединенных листовыми вставками:  
а) расчетная модель балки; б) варьируемые параметры; в) конечно-элементная модель

### Численные исследования напряжено деформированного состояния балки

Численные исследования напряжено деформированного состояния балки пролетом 18 м производились на ПК Ansys Academic [2] с моделированием компонентов балки пластинчатыми элементами. При этом осуществлялась оптимизационная задача по отысканию значений варьируемых параметров минимизирующих массу балки при условии не превышения критических значений прогибов и приведенных напряжений.

Варьируемые параметры в балке:

- $S_b$  – ширина листовой вставки;
- $H_2$  – высота листовой вставки;
- $b_{dhalf}$  – свес нижнего поясного листа;  $n$  – число проемов в балке.

Оценочные параметры, используемые в оптимизационной задаче:

- Масса балки в (кг);
- Максимальные приведенные напряжения в любой точке балки (либо в пролете, либо в приопорной зоне) в (МПа);
- Максимальный прогиб от расчетной нагрузки (мм).

Использование конечно-элементной модели выполненной из пластинчатых элементов позволило существенно сократить компьютерное время, т.к. количество конечных элементов не превышало 10-15 тыс.

Модуль оптимизации программного комплекса использует алгоритм оптимизации, основанный на последовательном решении множества расчетных моделей с варьируемыми параметрами, лежащими в определенном пользователе диапазоне. Далее используя оценочные параметры, производится аппроксимация зависимостей и степень влияния каждого варьируемого параметра на оценочные параметры. Для каждого соотношения параметров тем самым возможно построение графиков зависимости двух выбранных оценочных параметров от изменения значения варьируемого параметра.

После определения пользователем критериев оценочных параметров выбирается наиболее подходящий модель кандидат из множества моделей кандидатов с разными параметрами наиболее подходящим для критериев оценки.

Особенностью напряженно-деформированного состояния предлагаемой балки также как и перфорированной балки является то, что расчетное сечение может смещаться по пролету в зависимости от конфигурации проемов. Конструктивная форма балки такова, что взаимный сдвиг поясов друг относительно друга вызывает в верхнем поясе локальный изгибающий момент, в то время как в нижнем поясе он отсутствует вследствие его малой изгибной жесткости. Поэтому выполнение задачи по оптимизации требует поиска компромиссных значений варьируемых параметров, например, увеличение высоты сечения балки (путем увеличения высоты листовой вставки  $H_2$ ) приводит к увеличению локального момента от взаимного сдвига поясов, приводя к достижению предельного состояния в точке примыкания листовой вставки к верхнему поясу, а не в крайних фибрах поясов. Таким образом, для компенсации этих локальных напряжений требуется увеличение длины листовой вставки  $S_b$  что в свою очередь ведет к увеличению массы балки.

Аналогом пластинчатой конечно-элементной модели балки с листовыми вставками может служить стержневая модель балки Веренделя, в которой поперечные планки жестко защемлены в верхнем поясе, при этом нижний пояс прикреплен к ним шарнирно, при этом изгибная жесткость листовых вставок в плоскости балки должна соответствовать их длине  $S_b$ .

Следует также отметить, что использование пластинчатой модели позволяет сразу учитывать в расчетной модели эффекты от действия локальных напряжений.

В рассматриваемой задаче при исходных данных – пролет 18 м, погонная нагрузка 1000 кг/м, Сталь С345, верхний пояс двутавр № 16, толщина соединительных вставок 6мм, толщина поясного листа нижнего пояса 10 мм, получены следующие оптимальные значения варьируемых параметров табл. 1

Оптимальные значения варьируемых параметров и соответствующие им оценочные параметры.

Таблица 1

$b_{dhalf}$ (м)	$S_b$ (м)	$n$ (шт.)	$H_2$ (м)
0,0918	0,74183	12	0,7151

Таблица 1а

Масса балки (кг)	Приведенные напряжения (МПа)	Прогиб (мм)
875,87	326,42	111,32

Анализируя результаты оптимизации можно сказать следующее:

- оптимальное соотношение высоты листовой вставки  $H_2$  к ее длине  $S_b$  составляет 0,965;
- оптимальное соотношение длины вставки к длине проема равного  $(18 \text{ м} - (n+1)S_b)/n = 0,697 \text{ м}$  составит 1,063.

Для указанных значений построены графики локального влияния параметра на оценочные параметры рис. 2-4.

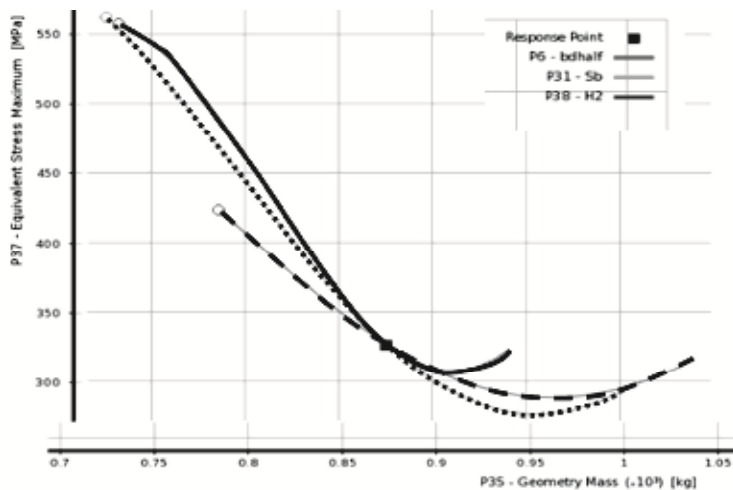


Рис. 2. Зависимость изменения варьируемых параметров от массы балки и приведенных напряжений

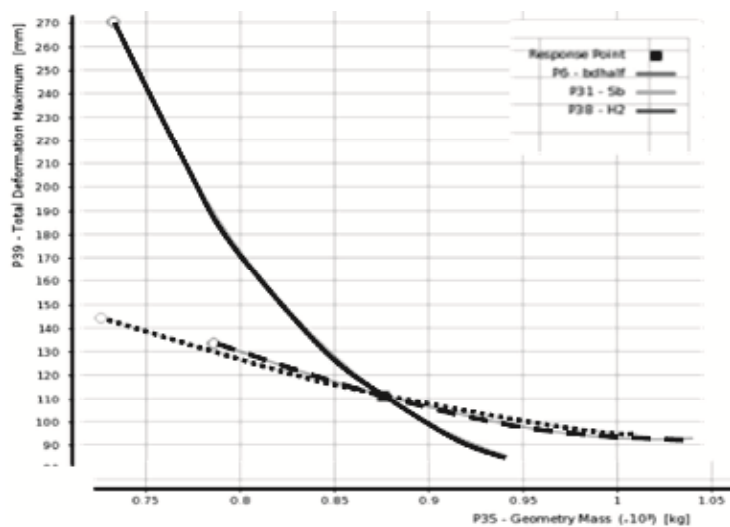


Рис. 3. Зависимость изменения варьируемых параметров от массы балки и прогибов балки

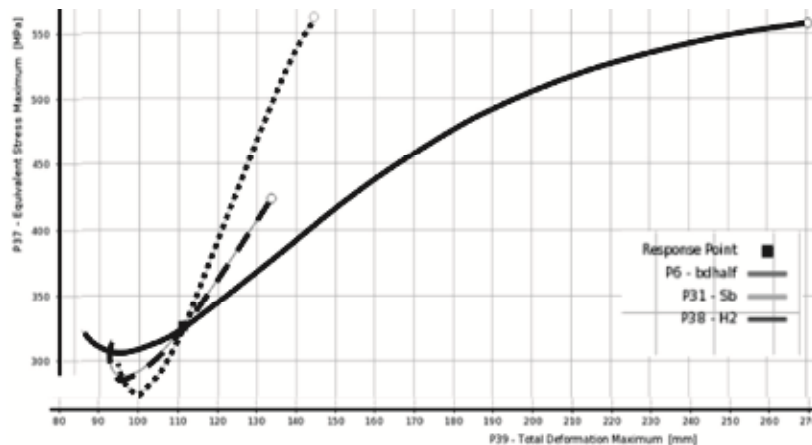


Рис. 4. Зависимость изменения варьируемых параметров от прогибов балки и приведенных напряжений

Оптимальные значения параметров лежат на пересечении кривых для каждого параметра при этом начальное значение варьируемого параметра отмечено кругом. Балка с оптимально подобранными варьируемыми параметрами показывает значительную экономию металла (до 14 %) в сравнении с классическими конструкциями ПБ. Прогибы в балке приведены на рис. 5. Распределение нормальных напряжений в данной балке приведено на рис. 6а. Распределение приведенных напряжений в балке приведено на рис. 6б.

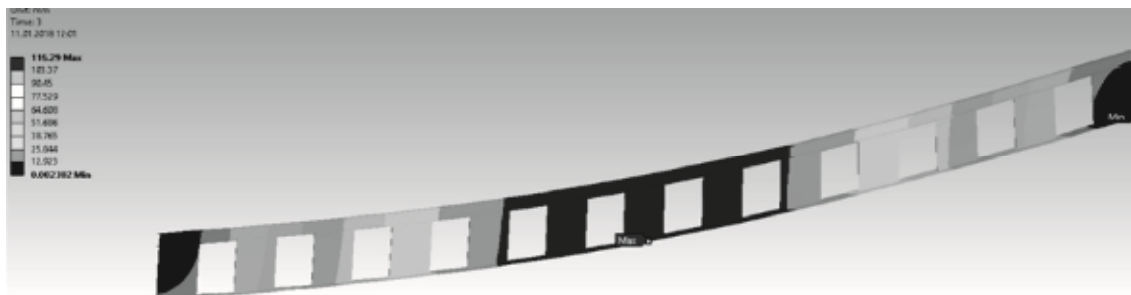


Рис. 5. Прогибы в балке с оптимально подобранными параметрами

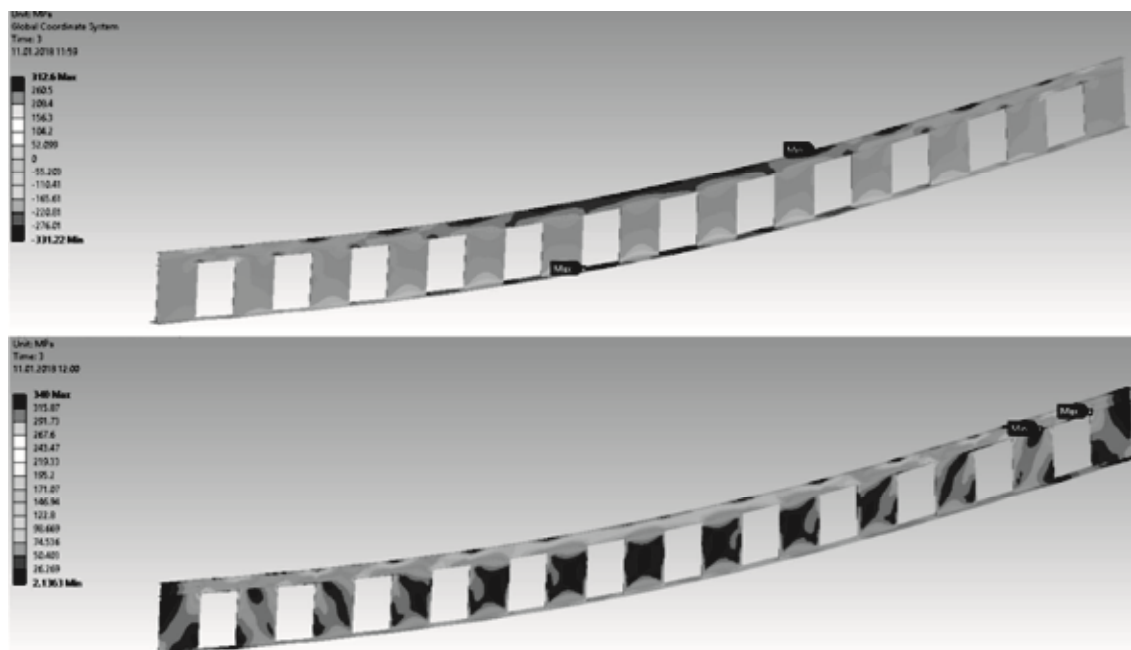


Рис. 6. Нормальные напряжения в балке с оптимально подобранными параметрами:  
 а) нормальные напряжения в балке; б) приведенные напряжения в балке

Сравнительный анализ технико-экономических показателей предлагаемых конструктивных решений ПБ с пролетом 18 м и погонной нагрузкой 1000 кг/м приведен в табл. 2.

Таблица 2

**Таблица сравнения основных технико-экономических показателей различных типов перфорированных балок в сравнении с базовой двутавровой балкой сплошного сечения**

Вид сечения	Высота сечения (см)	Приведенная масса (кг/м)
Двутавр № 45	45	66,5
Перфорированная балка на основе двутавра № 40	60	57,0
Предлагаемая конструкция балки с поясами из проката и стенкой из листовых вставок	77	52,0

### Заключение

Известные перфорированные балки [1, 4, 7], изготавливаемые из двутавров, требуют специального технологического оборудования и обладают повышенным расходом стали.

Предлагаемая конструкция перфорированных балок изготавливается при использовании поясов из прокатных элементов, а стенки – из стальных листов и требует меньшего расхода стали на 10-13 %.

Предлагаемые конструкции перфорированных балок требуют дальнейших исследований и разработки инженерной методики их расчета.

### Список библиографических ссылок

1. Ганеман Г. А., Кикоть А. А. Анализ металлических балок с перфорированной стенкой // Ползуновский Альманах № 4. т. 2, 2017. С. 49–52.
2. ANSI/AISC 360-16. Specification for Structural Steel Buildings / American Institute of Steel Construction, Chicago, 2016. 620 p.
3. Притыкин А. И., Мисник А. В., Лаврова А. С. Особенности расчета перфорированных балок МКЭ // Известия КГТУ. 2016. № 43. С. 249–259.
4. Rangachari Narayanan, Norire Gara Verni Der-Avanessian Analysis of plate girders with perforated webs Thin-Walled Structures. Vol. 4, Iss. 5, 1986. P. 363–380.
5. Azmi, Mohd Reza & Yatim, M.Y.M. & Esa, A & Wan Badaruzzaman, Wan Hamidon. (2017). Experimental studies on perforated plate girders with inclined stiffeners. Thin-Walled Structures. 117. 247-256. 10.1016/j.tws.2017.04.021
6. Yingjiang, Zhao & Renjun, Yan & Hongxu, Wang. (2015). Experimental and numerical investigations on plate girders with perforated web under axial compression and bending moment. Thin-Walled Structures. 97. 199-206. 10.1016/j.tws.2015.09.017.
7. Vilguts, Aivars & Serdjuks, Dmitrijs & Pakrastins, Leonids & Goremikins, Vadims. (2014). Analysis of perforated web girder load bearing capacity. 198. 10.7250/isconstrs.2014.33.
8. Ahmed S. Elamary Shear Strength Of Plate Girder Web Panel With Opening At Elevated Temperature Journal of Engineering Sciences, Assiut University, Vol. 37, № 2. P. 281–302.
9. Tong L., Song T., Jiang B., Wang J. (2008). Experimental and numerical study on behavior of steel girders with large web openings. 36. P. 1050–1056.
10. Lee M. (1990). Numerical study of plate girder webs with holes. Ice Proceedings. 89. P. 183–206. 10.1680/iicep.1990.6940.

#### **Kuznetsov Ivan Leonidovich**

doctor of technical sciences, professor

E-mail: [kuz377@mail.ru](mailto:kuz377@mail.ru)

#### **Penkovcev Sergey Aleksandrovich**

candidate of technical sciences, senior lecturer

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

#### **Gimranov Linur Rafailevich**

candidate of technical sciences, associate professor

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

#### **Kazan State University of Architecture and Engineering**

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

### Perforated girders with perforated of steel profiles

#### **Abstract**

*Problem statement.* Perforated girders as structural members of buildings and other structural shapes by their structural form can be assigned in between solid plate girders and lattice structures and can be utilized when large spans need to be covered with moderate or

small loads. The goal of the study is development of new structural shape of the girders with perforated web member which excludes cutting and milling process of solid hot rolled I-beams, requiring no sophisticated equipment or machinery during fabrication process and at the same time accommodating equal stress distribution principle in flange members.

*Results.* Conducted analysis of production methods and serviceability experience of existing types of perforated girders allowed to ascertain some common disadvantages of that kind of structural shapes: uneven stress distribution between top and bottom flange members and higher linear masses due to discrete nomenclature of proto hot rolled I-beams.

Developed structural shape of girder with perforated web comprised of top and bottom flange members made from hot rolled I beams and plates connected together with discrete web plates. Top flange member is made of hot rolled I-section whereas bottom flange made of hot rolled long plate or tee section. This structural form exclude fabrication stages consisting of cutting and milling and requires no special piece of machinery. The equal stress distribution principle can be achieved in such structural shape by utilizing in flange members higher steel grades of hot rolled I sections and plates. Study asses strength of the developed structural shape of girder and compares its characteristics with those of existing structural forms of perforated beams.

*Conclusions.* Developed structural shape of perforated girder are tangible for the building construction industry due to projected mass reduction of the girder up to 13 % relatively to existing structural forms of perforated girders with similar initial conditions alongside with simplification of manufacturing process.

**Keywords:** perforated girder, proto I-section, flanges from hot rolled sections, web discrete plates

### References

1. Ganeman G., Kikot A. A. Analysis of steel girders with perforated web member // Polzunovskij Almanah. № 4. t. 2, 2017. P. 49–52.
2. ANSI/AISC 360-16. Specification for Structural Steel Buildings / American Institute of Steel Construction, Chicago, 2016. 620 p.
3. Pritykin A. I., Misnik A. V., Lavrova A. S. Peculiarities in structural FEM analysis of girders with perforated web member// Izvestija KGTU. 2016. № 43. P. 249–259.
4. Rangachari Narayanan, Norire GaraVerni Der-Avanessian Analysis of plate girders with perforated webs Thin-Walled Structures. Vol. 4, Iss. 5. 1986, P. 363–380.
5. Azmi Mohd Reza, Yatim M. Y. M., Esa A., Wan Badaruzzaman, Wan Hamidon. (2017). Experimental studies on perforated plate girders with inclined stiffeners. Thin-Walled Structures. 117. P. 247–256. 10.1016/j.tws.2017.04.021.
6. Yingjiang Zhao, Renjun Yan, Hongxu Wang. (2015). Experimental and numerical investigations on plate girders with perforated web under axial compression and bending moment. Thin-Walled Structures. 97. 199-206. 10.1016/j.tws.2015.09.017.
7. Vilguts Aivars, Serdjuks Dmitrijs, Pakrastins Leonids, Goremikins Vadims. (2014). Analysis of perforated web girder load bearing capacity. 198. 10.7250/isconstrs. 2014. 33.
8. Ahmed S. Elamary Shear Strength Of Plate Girder Web Panel With Opening At Elevated Temperature. Journal of Engineering Sciences, Assiut University, Vol. 37. № 2. P. 281–302.
9. Tong L., Song T., Jiang B., Wang J. (2008). Experimental and numerical study on behavior of steel girders with large web openings. 36. P. 1050–1056.
10. Lee M. (1990). Numerical study of plate girder webs with holes. Ice Proceedings. 89. P. 183–206. 10.1680/iicep.1990.6940.

УДК 69.059.4

**Лукашенко Виктор Иванович**

кандидат технических наук, доцент

E-mail: [vil\\_06\\_4444@mail.ru](mailto:vil_06_4444@mail.ru)

**Абдуллин Фаннур Фаридович**

студент

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

**Казанский государственный архитектурно-строительный университет**

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

**Ахметзянов Рустем Илдарович**

инженер

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

**ООО «Татгражданпроект»**

Адрес организации: 420140, Россия, г. Казань, ул. Ю. Фучика, д. 98А

### **Постановка задачи определения ресурса отдельных элементов и всей конструкции при действии случайных ветровых нагрузок**

#### **Аннотация**

*Постановка задачи.* Цель исследования – определение ресурса, как отдельных элементов, так и всей конструкции при различном распределении прочности её элементов и действии случайных ветровых нагрузок.

*Результаты.* Основные результаты исследования состоят в том, что в отличие от односторонней оценки значений случайных величин нагруженности при определении резерва прочности при повторных статических нагрузках в случае ветровых нагрузок для обеспечения заданного уровня надежности необходима двусторонняя интервальная оценка случайных частот многоциклового (динамического) нагружения. В работе представлен общий алгоритм расчета минимального ресурса элемента и сооружения в целом, при различном распределении прочности ее элементов

*Вывод.* Значимость полученных результатов для строительной отрасли состоит в том, что по разработанному алгоритму решения задачи, изменение резерва прочности элементов и конструкции в целом при многоцикловом нагружении моделируется достоверно, обеспечивая возможность определения ресурса конструкции и реального времени ее работы.

**Ключевые слова:** собственные колебания, случайные величины, ресурс, ветровая нагрузка, резерв прочности, многоцикловая усталость, надежность.

#### **Введение**

В работах Лукашенко В.И., Минсагирова М.Ф., Ахметзянова Р.И. «Определение ресурса статически определимой системы при заданных параметрах случайных величин» приводятся методы и алгоритмы приближенного анализа прочности и ресурса элементов конструкций, использующие теорию расчета строительных конструкций на надежность [1]. Программы для анализа резерва прочности в условиях повторных случайных статических нагрузок и случайных параметров несущей способности элементов, с заданным нормальным законом распределения в интервалах, позволяют моделировать с заданной вероятностью стационарный случайный процесс усталостного сокращения резерва прочности. Для предварительной оценки ресурса в условиях проектирования такой подход позволяет с достаточной точностью прогнозировать минимальное его значение при невыгоднейших условиях эксплуатации и отказа с заданной вероятностью хотя бы одного из элементов конструкции [2].

В отличие от односторонней оценки значений случайных величин нагруженности при определении резерва прочности при повторных статических нагрузках в случае ветровых нагрузок для обеспечения заданного уровня надежности необходима двусторонняя интервальная оценка случайных частот многоциклового (динамического) нагружения.



При действии случайных ветровых нагрузок вынужденные колебания сооружений, связанные с вихреобразованием при обтекании их воздушным потоком, могут привести к резонансным явлениям. Отстройка динамической реакции по основным формам собственных колебаний в этом случае может осуществляться выполнением условия непопадания частот этих форм в определенный интервал частот вихрей дорожек Кармана.

Для быстровозводимых многократно используемых конструкций снижение несущей способности даже при сохранении характеристик их динамических жесткостей необходимо учитывать двустороннее уменьшение резерва прочности.

В данной работе предлагаемый метод определения характеристик случайной величины резерва прочности отдельных элементов конструкций при двусторонних толерантных оценках предлагается использовать в условиях как малоциклового (статического), так и многоциклового (динамического) нагружения для решения задач определения ресурса, как отдельных элементов, так и всей конструкции при различном распределении прочности её элементов.

### Описание расчетной модели и алгоритм

За исходную модель было принято сооружение (смотровая трибуна) высотой 19 м. Периметр сооружения  $19 \times 46$  м, которая состоит из двух частей, из самой трибуны и навеса. Система является модульной и состоит из следующих основных элементов: винтовых домкратов, стоек, ригелей, диагоналей и настила. Стойки, ригели и диагонали выполнены из трубы диаметром 48,3 мм и толщиной стенки 3,2 мм (рис. 1). Такое сооружение не требует фундамента и может монтироваться, например, на деревянные подкладки [5, 7, 9].

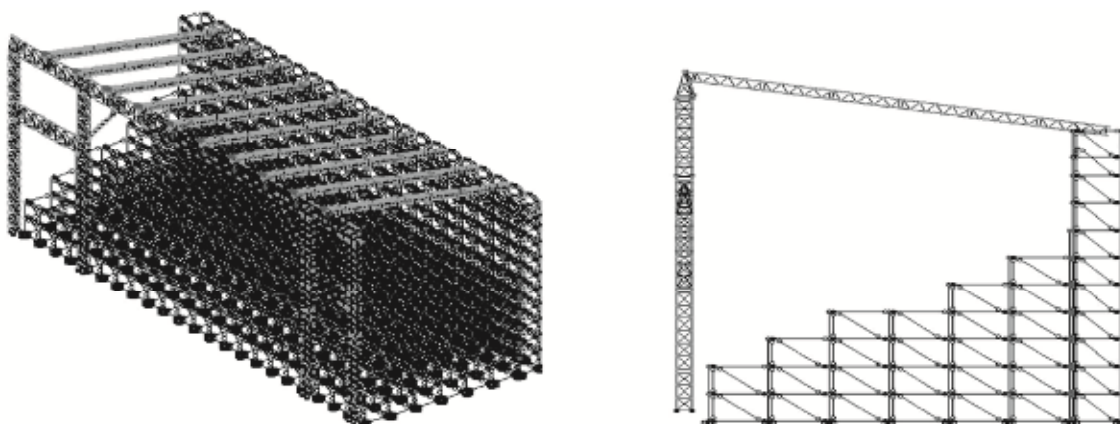


Рис. 1. Исходная схема

Учитывая, что податливость элементов покрытия гораздо больше податливости основного сооружения, то формы соответствующие названным частотам в основном соответствуют элементам покрытия. Ниже приводятся фрагменты элементов покрытия (рис. 2).



Рис. 2. Формы собственных колебаний

Находясь под разными видами нагрузок и воздействий, система имеет разные формы собственных колебаний, в нашей работе мы рассмотрим три из них. Расчет частот собственных колебаний данной системы производился в программном комплексе ПК Лира-Сапр 2013. В табл. 1 приведены результаты расчета частот собственных колебаний конструкции.

Таблица 1

**Частоты собственных колебаний конструкции**

№ формы	Круговая частота (рад/сек)	Частота (Гц)	Период (с)	Коэф. распредел.	Мод. масса(%)	Сумма мод. масс (%)
1	3,442	0,547	1,825	0,207	0,0393	0,0393
2	3,613	0,575	1,738	0,205	0,0388	0,0781
3	3,393	0,587	1,701	0,211	0,0408	0,1191

Предполагаемый алгоритм действий:

- 1) Методом статистического моделирования исследовать вероятностные характеристики скоростей ветра;
- 2) Определить собственные частоты колебаний конструкции. Модальный анализ;
- 3) Определить диапазон частот вихревых воздействий и их вероятностные характеристики с надежностью 0,99 т. е. произвести вероятностный анализ;
- 4) Определить статические, квазистатические и пульсационное воздействие ветра;
- 5) Построить динамические реакции по основным формам собственных колебаний и проверить на резонанс;
- 6) Определить резерв прочности элементов конструкции от всех загружений ;
- 7) Определить ресурс при  $N=10^7$  (многоцикловой) нагруженности от повторных ветровых нагрузок.

Также существуют и другие методы решения подобных задач определения минимального возможного ресурса, например работа [6].

### Моделирование случайных величин

Рассматривались две случайные величины: частоты собственных колебаний сооружения, и частоты образования вихрей от ветровых воздействий, которые определяются случайным характером ветровых нагрузок. Были найдены диапазоны скоростей ветра (рис. 3) для конкретных условий (для г. Казани) и диапазоны частот собственных колебаний трех первых форм [3]. С использованием статистического моделирования нормального равномерного распределения случайных величин были определены характеристики этих величин: дисперсия, математическое ожидание, стандарт и доверительный интервал с вероятностью 0,99.

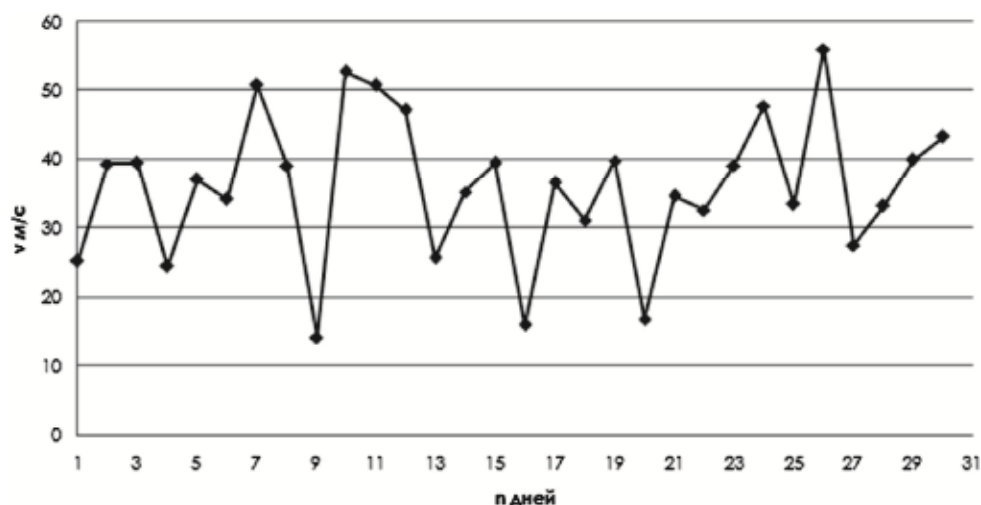


Рис. 3. График изменения скорости ветра в течение 1 месяца

От обтекания сооружения ветровым потоком, образуется дорожка Кармана, которая создает периодическое нагружение сооружения при срыве вихрей. Для определения частоты этих нагружений, необходимо определить число Re (Рейнольдса), а далее, связанное с ним безразмерный критерий Sh (число Струхалия) [4]:

$$R_e = \frac{\rho n d}{\mu_0}, \quad (1)$$

где  $\rho=1,293 \text{ кг/м}^3$  – плотность воздуха;

$v=5-60 \text{ м/с}$  – характерная скорость потока;

$d=1,3-46 \text{ м}$  – характерный размер, зависящий от направления потока;

$\mu_0=1,83 \times 10^{-3} \text{ Па}$  – вязкость воздуха.

Частоту срыва вихрей, число Струхалия и число Рейнольдса находим при скорости ветра 5-60 м/с.  $Re=0,459 \times 10^4-5,51 \times 10^4$  при 1,3 м,  $Re=1,625 \times 10^5-9,5 \times 10^5$  при 46 м.

Исходя из значений числа Рейнольдса по графику зависимости этих чисел, определяем, что число Струхалия равняется  $Sh=0,2$ . Зная это значение, мы можем определить частоту срыва вихрей, воспользовавшись следующей формулой:

$$f=Shv/d, \quad (2)$$

где  $n$  – скорость ветра, м/с;

$d$  – ширина соприкосновения потока ветра и сооружения, м;

$Sh$  – число Струхалия.

$f=(4,148-5,486) \text{ Гц}$  для  $d=1,3 \text{ м}$ , и  $f=(0,123-0,163) \text{ Гц}$  для  $d=46 \text{ м}$ , при доверительном интервале скоростей ветра (28,378-37,537) м/с.

В настоящее время нормативные и расчетные значения ветровой нагрузки необходимы для теоретического обеспечения надежности конструкций по методу предельных состояний. Действующими нормами допускается производить также расчет по заданному значению надежности вероятностными методами при наличии достаточных данных об изменчивости основных факторов, входящих в расчетные зависимости [10].

Учитывая неполноту данных о характере воздействия и самих ветровых нагрузках на этапе проектирования, для предварительной оценки минимального ресурса, мы используем методику СП 20.13330.2011 «Нагрузки и воздействия». С помощью специальной расчетной программы в Excel «Динамический расчет на ветровую нагрузку» (разработанной Ахметзяновым Р. И.) производим расчет на случайную ветровую квазистатическую нагрузку на элемент. Вводя исходные данные о сооружении, отстраиваем динамическую реакцию и определяем коэффициенты динамичности.

Основными характеристиками ветровой нагрузки является плотность воздуха  $\rho$  и скорость ветра  $n$ . Это следует из закона Бернулли, которое применяется для определения статической составляющей давления ветра [8]:

$$w = \frac{\rho v^2}{2}, \quad (3)$$

где  $n$  – средняя скорость ветра (м/сек).

При  $\rho=1,293 \text{ кг/м}^3$  определяется нормативное значение ветрового давления по СП 20.13330.2011 «Нагрузки и воздействия»:

$$w_0=0,43v^2, \quad (4)$$

где  $n$  – скорость ветра, соответствующая 10-ти минутному интервалу осреднения и превышаемая в среднем один раз в 50 лет. Коэффициент 0,43 учитывает разную обеспеченность ветрового давления и скорости ветра.

В нашем случае диапазон скоростей ветра определяется следующим образом:

$$v=v_0 \pm \beta \sigma, \quad (5)$$

где  $v_0$  – математическое ожидание скорости ветра;

$\beta$  – характеристика безопасности;

$\sigma$  – стандартное отклонение для скорости ветра.

С другой стороны, согласно СП 20.13330.2011 «Нагрузки и воздействия», средняя ветровая нагрузка определяется формулой:

$$w_m=w_0K(z)c, \quad (6)$$

где  $w_0$  – нормативное значение ветрового давления, зависящее от ветрового района;

$K=f(z)$  – коэффициент высоты, зависящий от типа местности;

$c$  – аэродинамический коэффициент давления ветра.

Также, нормативная величина пульсационной составляющей ветровой нагрузки определяется как некоторая доля от среднего значения:

$$w_p = w_m \zeta(z_e) v \mu, \tag{7}$$

где  $v$  – коэффициент корреляции пульсаций;

$\zeta(z_e)$  – коэффициент пульсаций давления ветра;

$\mu$  – коэффициент динамичности, значение которого приводится в табл. 2.

Таблица 2

**Коэффициенты динамичности колебаний конструкции**

$v, \text{Гц}$	$\mu_1$	$\mu_2$	$\mu_3$	$\mu$
0,110	1,042	1,038	1,036	1,042
0,219	1,191	1,170	1,162	1,191
0,329	1,564	1,487	1,456	1,564
0,439	2,797	2,395	2,257	2,787
0,549	62,144	10,996	7,673	62,144

По полученным результатам можно сказать, что скачок проявляется при первой форме собственных колебаний, где значение коэффициента динамичности самое высокое (рис. 4).

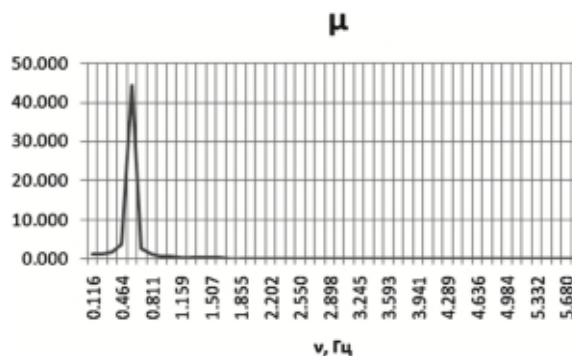


Рис. 4. График зависимости коэффициента динамичности от частоты образования вихрей

По первой частоте коэффициент получился самым большим, тем самым можно прогнозировать, что резонансное явление проявится по этой форме собственных колебаний. Таким образом, в заданном диапазоне возникает одна резонансная частота, которую мы видим на графике зависимости коэффициента динамичности от частоты срыва вихрей и далее считаем ресурс по данной частоте. По этой же программе, мы определяем максимальную квазистатическую ветровую нагрузку на элементы конструкции, и далее зная остальные нагрузки и несущую способность из детерминированного расчета, определяем резерв прочности элементов конструкции.

Далее, используя методы и алгоритмы приближенного анализа прочности и ресурса элементов конструкций, приведенные в работе Лукашенко В.И., Минсагирова М.Ф., Ахметзянова Р.И. «Определение ресурса статически определимой системы при заданных параметрах случайных величин», определяем характеристики случайной величины резерва прочности отдельных элементов конструкций, при двусторонних толерантных оценках.

Исходные данные взяты из расчета на ПК Лири-Сапр 2013 на ветровую нагрузку с учетом случайных характеристик ветрового давления, пульсаций ветра и случайной характеристики материала (стали) максимально нагруженных элементов. Проведя анализ числа опасных сечений из максимально нагруженных, выделяем 18 самых нагруженных элементов конструкции. В табл. 3-4 приведены исходные данные для этих элементов.

Таблица 3

**Для внутренних силовых факторов**

$N_{\text{раст}}$	$N_{\text{сж}}$	$\sigma N_{\text{раст}}$	$\sigma N_{\text{сж}}$	$VN_{\text{раст}}$	$VN_{\text{сж}}$
64,44	441,57	6,8	47,9	0,1055245	0,10848

Таблица 4

Для несущей способности

$N_{раст}$	$N_{сж}$	$\sigma N_{раст}$	$\sigma N_{сж}$	$VN_{раст}$	$VN_{сж}$	$k_0 N_{раст}$	$k_0 N_{сж}$
264,68	748,64	28,9	69,8	0,1091885	0,09324	0,74603	0,783134

Дальнейшие расчеты ресурса проводим как определение числа повторных нагружений до исчерпания полученного резерва прочности с заданной надёжностью. Для невыгоднейшего сочетания постоянной и временных нагрузок в условиях повторных нагружений определяем и строим графики резерва прочности по табл. 5 (рис. 5) при повторении нагрузки от  $lgN = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7$  (многоциклового усталости) при несущей способности:  $N_{раст}=264,68$  кН (м. о.) и  $N_{сж} = 748,64$  кН (м. о.)

Таблица 5

Резерв прочности

$lg(N)$	0	1	2	3	4	5	6	7
$SN_{сж}$	198	197,27	196,66	196,14	195,67	195,24	194,84	194,47
$SN_{раст}$	291,31	286,14	281,88	278,18	274,87	271,85	269,05	266,44

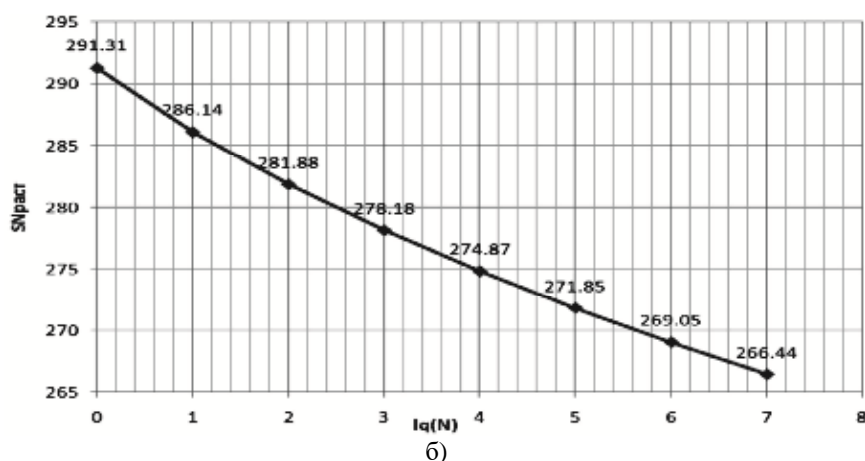
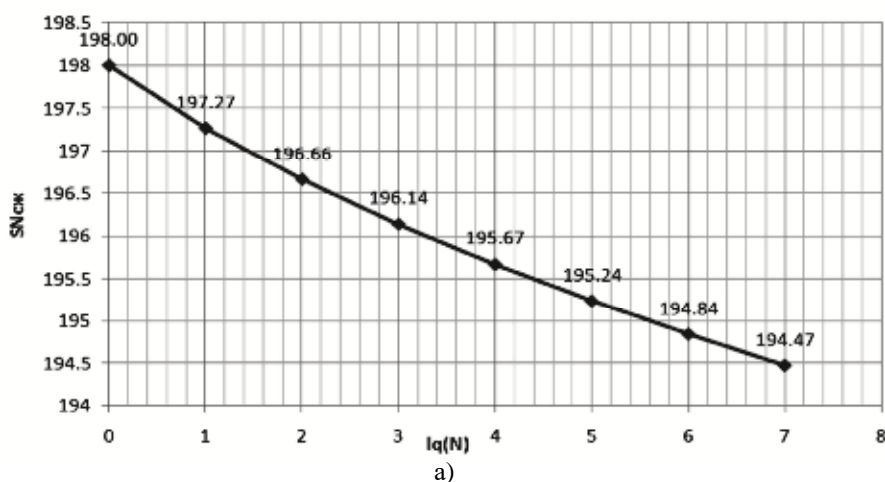


Рис. 5. Графики резерва прочности: а – для сжатых элементов; б – для растянутых элементов

Как видно из рис. 5, резерв прочности элементов конструкции не исчерпывается при  $N=10^7$  повторений, тем самым означает, что при однократном цикле ( $N=1$ ) приложении нагрузки (со статистикой  $n=30$  нормального распределения по Гауссу) с вероятностью 0,99 разрушения не будет. Строим номограммы резерва прочности по табл. 6 (рис. 6) для значений полученных выше с учетом изменения предельной несущей способности для  $ns=1$  и  $ns=18$ .

Таблица 6

Область номограмм резерва прочности

lq(N)	0	1	2	3	4	5	6	7
SN <sub>сж</sub> , ns=1	198	197,27	196,66	196,14	195,6692	195,24	194,843	194,4719
SN <sub>сж</sub> , ns=18	194,98	194,24	193,64	193,12	192,6457	192,22	191,82	191,4485
SN <sub>раст</sub> , ns=1	291,31	286,14	281,88	278,18	274,8728	271,85	269,054	266,4391
SN <sub>раст</sub> , ns=18	270,02	264,84	260,58	256,88	253,5751	250,55	247,756	245,1413

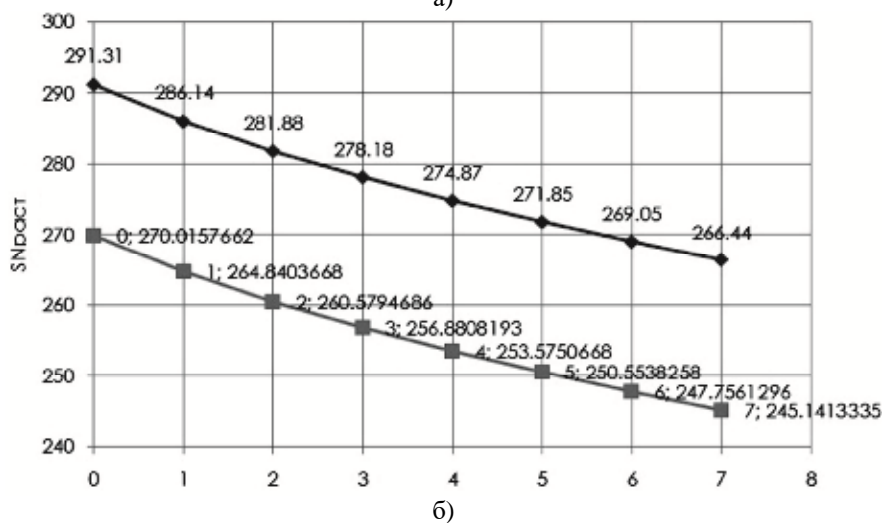
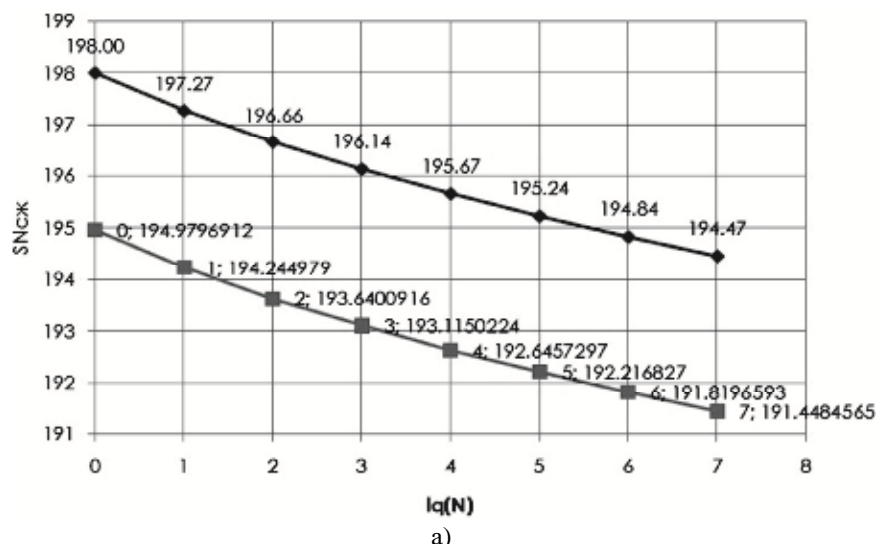


Рис. 6. Области номограмм резерва прочности при ns=1 и ns=18:  
 а – для сжатых элементов; б – для растянутых элементов

**Заключение**

Можно сказать, что резерв прочности этого элемента и конструкции в целом не исчерпывается. По результатам исследования максимально сжатых и максимально растянутых элементов покрытия, резерв прочности не исчерпывается при  $N=10^7$ . Учитывая частоту и зная период можно определить реальное время работы конструкции, которая равняется  $T_{pec} = \frac{1}{f} \cdot 10^7 = \frac{1}{0,547} \cdot 10^7 = 18281535,649 \text{сек}$ . Чтобы выяснить сколько это время составляет в годах  $\frac{T_{pec}}{365 \cdot 24 \cdot 60 \cdot 60} = \frac{18281535,649}{31536000} = 0,5820д$  т.е. примерно 210 дней, что вполне достаточно для таких временных сооружений.

**Список библиографических ссылок**

1. Ржаницын А. Р. Теория расчета строительных конструкций на надежность. М. : Стройиздат, 1978. 240 с.
2. Болотин В. В. Методы теории вероятностей и теории надежности в расчетах сооружений. М. : АН СССР, 1977. С. 86–93.
3. Куприянов В. Н., Альтапов С. Р. Моделирование ветровых воздействий изменением формы здания // Известия КГАСУ. 2016. № 2 (36). С. 100–104.
4. Лукашенко В. И., Барханов А. И., Вафина Д. А. Анализ эффективности применения КТП для отстройки колебаний высотных зданий при действии ветровых нагрузок // Известия КГАСУ. 2015. № 2 (32). С. 161–167.
5. Хайдаров Л. И., Шмелев Г.Н., Зиятдинов Э.К. Построение расчетных схем мобильных пространственных стержневых конструкций, моделирующих их действительную работу // Известия КГАСУ. 2017. № 2 (40). С. 139–145.
6. Уткин В. С., Плотникова О. С. Оценка надежности конструкций при неполной статистической информации // Вестник НовГУ. 2005. № 34. С. 118–121.
7. Antoniou N., Nikolaidis Th., Baniotopoulos C. C. Designing long-span steel girders by applying displacement control concepts // Engineering Structures. 2014. Vol. 59. February. P. 21–27.
8. Davenport A. G. The spectrum of horizontal gustiness near the ground in high winds // Journal of the Royal Meteorological Society. 1961. Vol. 87. April. P. 194–214.
9. Kowal Z. The formation of space bar structures supported by the system reliability theory // Archives of civil and mechanical engineering. 2011. Vol. 11. P. 115–133.
10. Шмелев Г. Д., Головина Н. В. Прогнозирование надежности и остаточного ресурса строительных конструкций с использованием метода линеаризации в условиях ограниченной статистической информации : сб. трудов международной научно-практической конференции – Современные проблемы и пути их решения в науке, транспорте, производстве и образовании – 2012 / Куприенко. Одесса, 2012. С. 100–107.

**Lukashenko Viktor Ivanovich**

candidate of technical sciences, associate professor

E-mail: [vil\\_06\\_4444@mail.ru](mailto:vil_06_4444@mail.ru)

**Abdullin Fannur Faridovich**

student

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

**Kazan State University of Architecture and Engineering**

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

**Ahmetzyanov Rustem Ildarovich**

engineer

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

**LTD «Tatgrazhdanproekt»**

The organization address: 420140, Russia, Kazan, Y. Fuchika st., 98A

**Statement of the task of determining the resource of individual elements and the entire structure under the action of random wind loads****Abstract**

*Problem statement.* The aim of the study is to identify the resource as separate elements and the whole structure depending on the different distribution of the strength of its elements.

*Results.* The main results of the study are that in contrast to the unilateral evaluation of the values of the random variable loading in the determination of reserve of strength under repeated static loads in the case of wind loads to ensure a specified level of reliability required bilateral interval estimation of random frequency multi-cycle (dynamic) loading. The paper presents a General algorithm for calculating the minimum resource element of steel structures and structures in General, depending on the different distribution of the strength of its elements

*Conclusions.* The significance of the obtained results for the construction industry is that, based on the developed algorithm for solving the problem, the change in the strength reserve of elements and the structure as a whole under multi-cycle loading is modeled reliably, providing the ability to determine the design resource and the real time of its operation.

**Keywords:** vibrations, random variable, resource, wind load, reserves of strength, high cycle fatigue and reliability.

### References

1. Rzhantsyn A. R. Theory of design of structures for reliability. M. : Stroizdat, 1978. 240 p.
2. Bolotin V. V. Methods of probability theory and reliability theory in calculations of structures. M. : AN SSSR, 1977. P. 86–93.
3. Kupriyanov V. N., Altapov S. R. Modeling of wind actions by changing of a form of the building // *Izvestiya KGASU*. 2016. № 2 (36). P. 100–104.
4. Lukashenko V. I., Barkhanov A. I., Vafina D. A. Effectiveness analysis of STO application for frequency spectrum adjustment of high rise building under the wind loads // *Izvestiya KGASU*. 2015. № 2 (32). P. 161–167.
5. Khaidarov L. I., Shmelev G. N., Ziyatdinov E. K. Construction of computational schemes of mobile spatial bar structures modeling their actual work // *Izvestiya KGASU*. 2017. № 2 (40). P. 139–145.
6. Utkin V. S., Plotnikova O. S. Estimation of the reliability of structures with incomplete statistical information // *Vestnik NovGU*. 2005. № 34. P. 118–121.
7. Antoniou N., Nikolaidis Th., Baniotopoulou C. C. Designing long-span steel girders by applying displacement control concepts // *Engineering Structures*. 2014. Vol. 59. February. P. 21–27.
8. Davenport A. G. The spectrum of horizontal gustiness near the ground in high winds // *Journal of the Royal Meteorological Society*. 1961. Vol. 87. April. P. 194–214.
9. Kowal Z. The formation of space bar structures supported by the system reliability theory // *Archives of civil and mechanical engineering*. 2011. Vol. 11. P. 115–133.
10. Shmelev G. D., Golovina N. V. Prediction maintainability and remaining life of building constructions using a method of linearization in conditions of limited of statistical information : dig. of art. of the international scientific and technical conference – Modern problems and their solutions in the science, transportation, manufacturing and education – 2012 / Kupriyenko. Odessa, 2012. P. 100–107.



УДК 692.23

**Свирский Максим Николаевич**

студент

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

**Бочкарева Татьяна Михайловна**

кандидат технических наук, доцент

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

**Пермский национальный исследовательский политехнический университет**

Адрес организации: 614990, Россия, г. Пермь, Комсомольский проспект, д. 29

### **Исследование прочностных характеристик каменной кладки, армированной тканым композитным материалом**

#### **Аннотация**

*Постановка задачи.* Цель исследования – выявить характер работы каменной кладки, выполненной на тонкослойных растворных и клеевых швах с использованием стеклоткани в качестве арматуры. Авторами статьи выявлена актуальность проблемы внедрения каменной кладки на тонких растворных швах при возведении зданий и сооружений.

*Результаты.* Проведен анализ существующих систем армирования каменной кладки, составлена общая схема их классификации. По результатам анализа нормативной, периодической литературы и патентного поиска определена необходимость разработки системы армирования кладки с использованием композитных тканых материалов в тонких растворных и клеевых швах [1-10]. Проведено экспериментальное исследование предлагаемой системы армирования. Описана методика проведения испытания, приведены схемы разработанных авторами образцов. Произведена первичная математическая обработка экспериментальных данных. Построена диаграмма предела прочности на изгиб испытуемых образцов. Сформулированы выводы по результатам проведенных испытаний.

*Выводы.* Значимость полученных результатов для строительной отрасли состоит в оценке эффективности предложенной системы армирования. Применение композитного материала в качестве армирующих слоев оказывает увеличение предела прочности кирпича на изгиб.

**Ключевые слова:** стеклоткань, композитные материалы, усиление кладки, армирование кладки, система армирования, каменная кладка, кирпичная кладка.

#### **Введение**

Армирование каменной кладки предназначено для предотвращения дефектов и повреждений каменных конструкций. Армирование горизонтальных швов каменной кладки служит для повышения трещиностойкости и несущей способности конструкций, надежной анкеровки слоев кладки в продольных и поперечных стенах.

Кладка зданий из изделий высокой точности изготовления получает все большее распространение, следовательно, вопросы армирования кладки с тонкими растворными швами становятся актуальными. Процесс выполнения кладки на тонких растворных и клеевых швах менее трудоемок, обладает меньшим расходом раствора, имеет пониженный коэффициент теплопроводности, кроме того, кладка на тонкослойных швах имеет повышенную несущую способность.

На основании анализа существующих методов армирования кладки авторами разработана классификация, представленная на рис. 1. Выявлено, что существующие методы армирования кладки, выполняемой на кладочных растворах, не исключают многих причин возникновения дефектов и повреждений каменных конструкций. Кладка, выполняемая из изделий высокой точности с тонкослойными неармированными швами, не обеспечивает повышение надежности каменных зданий и сооружений. Авторами предлагается разработать и исследовать характер работы системы армирования каменных конструкций на тонкослойных растворных швах, в том числе клеевых, с помощью тканого композитного материала.

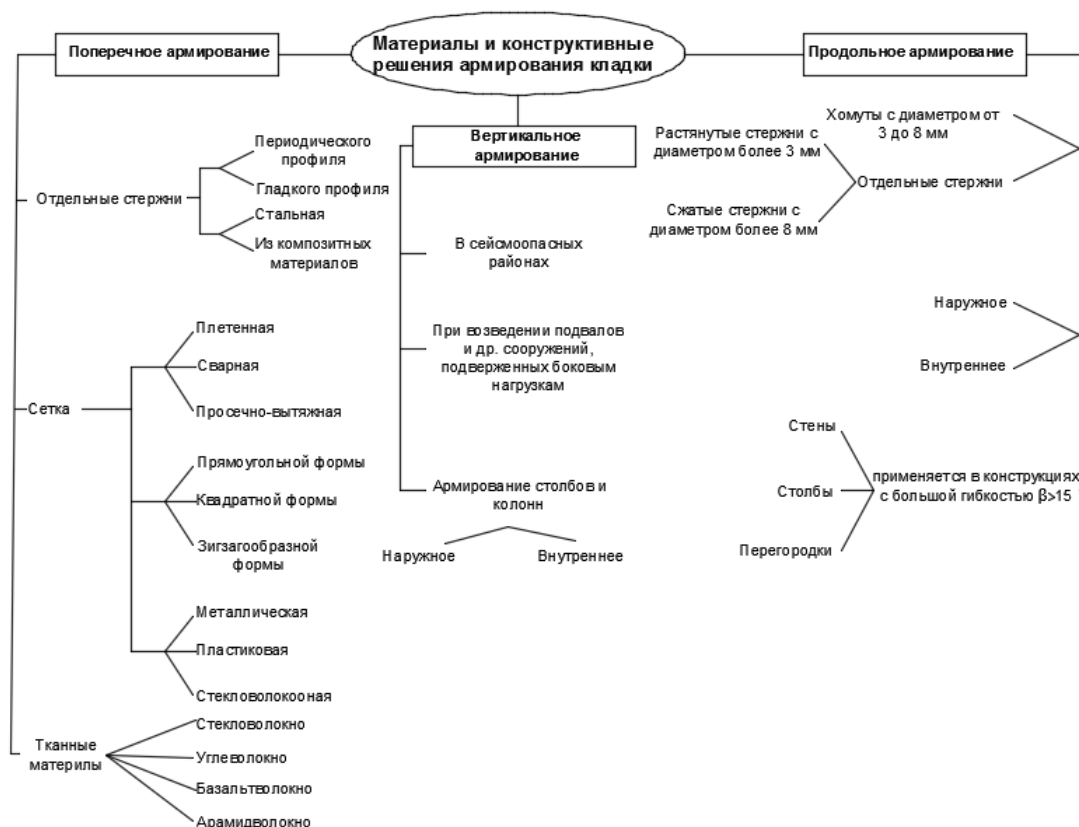


Рис. 1. Классификация методов армирования кладки

**Описание образцов эксперимента**

Определение влияния системы армирования ткаными материалами кладки на ее прочностные и деформационные характеристики проводилось на образцах, изготовленных из керамических полнотелых кладочных кирпичей. Схематичное отображение испытываемых образцов приведено на рис. 2.

Образцы изготавливались из полнотелого керамического кирпича КР-Р-ПО 250\*120\*65/1НФ/150/2,0/50/ГОСТ 530-2012.

Для выполнения образцов с тонкими швами толщиной 3-5 мм применялась клеевая растворная смесь М75 заводского изготовления в соотношении 1 кг сухого состава на 0,24 л воды.

В качестве армирующего материала использовалась стеклоткань. Стеклоткань значительно дешевле и доступней относительно других композитных материалов, таких как углеволокно, «Арамид», но при этом не уступает им по прочности на разрыв (табл. 1).

Таблица 1

**Сравнение физико-механических характеристик различных композитных материалов и стали**

Материал	Модуль Юнга, ГПа	Предел прочности при растяжении, МПа	Деформация при разрыве, %	Удельный вес, гр/см <sup>3</sup>
Углеволокно	240-280	3500	1,6-1,73	1,75
Стекловолокно	85-90	2500	4,5-5,5	2,46-2,49
Арамид	120	3200	1,0-2,5	1,44
Сталь	206	250-400 (текучесть) 350-600 (разрыв)	20-30	7,8

Примечание: данные представлены из различных каталогов производителей данной продукции.

### Описание эксперимента

На этапе экспериментальных работ проведены 4 серии испытания, в каждой из которых испытывались по 3 образца. Для проведения испытания все образцы были отобраны из одной партии кирпича. Образцы серии испытаний № 1 (рис. 2а) выполнены из кирпича с тонким слоем клевого раствора, нанесенного на постелистые грани кирпича. Образцы серии испытаний № 2 (рис. 2б) представляют собой изделие с армированием тонкого растворного шва тканым композитным материалом. Образцы серии испытаний № 3 (рис. 2в) моделируют каменное изделие с двойным армированием тонкого растворного шва тканым композитным материалом по нижней постелистой грани кирпича. Двойное армирование в нижней зоне, выполненное внахлест, моделирует анкеровку композитного тканого материала в каменной кладке. Образцы серии испытаний № 4 представляют собой полнотелые керамические кирпичи.

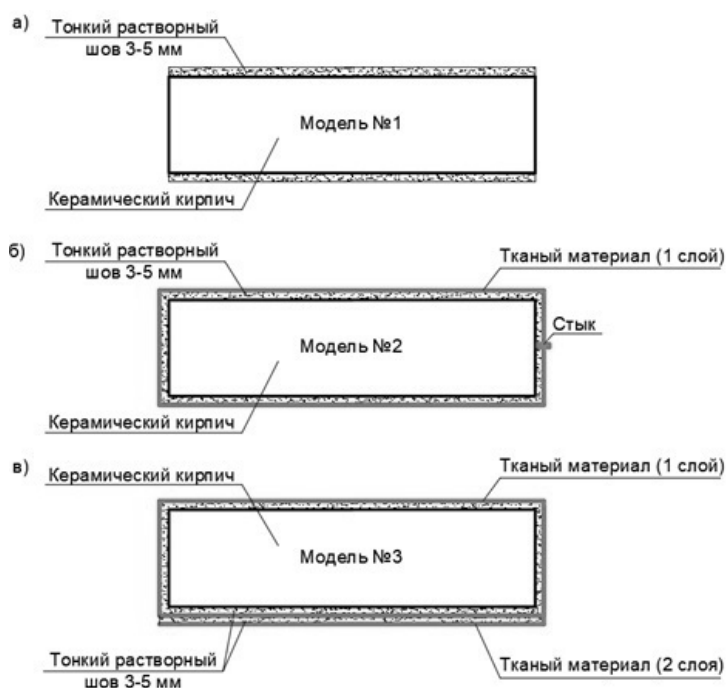


Рис. 2. Образцы моделей:

- а) полнотелый керамический кирпич с тонкими растворными швами без армирования (модель № 1);
- б) полнотелый керамический кирпич, армированный тканым материалом со стыком на тычковой грани (модель № 2);
- в) полнотелый керамический кирпич, армированный тканым материалом в два слоя в зоне растяжения (модель № 3)

Определение влияния системы армирования на прочность кладочных элементов на изгиб проводилось в соответствии с положениями ГОСТ 8462-85. Схема испытаний приведена на рис. 3.

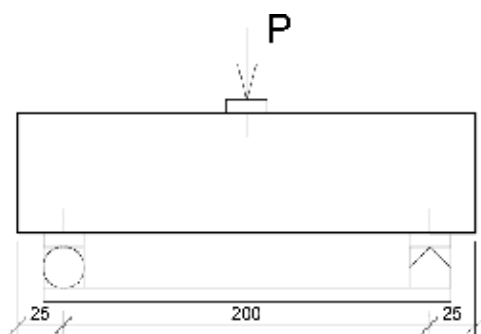


Рис. 3. Схема испытания кирпича на изгиб с использованием испытательной платформы ПИК

Разрушение образцов проводилось с помощью гидравлического пресса ПГМ-500МГ4А и испытательной платформы ПИК, имеющей две опоры на расстоянии 200 мм одна от другой. Общий вид гидравлического пресса и платформы ПИК представлен на рис. 4.



Рис. 4. Общий вид гидравлического пресса ПГМ-500МГ4А

С целью оценки прироста прочности на изгиб у кирпича с клеевыми растворными швами толщиной 3 мм (образцы модели № 1) проведена серия испытаний № 1 (рис. 2а). Для определения эффективности системы армирования тонкослойных клеевых швов тканым материалом (образцы модели № 2) проведена серия испытаний образцов № 2 (рис. 2б). Серия испытаний № 3 (рис. 2в) проведена с целью выявления наличия эффекта защемления армирующей ткани в массиве кладки (образцы модели № 3). Для оценки полученных результатов проведена серия испытаний № 4 (рис. 2г) кирпича без клеевого и армирующего слоя (образцы модели № 4).

Характер разрушения образцов всех типов моделей представлен на рис. 5.

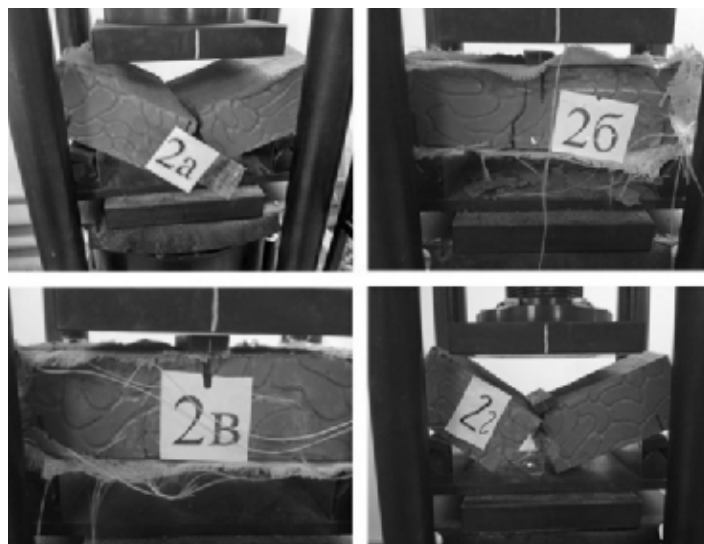


Рис. 5. Характер разрушения второй партии образцов в каждой серии испытаний:  
 а) полнотелый керамический кирпич с тонкими растворными швами без армирования (модель № 1);  
 б) полнотелый керамический кирпич, армированный тканым материалом со стыком на тычковой грани (модель № 2);  
 в) полнотелый керамический кирпич, армированный тканым материалом в два слоя в зоне растяжения (модель № 3); г) полнотелый керамический кирпич

Результаты экспериментов сведены в табл. 2.

Таблица 2

**Результаты эксперимента по определению прочности на изгиб армированных образцов**

Номер образца в сериях испытаний, №	Р – наибольшая нагрузка, установленная при испытании образца, кН			
	Серия испытаний № 1 (модель № 1)	Серия испытаний № 2 (модель № 2)	Серия испытаний № 3 (модель № 3)	Серия испытаний № 4 (модель № 4)
1	4,67	4,90	6,25	4,21
2	4,65	5,33	7,28	3,69
3	4,58	5,13	4,36	4,46

Наибольшим пределом прочности на изгиб обладают образцы моделирующие характер анкеровки системы армирования в массиве кладки, т.е. имеющие два слоя тканого материала в зоне растяжения, характер разрушения данных образцов представлен на рис. 6.

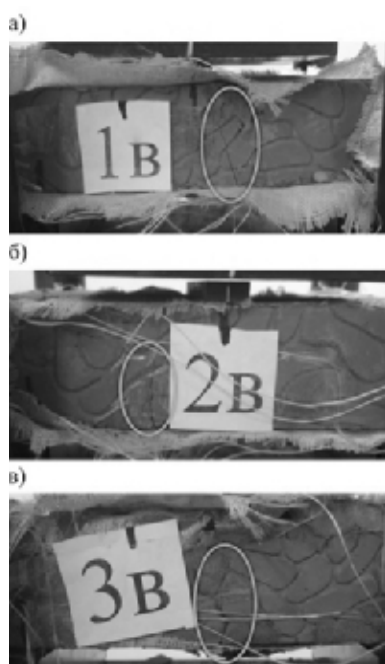


Рис. 6. Характер разрушения образцов с двойным армированием, расположенным в зоне растяжения

Образцы с двойным армированием, расположенным в зоне растяжения, не имеют полного разлома кирпичей по сравнению с неармированными образцами, а также отличаются наименее выраженными деформациями в виде несквозных трещин по сравнению с образцами кирпичей, выполненных с однослойным армированием.

Произведена первичная математическая обработка экспериментальных данных. По полученным результатам для каждой серии испытаний просчитаны среднеарифметические значения предела прочности на изгиб по формуле (1) и среднеквадратичное отклонение единичного результата по формуле (2). Результаты сведены в табл. 3.

$$\bar{y} = \frac{y_1 + y_2 + \dots + y_n}{n} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i, \quad (1)$$

где  $y_i$  – полученный результат эксперимента;  $n$  – число повторностей измерения.

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}, \quad (2)$$

Таблица 3

**Определение статических величин экспериментальных данных  
для исключения грубых ошибок**

Серия испытаний №	Среднеарифметическое значение предела прочности на изгиб ( $\bar{y}$ )	Среднеквадратичное отклонение ( $\sigma$ )
1	4,63	0,047
2	5,12	0,215
3	5,96	1,48
4	4,12	0,393

Исключены грубые ошибки из экспериментальных данных при помощи критерия Стьюдента (3):

$$\left| \frac{y_i - \bar{y}}{\sigma} \right| \geq t, \quad (3)$$

где  $t$  – значение из распределительной таблицы Стьюдента. Коэффициент Стьюдента в зависимости от доверительной вероятности  $P$  и числа степеней свободы  $f$  ( $f=n-1$ ) принят равным  $t=2,920$ .

По результатам эксперимента определен предел прочности на изгиб, МПа (4). Результаты отображены на диаграмме, представленной на рис. 7.

$$R_{\text{изг}} = \frac{3 \cdot P \cdot l}{2 \cdot b \cdot h^2}, \quad (4)$$

где  $P$  – наибольшая нагрузка, установленная при испытании образца, МН;

$l$  – расстояние между осями опор, м;

$b$  – ширина образца, м;

$h$  – высота образца в середине пролета без выравнивающего слоя, м.

Предел прочности при изгибе вычислен с точностью до 0,05 МПа, как среднеарифметическое значение результатов испытаний образцов из одной серии эксперимента. Значения предела прочности на изгиб у каждой модели образцов представлен на рис. 7.

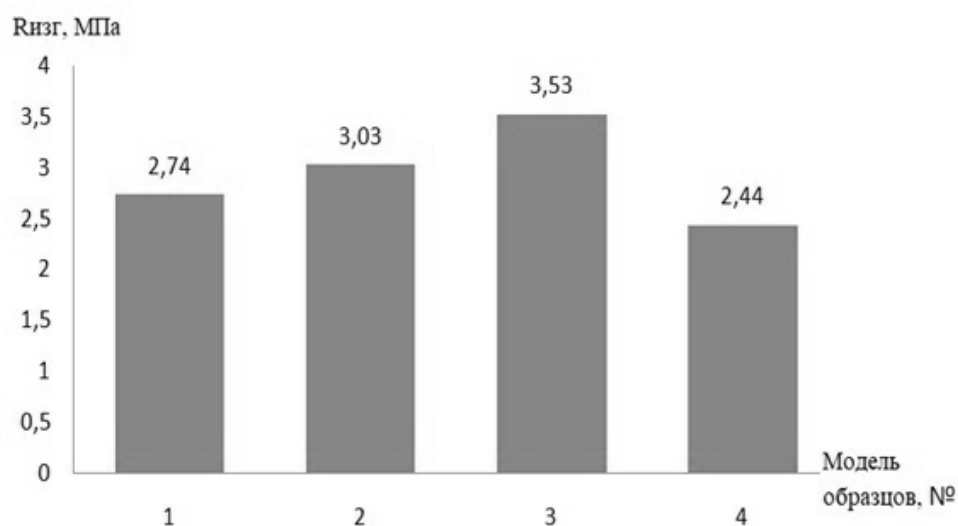


Рис. 7. Диаграмма предела прочности испытуемых образцов на изгиб:

- 1) полнотелый керамический кирпич с тонкими растворными швами без армирования (модель № 1);
- 2) полнотелый керамический кирпич, армированный тканым материалом со стыком на тычковой грани (модель № 2);
- 3) полнотелый керамический кирпич, армированный тканым материалом в два слоя в зоне растяжения (модель № 3);
- 4) полнотелый керамический кирпич

### Заключение

По результатам проведенных испытаний сформулированы следующие выводы:

1. Наибольшим пределом прочности на изгиб обладают образцы с двойным слоем тканого материала в зоне растяжения (модель образцов № 3), моделирующие характер работы системы армирования в массиве кладки.

2. Кирпич на тонком растворном шве с армирующей тканью обладает пределом прочности на изгиб в 1,45 раз больше, по сравнению с прочностью кирпича без раствора и соответственно, без тканого армирования.

3. Эффективность предлагаемой системы армирования оценена в сравнении с моделью образца с неармированным растворным швом: предел прочности на изгиб образцов с армированием стеклотканью в один слой в нижней зоне превышает на 10,6 %, у образцов с двойным армированием в нижней зоне предел прочности на изгиб больше на 28,8 %.

4. Армированные образцы обладают наименее выраженным характером разрушения. Разрушение кирпича, армированного стеклотканью, происходит не по всей высоте кирпича без образования сквозных трещин и разломов. Стеклоткань служит оболочкой, сохраняющей целостную форму кирпича, даже после его разрушения.

### Список библиографических ссылок

1. Стаценко А. С. Технология каменных работ в строительстве. Минск : Высшая Школа, 2010. 255 с.
2. Никулин В. С. Полимеркомпозитная арматура в каменной кладке стен / Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова. 2016. С. 896–899.
3. Деркач В. Н. Прочность нормального сцепления цементных растворов в каменной кладке // Инженерно-строительный журнал. 2012. № 7 (33). С. 6–13.
4. Грановский А. В., Джамуев Б. К., Доттуев А. И. Применение композитной сетки на основе базальтового волокна для усиления каменной кладки // Промышленное и гражданское строительство. 2016. № 5. С. 31–35.
5. Nardone F., Prota A., Manfredi G. Design criteria for FRP seismic strengthening of masonry walls // The 14th World Conference on Earthquake Engineering October 12-17, 2008, Beijing, China.
6. Michelis P., Papadimitriou C., Karaiskos G. Full-scale shake table experiments and vibration tests for assessing the effectiveness of textile materials for retrofitting masonry buildings // III ECCOMAS Thematic Conference on Computational Methods in Structural Dynamics and Earthquake Engineering May 25-28, 2011, Corfu, Greece.
7. Старцев С. А., Сундукова А. А. Усиление кирпичной кладки композитными материалами и винтовыми стержнями // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2014. № 6 (21). С. 17–31.
8. Хаткевич А. М., Гринев В. Д., Гиль А. И. Работа кирпичной кладки с сетчатой арматурой // Вестник Полоцкого Государственного Университета. серия f: Строительство. Прикладные науки. 2014. № 16. С. 20–27.
9. Jai J. C. Reinforcing masonry walls with composite materials. PhD dissertation. Stanford University. USA, 2000.
10. Comparison of mechanical properties of glass fiber/vinyl ester and carbon fiber/vinyl ester composites / Wonderly Christopher, Grenstedt Joachim, Fernlund Göran, Сёрус Elvis // Composites. B. 2005. № 5. P. 417–426.

**Svirskiy Maksim Nikolaevich**

student

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

**Bochkareva Tatyana Mihailovna**

candidate of technical sciences, associate professor

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

**Perm National Research Polytechnic University**

The organization address: 614990, Russia, Perm, Komsomol'skii pr-t, 29

## Research of strength characteristics of masonry reinforced with woven composite material

### Abstract

*Problem statement.* The aim of the research – to reveal the nature of the work of masonry made on thin-layer mortar and glue seams using fiberglass as an armature. The authors of the article revealed the urgency of the problem of the introduction of masonry on thin mortar joints during the erection of buildings and structures.

*Results.* The analysis of existing systems of masonry reinforcement is carried out, the general scheme of their classification is made. Based on the results of the analysis of regulatory, periodical literature and patent searches, the need has been determined for the development of a masonry reinforcement system using composite woven materials in thin mortar and glue joints [1-10]. An experimental study of the proposed reinforcement system was carried out. The technique of the test is described, the schemes of the samples developed by the authors are given. The primary mathematical processing of the experimental data was carried out. The diagram of the ultimate strength for bending of the test samples is constructed. Conclusions on the results of the tests are formulated.

*Conclusions.* The significance of the results obtained for the construction industry is to assess the effectiveness of the proposed reinforcement system. The use of composite material as reinforcing layers has an increase in the strength of bricks for bending.

**Keywords:** fiber glass fabric, composite materials, strengthening of masonry, reinforcing of masonry, system of reinforcing, masonry, brickwork.

### References

1. Statsenko A. S. Technology of stone works in construction. Minsk : Vysshaja shkola, 2010. 255 p.
2. Nikulin V. S. Polymer-composite reinforcement in masonry walls. / The international scientific and technical conference of young scientists BGTU of V.G. Shukhov. 2016. P. 896–899.
3. Derkach V. N. Strength of normal adhesion of cement mortars in masonry. // Inzhenerno-stroitel'nyy zhurnal. 2012. № 7 (33). P. 6–13.
4. Granovskii A. V., Dzhamuev B. K., Dottuev A. I. The use of a composite mesh based on basalt fiber to strengthen the masonry. Industrial and civil engineering. 2016. № 5. P. 31–35.
5. Nardone F., Prota A., Manfredi G. Design criteria for FRP seismic strengthening of masonry walls // The 14<sup>th</sup> World Conference on Earthquake Engineering October 12-17, 2008, Beijing, China.
6. Michelis P., Papadimitriou C., Karaiskos G. Full-scale shake table experiments and vibration tests for assessing the effectiveness of textile materials for retrofitting masonry buildings // III ECCOMAS Thematic Conference on Computational Methods in Structural Dynamics and Earthquake Engineering May 25-28, 2011, Corfu, Greece.
7. Startsev S. A., Sundukova A. A. Strengthening of brickwork with composite materials and screw rods. Construction of unique buildings and constructions. 2014. № 6 (21). P. 17–31.
8. Khatkevich A. M., Grinev V. D., Gil' A. I. The work of masonry with mesh fittings. Vestnik Polotskogo Gosudarstvennogo Universiteta. serii f: Stroitel'stvo. Prikladnye nauki. 2014. № 16. P. 20–27.
9. Jai J. C. Reinforcing masonry walls with composite materials. PhD dissertation. Stanford University. USA, 2000.
10. Comparison of mechanical properties of glass fiber/vinyl ester and carbon fiber/vinyl ester composites / Wonderly Christopher, Grenestedt Joachim, Fernlund Göran, Cēpus Elvis // Composites. B. 2005. № 5. P. 417–426.





УДК 624.131.522:691.4

**Мирсаяпов Илизар Талгатович**

доктор технических наук, профессор

E-mail: [mirsayapov1@mail.ru](mailto:mirsayapov1@mail.ru)

**Сабирзянов Даниль Дамирович**

аспирант, ассистент

E-mail: [danil198900@mail.ru](mailto:danil198900@mail.ru)

**Казанский государственный архитектурно-строительный университет**

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

### **Несущая способность основания фундаментов при комбинированных, чередующихся, длительно статических и циклических нагрузениях**

#### **Аннотация**

*Постановка задачи.* Существующие методы расчета по несущей способности и деформациям, в основном, разработаны для кратковременного статического или циклического нагружений, с учетом, что данные нагружения постоянны на все время строительства и эксплуатации здания или сооружения, и которые не в состоянии учитывать особенности деформирования оснований фундаментов при комбинированных, чередующихся, длительно статических и циклических нагружениях.

Цель исследования – усовершенствование метода аналитического расчета несущей способности, учитывая изменения деформационных и прочностных свойств глинистых грунтов в условиях трехосного напряженного состояния, при комбинированных, чередующихся, длительно статических и циклических нагружениях.

*Результаты.* По результатам экспериментальных исследований, получены графические и аналитические формы описания изменения исходных и трансформированных диаграмм деформирования глинистых грунтов при комбинированных, чередующихся, циклических и длительно статических нагружениях, изменение прочностных и деформационных свойств грунтов.

*Выводы.* Значимость полученных результатов для строительной отрасли состоит в разработанном уравнении предельной несущей способности грунтового основания при комбинированных, чередующихся, длительно статических и циклических нагружениях, учитывающие одновременное изменение реологических и прочностных характеристик грунтов, процесс упрочнения, а также режимы нагружения.

**Ключевые слова:** трехосное сжатие, глинистые грунты, статическое нагружение, циклическое нагружение, комбинированное нагружение, несущая способность, трансформированная диаграмма, прочность, удельное сцепление, упрочнение.

#### **Введение**

В действующих нормах проектирования существующие методы расчета по несущей способности и деформациям, в основном, разработаны для кратковременного статического или циклического нагружений, с учетом, что данные нагружения постоянны на все время строительства и эксплуатации здания или сооружения. Однако, принятые нормативные аналитические расчеты не в состоянии учитывать особенности деформирования оснований фундаментов при последовательном чередовании длительно статических и циклических нагружений. Особенно актуальны эти вопросы для оснований, сложенных глинистыми грунтами, обладающими ярко выраженными реологическими свойствами.

В глинистых грунтах, в случае режимного нагружения, напряженно-деформированное состояние меняется от приложенных количеств циклических нагружений и времени выдержки под действием длительно статической нагрузки, а также зависит от изменения прочностных и деформативных свойств грунтов в предыдущих блоках нагружения.

Исходя из этого, возникает необходимость модернизации метода аналитического расчета несущей способности учитывая изменения деформационных и прочностных свойств глинистых грунтов в условиях трехосного напряженного состояния при комбинированных, чередующихся, длительно статических и циклических нагружениях.

В нормах проектирования (СП 22.13330.2016), оценка предельной несущей способности основания в случаи кратковременного статического нагружения выполняется по следующей формуле:

$$N_u = b \cdot l \cdot (N_\gamma \xi_\gamma b' \gamma_1 + N_q \xi_q \gamma_1' d + N_c \xi_c c_1), \tag{1}$$

где  $N_\gamma, N_q, N_c$  – безразмерные коэффициенты несущей способности грунта под подошвой фундамента, зависящие от угла внутреннего трения  $\varphi$ ;

$\xi_\gamma, \xi_q, \xi_c$  – коэффициенты, зависящие от соотношения длины и ширины поперечного сечения;

$l$  и  $b$  – приведенная длина и ширина фундамента, м;

$\gamma_1, \gamma_1'$  – удельный вес грунта под подошвой фундамента.

Как видно из формулы (1), значения предельного расчетного сопротивления и предельной несущей способности зависят от угла внутреннего трения  $\varphi$  и удельного сцепления  $c$  грунта.

Для глинистых грунтов, обладающих реологическими свойствами, угол внутреннего трения  $\varphi$  и удельное сцепление  $c$  не являются постоянными величинами, а зависят от времени действия длительно статического напряжения, от количества приложенной циклической нагрузки и от действия режимного комбинированного длительно статического и циклического напряжения.

### Анализ результатов проведенных экспериментальных исследований

Проведены экспериментальные и теоретические исследования глинистого грунта нарушенной структуры при статических, циклических и комбинированных, длительно статических и циклических нагружениях в условиях трехосного сжатия, со следующими характеристиками:  $W=23\%$ ;  $W_p=22,8\%$ ;  $W_L=40,1\%$ ;  $\rho=1,94 \text{ г/см}^3$ ;  $I_p=17,3\%$ ;  $I_L=0,012$ .

По результатам экспериментальных исследований получены графические и аналитические зависимости изменения прочностных и деформационных характеристик глинистого грунта нарушенной структуры при кратковременных статических, циклических, длительно статических и комбинированных нагружениях.

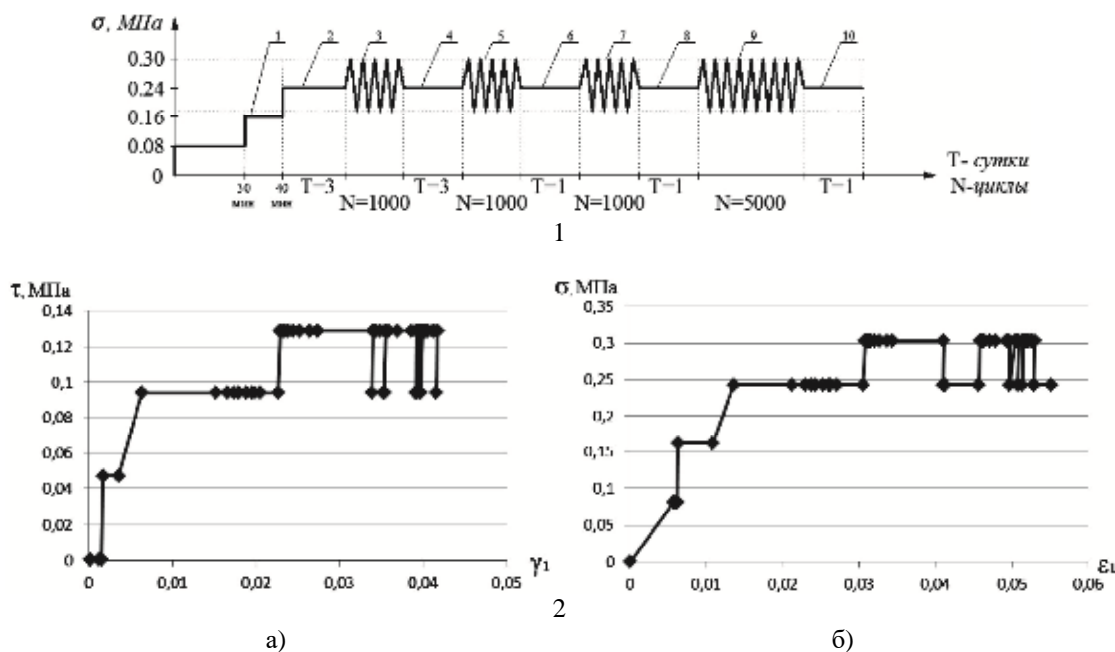


Рис. 1. 1) Режим нагружения; 2) Графики зависимости при режимном нагружении:  
 а) касательного напряжения от деформации сдвига;  
 б) вертикального напряжения от вертикальной деформации

Анализируя результаты экспериментальных исследований глинистого грунта при комбинированных, чередующихся, длительно статических и циклических нагружениях (рис. 1-2), видно, что происходит изменение всех деформационных и прочностных параметров глинистого грунта. Следовательно, в качестве параметра, устанавливающего механическое состояние грунта при режимном нагружении, принимается аналитическая диаграмма деформирования грунта в координатах « $\sigma_I - \epsilon_I$ », « $\tau_I - \gamma_I$ » для трехосного сжатия, где  $\sigma_I, \epsilon_I$  – вертикальные напряжения и линейные деформации,  $\tau_I, \gamma_I$  – вертикальные предельные касательные напряжения и деформации сдвига, при трехосном сжатии).

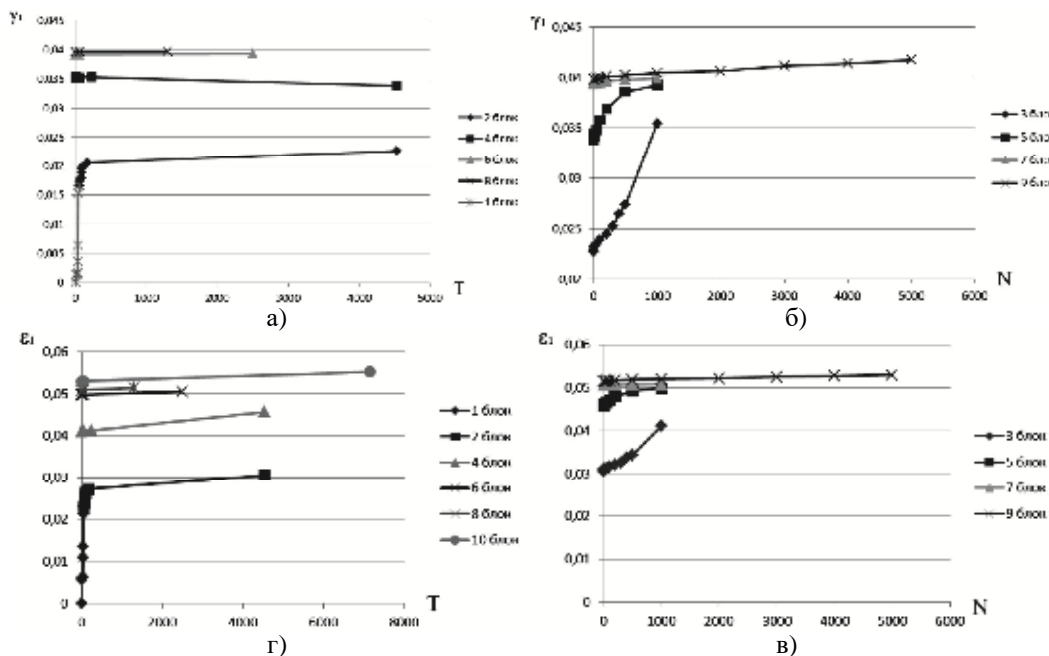


Рис. 2. Графики зависимости при режимном нагружении:  
 а) деформации сдвига от времени; б) деформации сдвига от циклов;  
 в) вертикальной деформации от времени; г) вертикальной деформации от циклов

**Аналитические схемы деформирования грунтов при трехосном сжатии**

Обобщая результаты экспериментальных исследований построены исходные диаграммы (диаграммы состояния) деформирования грунтов при кратковременном трехосном статическом нагружении в координатах  $\sigma_I - \epsilon_I$  и  $\tau_I - \gamma_I$  (рис. 3). Предельной точкой по координатам ( $\tau$ ) принимается величина предельного касательного напряжения  $\tau_I = \tau_{gr,us}$  и ( $\sigma_I$ ) величина предельного сопротивления грунта при трехосном кратковременном статическом нагружении. Предельной точкой по оси ординат ( $\gamma$ ) величина сдвиговой деформации  $\gamma_{ul} = 0,074$ , а величина линейной деформации ( $\epsilon$ ) принимается  $\epsilon_{ul} = 0,1$ .

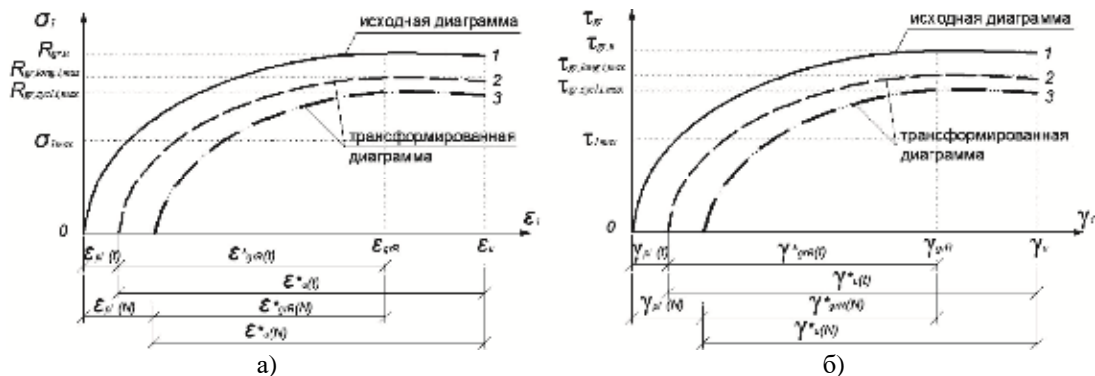


Рис. 3. Графики изменения исходных (1) и трансформированных (2, 3) диаграмм деформирования грунта при нагружениях:  
 1) кратковременном статическом; 2) длительно статическом; 3) циклическом

Модернизируя исходную диаграмму состояния, получают уравнения описывающие диаграмм деформирования глинистого грунта при трехосном длительно статическом нагружении. Трансформированные диаграммы принимаются аналогично исходной диаграмме состояния исходя из следующих положений (рис. 3):

- максимально допустимыми значениями вертикального касательного и нормального напряжения, в вершине диаграммы принимается касательное и нормальное напряжение в грунте, которая равняется пределу длительного сопротивления при трехосном нагрузки  $\tau_{gr,long}(t, \tau)$ ,  $R_{gr,long}(t, \tau)$  и деформации, равные деформациям в вершине диаграммы состояния грунта при трехосном кратковременном статическом нагружении  $\gamma_{gru,red} = \gamma_{gru}$   $\varepsilon_{gru,red} = \varepsilon_{gru}$ ;

- максимально допустимыми значениями по оси деформации определяющей границы диаграмм состояния, принимаются предельные деформации сдвига или вертикальные деформации ползучести при трехосном циклическом нагружении  $\gamma_{gr,red} = \gamma_{gr,R}$   $\varepsilon_{gr,red} = \varepsilon_{gr,R}$  а по основным зависимостям (2, 3) вычисляются напряжения в грунте;

- начала координат диаграмм принимаются смещенными на величину, равную деформации сдвиговой ползучести  $\gamma_{pl}(t)$  (4) или вертикальным деформациям  $\varepsilon_{pl}(t)$  (5) в наблюдаемый момент времени – при длительно статическом нагружении.

Уравнение максимально допустимого значения в вершине диаграммы состояния при трехосном длительно статическом нагружении имеет следующий вид:

- вертикального касательного напряжения и временем нагружения:

$$\tau(t|t_0) = \tau_{gr,long} = -\alpha \ln(t) + \tau_{gr,u}; \quad (2)$$

- вертикального давления и временем нагружения:

$$\sigma(t|t_0) = R_{gr,long} = -\alpha \ln(t) + R_{gr,u}; \quad (3)$$

где  $\alpha$  – значения, полученные опытным путем.

Деформации сдвиговой ползучести грунта в момент времени при длительно статическом нагружении принимается следующий вид уравнения:

$$\tau_{pl}(t|t_0) = c_{\infty}(t|\tau) \cdot \tau^{max}(t|t_0) \cdot f(t|t_0) \cdot k_{\gamma}(t); \quad (4)$$

Деформации ползучести грунта в рассматриваемый момент времени при длительно статическом нагружении определяются по формуле:

$$\varepsilon_{pl}(t|t_0) = c_{\infty}(t|\tau) \cdot \sigma^{max}(t|t_0) \cdot f(t|t_0) \cdot k_{\varepsilon}(t); \quad (5)$$

где  $f(t|t_0) = 1 - e^{-\gamma(t-t_0)}$  – функция роста деформации ползучести;

$\gamma$  – параметр ползучести грунта;

$k_{\gamma}(t)$ ,  $k_{\varepsilon}(t)$  – коэффициент, учитывающий нелинейной ползучести деформации грунта;

$k_{\gamma}(t) = 1,8$ ,  $k_{\varepsilon}(t) = 1,6$  при первом блоке длительно статического нагружения от 1-3 суток (до циклического нагружения);

$k_{\gamma}(t) = 1,65$ ,  $k_{\varepsilon}(t) = 1,55$  при последующих блоках длительно статического нагружения;

$c_{\gamma}(t|t) = \frac{g_{pl}(t|t)}{t_{gr,u}(t|t)}$ ,  $c_{\varepsilon}(t|t) = \frac{e_{pl}(t|t)}{R_{gr,u}(t|t)}$  – предельная мера ползучести грунта в момент

времени  $t$ .

Таким же образом, модернизируя исходную диаграмму состояния, получают уравнения описывающие диаграмм деформирования глинистого грунта при трехосном циклическом нагружении. Трансформированные диаграммы принимаются аналогично исходной диаграмме состояния исходя из следующих положений (рис. 3):

- максимально допустимыми значениями вертикального касательного и нормального напряжения, в вершине диаграммы принимается касательное и нормальное напряжение в грунте, которая равняется пределу длительного сопротивления при трехосном нагрузки  $\tau_{gr,cycl}(t, \tau)$ ,  $R_{gr,cycl}(t, \tau)$  и деформации, равные деформациям в вершине диаграммы состояния грунта при трехосном циклическом нагружении:

$$\gamma_{gru,red} = \gamma_{gru} \quad \varepsilon_{gru,red} = \varepsilon_{gru};$$

- максимально допустимыми значениями по оси деформации определяющей границы диаграмм состояния, принимаются предельные деформации сдвига или вертикальные деформации ползучести при трехосном циклическом нагружении  $\gamma_{gr,red} = \gamma_{gr,R}$   $\varepsilon_{gr,red} = \varepsilon_{gr,R}$  а по основным зависимостям (6, 7) вычисляются напряжения в грунте;

- начала координат диаграмм принимаются смещенными на величину, равную деформации сдвиговой виброползучести  $\gamma_{pl}(N)$  (8) или вертикальным деформациям виброползучести  $\varepsilon_{pl}(N)$  (9) в наблюдаемый цикл нагружения – при циклическом нагружении.

Уравнение максимально допустимого значения в вершине диаграммы состояния при трехосном циклическом нагружении имеет следующий вид:

- вертикального касательного напряжения и количеством циклов нагружения:

$$\tau(t_1\tau) = \tau_{gr,cycl}(N) = \tau_{gr,u} \cdot e^{-\beta N}; \tag{6}$$

- вертикального давления и количеством циклов нагружения:

$$\sigma(t_1\tau) = R_{gr,cycl}(N) = R_{gr,u} \cdot e^{-\beta N}, \tag{7}$$

где  $\beta$  – значения полученные опытным путем;

$N$  – количество циклических нагружений.

Деформации сдвиговой ползучести грунта в наблюдаемый цикл при циклическом нагружении принимается следующий вид уравнения:

$$g_{pl}(N) = \frac{c_{\#}(t_1t) \times s^{\max}(t_1t) \times f(N) \times k_g(N) \times \rho}{k_r}. \tag{8}$$

Деформации ползучести грунта в рассматриваемый цикл при циклическом нагружении определяются по формуле:

$$e_{pl}(N) = \frac{c_{\#}(t_1t) \times s^{\max}(t_1t) \times f(N) \times k_e(N) \times \rho}{k_r}, \tag{9}$$

где  $f(t_1t_0) = 1 - e^{-\gamma \frac{(N-N_{i-1})}{N_{i-1}}}$  – функция роста деформации сдвиговой ползучести;

$\gamma$  – параметр сдвиговой ползучести грунта при циклическом нагружении;

$k_r(N)$ ,  $k_e(N)$  – коэффициент, зависящий от нелинейных деформации ползучести грунта;

$k_r(N) = 1,8$ ,  $k_e(N) = 1,37$  при циклическом нагружении до 1000 циклов;

$k_r(N) = 1,65$ ,  $k_e(N) = 1,25$  при циклическом нагружении после 1000 циклов;

$\rho$  – асимметрия цикла вертикального напряжения грунта;

$k_p$  – коэффициент, зависящий от  $\rho$ ;

$$c_{\#}(t_1t) = \frac{g_{pl}(t_1t)}{t_{gr,u}(t_1t)}, \quad c_{\#}(t_1t) = \frac{e_{pl}(t_1t)}{R_{gr,u}(t_1t)} \text{ – предельная мера ползучести грунта.}$$

Для аналитического описания диаграмм деформирования (состояния) грунта при комбинированных, чередующихся, циклических и длительно статических нагружениях трансформируют зависимости (2-9) для трехосного циклического и длительно статического нагружения (рис. 4). При описании деформации ползучести грунта при режимном нагружении, следует принимать в расчет влияние вертикального давления ( $\sigma_1$ ) предыдущего блока на прочность, модуль деформации, модуль сдвига и относительные вертикальные деформации в вершине диаграммы при последующем нагружении после перехода в другой режим.

В каждом блоке, изменение диаграмм деформирования описывается по тем же формулам, что и при длительно статическом или циклическом нагружении, но подходящими для каждого блока  $\sigma_{1i}$ ,  $\tau_{1i}$ ,  $N_i$  или  $T_i$  и при условии изменении прочностных и деформационных параметров прочности и деформируемости в минувших блоках нагружения.

В каждом новом блоке, в зависимости от вида нагружения, совершается последующее трансформирование диаграммы состояния грунта, при этом, исходной для каждого блока из них принимается трансформированная диаграмма в конце предыдущего блока.

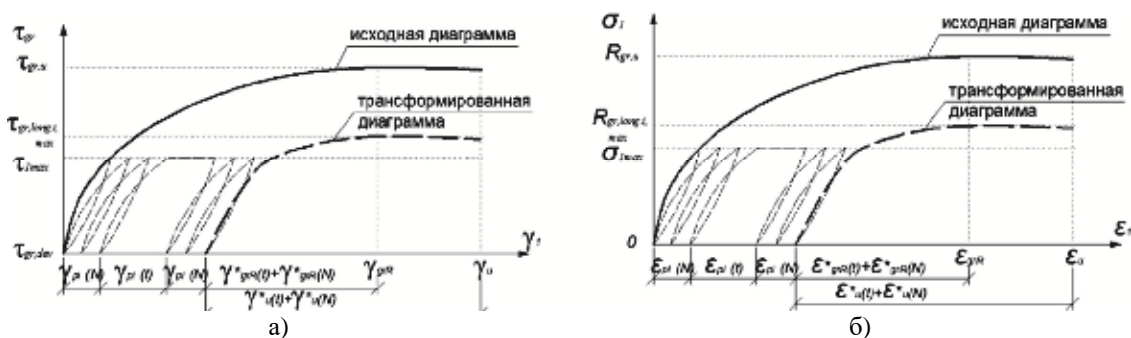


Рис. 4. Графики изменения исходных и трансформированных диаграмм деформирования грунта при комбинированном, длительно статическом и циклическом нагружении

Исходя из полученных экспериментальных и теоретических исследований, на рис. 5 приведены изменения предельного касательного напряжения при трехосном кратковременном статическом, длительно статическом, циклическом и при комбинированном, чередующихся длительно статических и циклических нагружениях. Из графиков видно, что предельное касательное напряжение глинистых образцов при комбинированном нагружении существенно отличается от предельных касательных напряжений при длительно статическом и циклическом нагружениях.

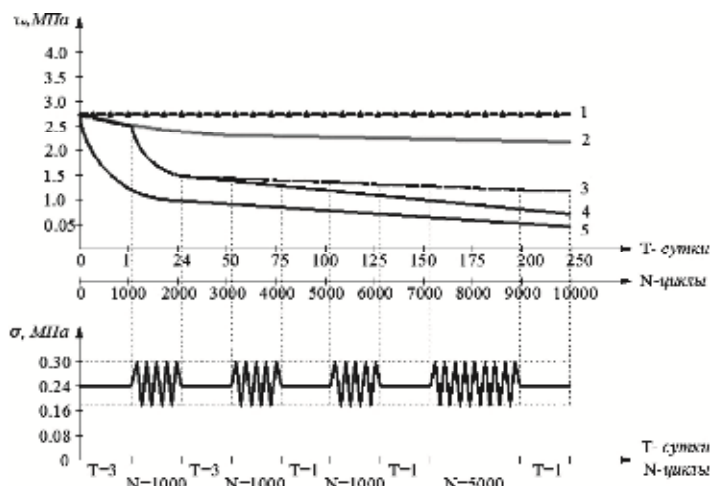


Рис. 5. График изменения предельного касательного напряжения при трехосном сжатии глинистого грунта с боковым давлением 0,08 МПа: 1 – при кратковременном статическом нагружении; 2 – при длительно статическом нагружении; 3 – при комбинированном длительно статическом и циклическом нагружении с учетом упрочнения грунта; 4 – при комбинированном, длительно статическом и циклическом нагружении без учета упрочнения грунта; 5 – при циклическом нагружении

**Методика расчета**

Определив аналитическим путем предельное касательное напряжение и деформации сдвиговой ползучести глинистых грунтов при циклическом, длительно статическом и комбинированном нагружении, условие прочности принимается по закону Кулона-Мора:

$$\tau_{ult}(N, T) = \sigma_1(N, T) \cdot tg\varphi(N, T) + c(N, T, \tau), \tag{10}$$

где  $\varphi(N, T)$ ,  $c(N, T, \tau)$  – прочностные характеристики глинистого грунта при комбинированном длительно статическом и циклическом нагружении (угол внутреннего трения и удельное сцепление);

$\sigma(N, T)$  – нормальное максимальное вертикальное напряжение.

На графиках 6, 7 и 8 показаны изменения прочностных характеристик глинистого грунта при циклических, длительно статических и комбинированных чередующихся длительно статических и циклических нагружениях. Из графиков видно, что снижение прочностных параметров происходит в основном за счет уменьшения удельного сцепления  $c$ , тогда как угол внутреннего трения  $\varphi$  уменьшается незначительно.

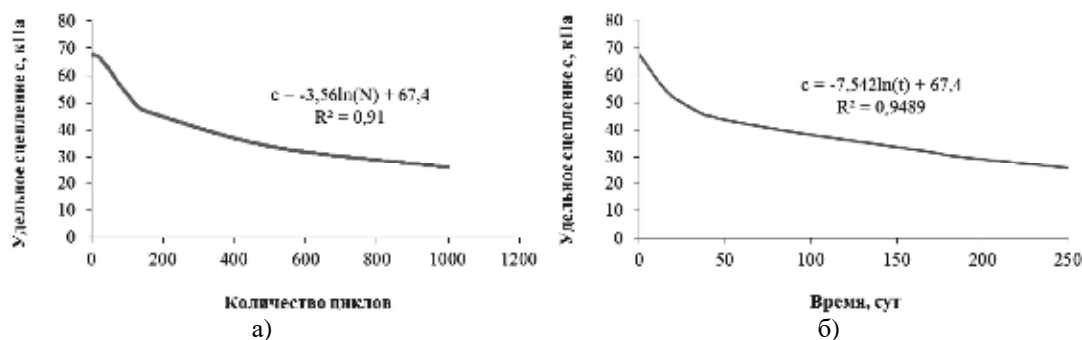


Рис. 6. Графики изменения удельного сцепления грунта при: а) циклическом нагружении; б) длительно статическом нагружении

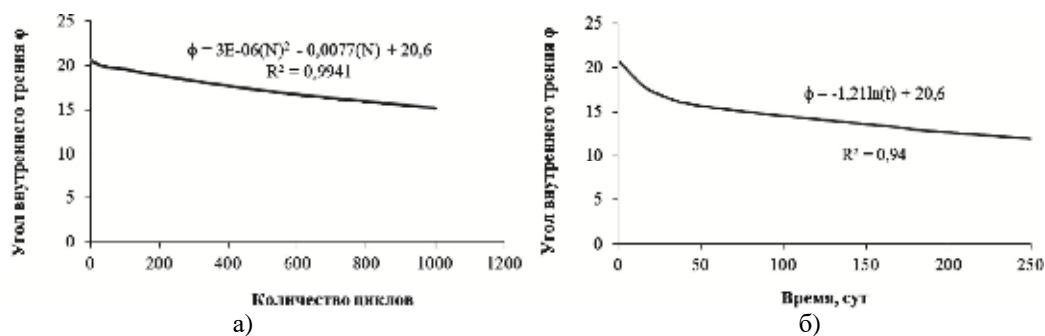


Рис. 7. Графики изменения угла внутреннего трения грунта при:  
а) циклическом нагружении; б) длительно статическом нагружении

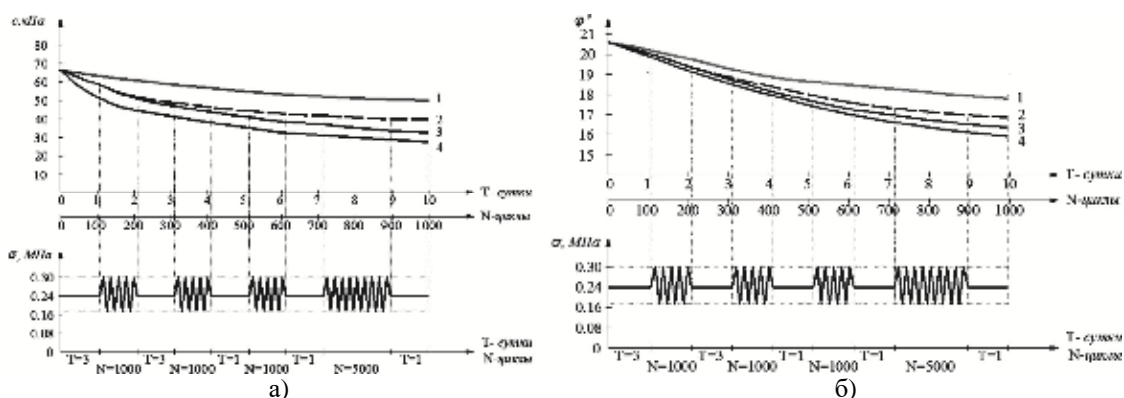


Рис. 8. Изменение прочностных характеристик глинистого грунта при трехосном нагружении:  
а) удельное сцепление; б) угол внутреннего трения;

1) длительно статическом нагружении; 2) комбинированном чередующихся длительно статических и циклических нагружениях с учетом упрочнения грунта; 3) комбинированном чередующихся длительно статических и циклических нагружениях без учета упрочнения грунта; 4) циклическом нагружении

Исходя из результатов проведенных экспериментальных исследований (рис. 8), удельное сцепление при комбинированном чередующихся циклических и длительно статических нагружениях без учета упрочнения грунтов представляется в следующем виде:

$$c(N, T, t) = c_0 - \prod_{i=1}^n Dc(N) \pm \prod_{j=1}^n Dc(T), \tag{11}$$

где  $c_0$  – начальное удельное сцепление грунта, соответствующее кратковременному статическому нагружению;

$c(N)$  удельное сцепление грунта при циклическом нагружении;

$c(T)$  удельное сцепление грунта при длительно статическом нагружении;

Удельное сцепление грунта в рассматриваемый цикл при циклическом нагружении определяются по формуле:

$$\Delta c(N) = K_\epsilon(N) \Delta \epsilon^p(N) + K_\gamma(N) \Delta \gamma^p(N). \tag{12}$$

Удельное сцепление грунта в рассматриваемый момент времени при длительно статическом нагружении определяются по формуле:

$$\Delta c(T) = K_\epsilon(T) \Delta \epsilon^p(T) + K_\gamma(T) \Delta \gamma^p(T), \tag{13}$$

где  $K_\epsilon$  и  $K_\gamma$  – параметры для взаимосвязи между  $\Delta c$  и  $\Delta \epsilon$ ,  $\Delta \gamma$ , определяемые из эксперимента:

$$K_\epsilon = \Delta c / \Delta \epsilon, K_\gamma = \Delta c / \Delta \gamma.$$

Для вычисления  $K_\gamma$  воспользуемся трансформированными диаграммами состояния грунтов выполненных для режимного нагружения, где видно, как при изменении деформации сдвиговой ползучести грунта, снижается предельное касательное напряжение. По такому же принципу находим  $K_\epsilon$ , построив трансформированную диаграмму между вертикальным напряжением и деформацией ползучести.

Далее, рассмотрим процесс упрочнения глинистого грунта при комбинированных, чередующихся циклических и длительно статических нагрузениях. В глинистых грунтах в зависимости от режима, величины и длительности действия нагрузки возникают два друг друга компенсирующих процесса: упрочнение, которое происходит за счет самозалечивания трещин и перекомпоновкой частиц, а также разупрочнение, вызванное развитием трещин и переориентацией частиц [5, 7].

Результаты экспериментальных исследований подтвердили, что при комбинированном чередующихся длительно статических и циклических нагрузениях, за счет восстановления водно-коллоидных и структурных связей произошло увеличение упрочнения грунта от 5 % до 20 % (рис. 5 и 9).

С учетом выше изложенного путем обработки экспериментальных данных, был построен график изменения коэффициента упрочнения глинистого грунта при комбинированных, чередующихся, длительно статических и циклических нагрузениях (рис. 9).

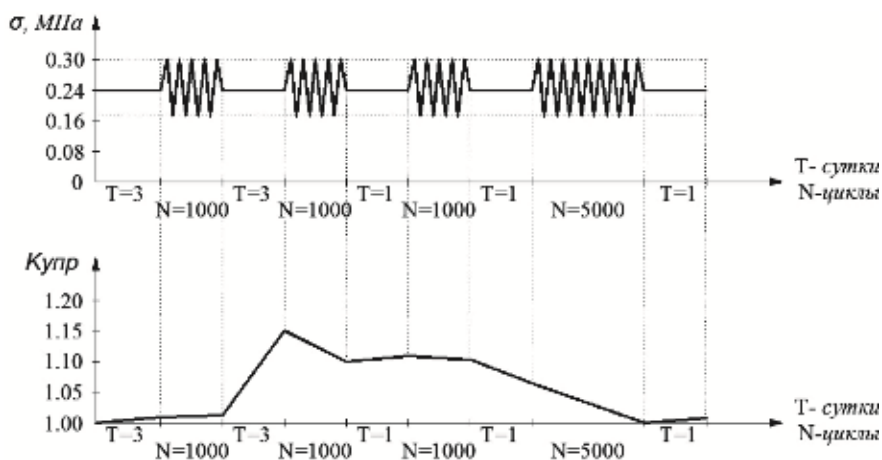


Рис. 9. График изменения коэффициента упрочнения глинистого грунта при комбинированных, чередующихся, длительно статических и циклических нагрузениях

Учитывая упрочнение глинистого грунта, при комбинированном чередующихся циклических и длительно статических нагрузениях, изменение удельного сцепление грунта в определенном интервале нагружения определяется по следующей формуле:

$$\begin{aligned}
 Dc(N, T, t) = & \left( \prod_{i=1}^n (K_e(N, T)) \times \prod_{j=1}^n \left( \frac{c_{\varphi}(t_1 t)}{k_r} \times \frac{\max(t_1 t) \times f(N) \times k(N) \times \tau}{k_r} + \right. \right. \\
 & \left. \left. + c_{\varphi}(t_1 t) \times \frac{\max(t_1 t_0) \times f(t_1 t_0) \times k(t)}{k_r} \right) + \right. \\
 & \left. + \prod_{k=1}^n (K_g(N, T)) \times \prod_{m=1}^n \left( \frac{c_{\varphi}(t_1 t)}{k_r} \times \frac{\max(t_1 t) \times f(N) \times k(N) \times \tau}{k_r} + \right. \right. \\
 & \left. \left. + c_{\varphi}(t_1 t) \times \frac{\max(t_1 t_0) \times f(t_1 t_0) \times k(t)}{k_r} \right) \times \frac{1}{k_{упр}} \right)
 \end{aligned} \tag{14}$$

где  $K_{упр}(N, T)$  – коэффициент упрочнения грунта при комбинированном нагружении, определяемая из графика 7.

Тогда удельное сцепление грунта при комбинированных, чередующихся, длительно статических и циклических нагрузениях определяются по формуле:

$$c(N, T, \tau) = c_0 - \Delta c(N, T, \tau). \tag{15}$$

Исходя из формулы (10), используя трансформированные диаграммы деформирования глинистого грунта (рис. 4) при режимном чередующихся длительно статических и циклических нагрузениях, зная удельное сцепление при таких нагрузениях, изменение угла внутреннего трения  $\varphi$  грунта, определяется из следующего уравнения:

$$j(N, T, t) = \arctg \frac{\sigma_{ult}(N, T) - c(N, T, t)}{s_1(N, T)} \cdot \frac{\sigma}{\tau} \tag{16}$$



Определив аналитическим образом прочностные характеристики  $\varphi(N, T, \tau)$  и  $c(N, T, \tau)$  при комбинированных, чередующихся, циклических и длительно статических нагрузениях, уравнение предельной несущей способности основания записывается следующим образом:

$$\begin{aligned}
 N_u = & b \cdot \lambda \cdot \varphi(N, T, \tau) \cdot \gamma_1 + N_q \cdot \gamma_q \cdot \gamma_f \cdot d + N_c \cdot \gamma_c \cdot \\
 & \cdot \left( c_0 - \left( \prod_{i=1}^n (K_{e_i}(N, T)) \cdot \prod_{j=1}^n \left( \frac{c_{\varphi_j}(t_1 t_0) \cdot s^{\max}(t_1 t_0) \cdot f(N) \cdot k(N) \cdot \tau}{k_r} + \right. \right. \right. \\
 & + c_{\varphi}(t_1 t_0) \cdot s^{\max}(t_1 t_0) \cdot f(t_1 t_0) \cdot k(t)) + \\
 & + \left. \prod_{k=1}^n (K_{g_k}(N, T)) \cdot \prod_{m=1}^n \left( \frac{c_{\varphi_m}(t_1 t_0) \cdot s^{\max}(t_1 t_0) \cdot f(N) \cdot k(N) \cdot \tau}{k_r} + \right. \right. \\
 & \left. \left. + c_{\varphi}(t_1 t_0) \cdot s^{\max}(t_1 t_0) \cdot f(t_1 t_0) \cdot k(t)) \right) \cdot \frac{1}{k_{ynp}} \right)
 \end{aligned} \tag{17}$$

Функция несущей способности грунта при режимном нагружении принимает вид:

$$\begin{aligned}
 N_g = & \frac{c_0}{\gamma_c} \cdot N_q - 1 \cdot \frac{c_0}{\gamma_c} \cdot \left( 0,29 + 0,47 \cdot \arctg \frac{c_{ult}(N, T) - c(N, T, t)}{s_1(N, T)} \right) \\
 N_q = & t g^2 \cdot \frac{c_0}{\gamma_c} \cdot \left( 0,45 + \frac{j \cdot 1}{2} \cdot \frac{\arctg \frac{c_{ult}(N, T) - c(N, T, t)}{s_1(N, T)}}{\varphi} \right) \\
 N_c = & \frac{N_q - 1}{\arctg \frac{c_{ult}(N, T) - c(N, T, t)}{s_1(N, T)}}
 \end{aligned} \tag{18}$$

Для апробации, полученного уравнения предельной несущей способности основания, были проведены лотковые испытания глинистого грунта нарушенной структуры, с такими же характеристиками, что и для трехосных испытаний.

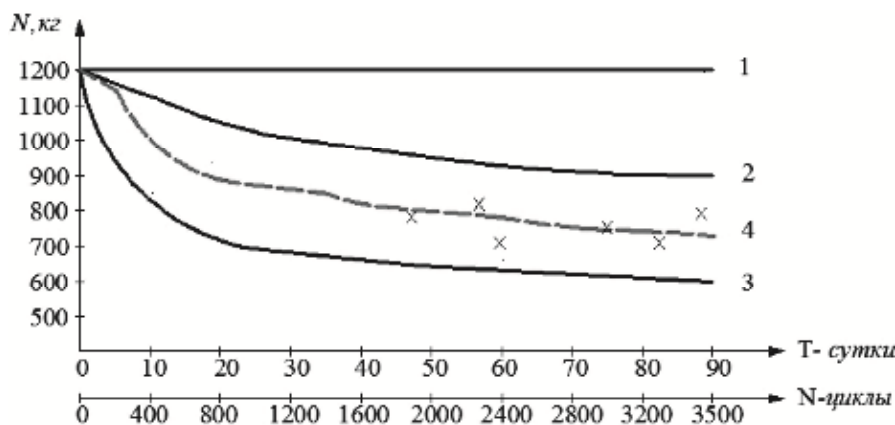


Рис. 10. Сопоставление предельной несущей способности плитного фундамента при комбинированном чередующимися длительно статических и циклических нагружениях.

Графики изменения предельной несущей способности при:

- 1) кратковременном статическом нагружении 2) длительно статическом нагружении;
- 3) циклическом нагружении; 4) по предложенной методике (17),
- x – экспериментальные значения при режимном нагружении с учетом упрочнения грунта

Из графика 10, наблюдается хорошая сходимость между расчетными значениями предельной несущей способности основания и опытными данными.

### Заключение

Разработана уравнение предельной несущей способности грунтового основания при комбинированном чередующимися длительно статических и циклических нагружениях, учитывающие одновременное изменение реологических и прочностных

характеристик грунтов, процесс упрочнения, а также режимов нагружения.

Полученные уравнения адекватно описывают процессы происходящие в грунте при режимном нагружении, что подтверждается хорошим совпадением экспериментальных данных с предложенным уравнением.

### Список библиографических ссылок

1. Мирсаяпов И. Т., Королева И. В. Несущая способность и осадки оснований фундаментов при длительном нагружении. Интеграция, партнерство и инновации в строительной науке и образовании : сб. трудов Международной научной конференции; в 2 т. Т. 2. / МГСУ, Москва 2011. С. 342–347.
2. Мирсаяпов И. Т., Королева И. В. Исследование прочности и деформативности глинистых грунтов при длительном трехосном сжатии // Известия КГАСУ. 2009. № 2 (12). С. 167–172.
3. Мирсаяпов И. Т., Королева И. В., Сабирзянов Д. Д. Прочность и деформации глинистых грунтов при трехосном режимном чередующемся статическом и циклическом нагружении // Геотехника Беларуси: Наука и практика. 2013. С. 297–304.
4. Мирсаяпов И. Т., Королева И. В., Сабирзянов Д. Д. Деформации глинистых грунтов при режимном комбинированном длительном и циклическом нагружении. Перспективные направления развития теории и практики в реологии и в механике грунтов. Материалы XIV Международного симпозиума по реологии / КГАСУ, Казань, 2014. С. 130–135.
5. Мирсаяпов И. Т., Королева И. В. Прочность и деформируемость глинистых грунтов при режимном пространственном напряженном состоянии с учетом трещинообразования // Основания, фундаменты и механика грунтов. 2016. № 1. С. 16–23.
6. Мирсаяпов И. Т., Королева И. В., Сабирзянов Д. Д. Расчетная модель осадки основания фундаментов при режимном статико-циклическом нагружении // Известия КГАСУ. 2016. № 1 (35). С. 102–110.
7. Мирсаяпов И. Т., Королева И. В. Влияние процесса упрочнения на прочность глинистого грунта при режимном трехосном нагружении // Известия КГАСУ. 2017. № 1 (39). С. 145–152.
8. Mirsayapov I. T., Koroleva I. V. Prediction of deformations of foundation beds with a consideration of long-term nonlinear soil deformation // Soil Mechanics and Foundation Engineering. 2011. Т. 48. № 4. С. 148–157.
9. Каюмов Р. А., Шакирзянов Ф. Р., Гаврюшин С. С. Моделирование процесса деформирования и оценка несущей способности системы грунт – тонкостенная конструкция // Известия высших учебных заведений. Машиностроение. № 6. 2014. С. 20–24.

#### **Mirsayapov Pizar Talgatovich**

doctor of technical sciences, professor

E-mail: [mirsayapov1@mail.ru](mailto:mirsayapov1@mail.ru)

#### **Sabirzyanov Danil Damirovich**

post-graduate student, assistant

E-mail: [danil198900@mail.ru](mailto:danil198900@mail.ru)

#### **Kazan State University of Architecture and Engineering**

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

### **Bearing capacity of foundations base under combined, alternating, long-term static and cyclic loading**

#### **Abstract**

*Problem statement.* The existing bearing capacity and deformations calculation methods are mainly designed for short-term static or cyclic loading with taking into account that the load

data is constant for the entire period of the building or structure construction and operation, which calculations are not able to take into account the base of foundations deformation features under a successive alternation of long static and cyclic loads.

The purpose of the study is improvement the bearing capacity analytical calculation method with taking into account changes in the clay grounds deformation and strength properties in conditions of a triaxial stress state under combined alternating long-term static and cyclic loading.

*Results.* Based on the results of experimental studies, graphical and analytical forms for described the results of changes in the initial and transformed clay grounds deformation diagrams under combined alternating cyclic and long-term static loads, the ground strength and deformation properties.

*Conclusions.* The significance of the results obtained for the construction industry is in the developed equation ultimate bearing capacity equation for combined alternating static and cyclic loads, which take into account the simultaneous change in the ground rheological and strength characteristics, the hardening process, and loading regimes.

**Keywords:** triaxial compression, clay ground, static loading, cyclic loading, combined loading, bearing capacity, transformed diagram, strength, specific cohesion, hardening.

### References

1. Mirsayapov I. T., Koroleva I. V. Bearing capacity and sediments of foundations under long-term loading. // Integration, Partnership and innovation in building science and education : proceedings of the International scientific. Conf.; in 2 v. V.2. / MGSU, Moscow, 2011. P. 342–347.
2. Mirsayapov I. T., Koroleva I. V. Investigation of the clay grounds strength and deformation with long-term triaxial compression // Izvestiya KGASU. 2009. № 2 (12). P. 167–172.
3. Mirsayapov I. T., Koroleva I. V., Sabirzyanov D. D. Strength and deformation of clayey soils under triaxial regime alternating static and cyclic loading // Geotekhnika Belarusi: Nauka i praktika. 2013. P. 297–304.
4. Mirsayapov I. T., Koroleva I. V., Sabirzyanov D. D. Deformations of clay soils under regime combined long-term and cyclic loading. Perspective directions in the development of theory and practice in rheology and in soil mechanics. Materials of the XIV International Symposium on Rheology / KGASU. Kazan. 2014. P. 130–135.
5. Mirsayapov I. T., Koroleva I. V., Strength and deformability of clay soils under the regime of a spatial stress state with allowance for crack formation // Osnovaniya, fundamenty i mekhanika gruntov. 2016, № 1. P. 16–23.
6. Mirsayapov I. T., Koroleva I. V., Sabirzyanov D. D. Calculation model of the basement basement sediment under regime static-cyclic loading // Izvestiya KGASU. 2016. № 1 (35). P. 102–110.
7. Mirsayapov I. T., Koroleva I. V., Influence of the hardening process on the strength of clayey soil under regime triaxial loading // Izvestiya KGASU. 2017. № 1 (39). P. 145–152.
8. Mirsayapov I. T., Koroleva I. V., Prediction of deformations of foundation beds with a consideration of long-term nonlinear soil deformation // Soil Mechanics and Foundation Engineering. 2011. T. 48. № 4. P. 148–157.
9. Kayumov R. A, Shakirzyanov F. R., Gavryushin S. S. Modeling of the deformation process and evaluation of the load-bearing capacity of the soil system – thin-walled construction // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii. Mashinostroyeniye. № 6. 2014. P. 20–24.



УДК 536.24

**Замалеев Зуфар Харисович**

кандидат технических наук, доцент

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

**Шигапова Алсу Ильдаровна**

студент

E-mail: [shigapova.alsush@bk.ru](mailto:shigapova.alsush@bk.ru)

**Казанский государственный архитектурно-строительный университет**

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

## Диффузия паров водных растворов

### Аннотация

*Постановка задачи.* Целью данной работы является получение экспериментальных значений коэффициента диффузии паров водных растворов и сравнение их с возможными, полученными разными полуэмпирическими методами.

*Результаты.* В результате исследования мы выявили значительные расхождения между величинами, определенными теоретически и экспериментально, между экспериментальными результатами, полученными разными методами. Даже полуэмпирические формулы, в которых коэффициенты диффузии имеют сопоставимый физический смысл, дают расхождения.

*Выводы.* Значимость полученных результатов для строительной отрасли заключается в экспериментальном определении коэффициентов диффузии паров воды и водного раствора аммония при различных концентрациях на основе реализации метода Стефана.

**Ключевые слова:** коэффициент диффузии, диффузионная трубка, критериальные зависимости, испарение, теплота.

### Введение

Проведение множества технологических процессов часто сопровождается выделением теплоты, влаги и паров, что вызывает изменение состава и метеорологического состояния воздушной среды. Изменение состава воздуха негативно влияет на самочувствие людей, вызывает заболевания, понижает производительность труда. Для обеспечения оптимальных параметров микроклимата в помещениях, где используются устройства, связанные с испарением водных растворов солей, важен правильный расчет систем вентиляции.

В статье будут приведены экспериментальные значения коэффициента диффузии паров водных растворов и сравнение их с возможными, полученными различными полуэмпирическими методами, что в дальнейшем может использоваться в расчетах вытяжных систем вентиляции.

### Основы теории

Под диффузией следует принимать самопроизвольный процесс, который стремится к установлению между фазами равновесного распределения концентраций; одновременно совершается перенос вещества из области большей концентрации в область с меньшей концентрации. Диффузия, равно как и массообмен в целом, может протекать как молекулярным (микроскопическим), так и молярным (макроскопическим) путем. Перенос вещества в системе, обусловленный тепловым хаотическим движением микрочастиц, получить название молекулярной диффузией. Перенос массы осуществляется за счет макроскопических сил, т.е. из-за конвекции.

В двухкомпонентной смеси, однородной по давлению и температуре, плотность потока массы одного из компонентов за счет молекулярной диффузии может быть вычислена при помощи закона Фика:

$$j_1 = -D_{1-2} \frac{\nabla r_1}{\nabla n} = -r \times D_{1-2} \frac{\nabla m_1}{\nabla n}, \quad (1)$$

где  $j_1$  – плотность потока массы первого компонента;

$D_{1,2}$  – коэффициент молекулярной диффузии первого компонента относительно второго;  
 $\rho_1$  – местная концентрация первого компонента;  
 $\rho$  – плотность смеси;  
 $m_1 = \rho_1/\rho$  – относительная массовая концентрация первого компонента;  
 $n$  – направление нормали к поверхности одинаковой концентрации компонента;  
 $d\rho_1/dn$ ,  $dm_1/dn$  – градиенты концентрации.

Коэффициент диффузии  $D$  зависит от температуры и давления смеси. Зависимость  $D$  от температуры  $T$  и давления  $P$  устанавливается формулой:

$$D = D_0 \times \left( \frac{T}{T_0} \right)^{\frac{3}{2}} \times \left( \frac{P_0}{P} \right), \quad (2)$$

где  $D$  – коэффициент диффузии при температуре  $T$ ;  
 $D_0$  – коэффициент диффузии при температуре  $T_0$ .

### Описание опытной установки

Опытная установка изображена на рис. 1. Диффузионная трубка 1 помещена в камеру 2, в которую вентилятором 3 подается струя воздуха, обеспечивающая нулевую концентрацию пара над верхним концом трубки. Контроль скорости и температуры струи осуществляется при помощи термоанемометра 4, датчик 5 которого установлен в камере 2. Измерение уровня жидкости в диффузионной трубке производилось катетометром 6.

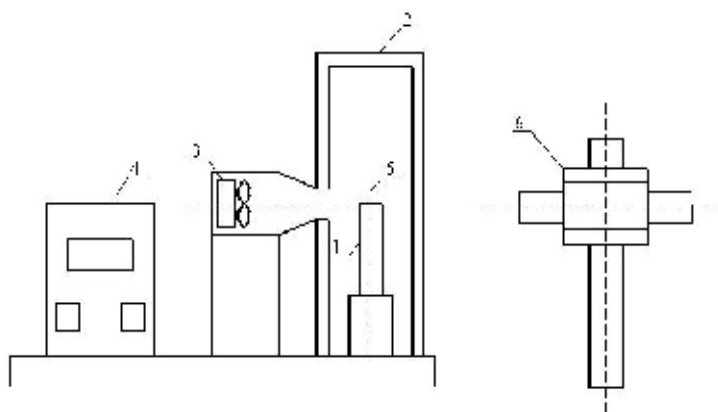


Рис. 1. Схема экспериментальной установки

Данная установка позволяет реализовать из существующих различных методов экспериментального исследования наиболее простой и испытанный стационарный метод Стефана.

### Метод Стефана

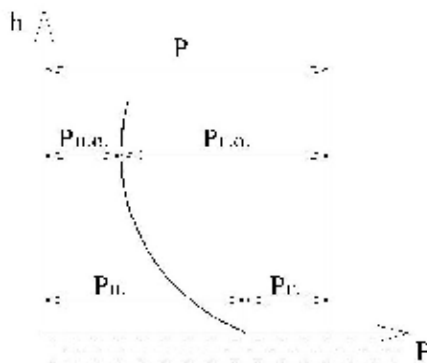


Рис. 2. График изменения парциального давления

Известно, что парциальное давление должно меняться от значения  $P_n$  на поверхности испарения до значения  $P_{n.o.}$  вдали от поверхности раздела (рис. 2). Парциальное давление газа  $P_g = P - P_n$  также должно меняться сообразно с изменением парциального давления пара. При  $P = \text{const}$  градиенты парциального давления пара и газа будут равны по абсолютной величине и обратны по направлению.

$$\frac{\nabla P_g}{\nabla h} = - \frac{\nabla P_n}{\nabla h}. \quad (3)$$

В данном случае газ должен диффундировать в обратном направлении диффузии пара, т.е. в направлении жидкости. Для газа поверхность жидкости является непроницаемым препятствием. В случае стационарного режима должно иметь константность во времени распределения парциальных давлений пара и газа. Поэтому перемещение газа к поверхности испарения должно возмещаться конвективным потоком парогазовой смеси, направленным от жидкости (поток Стефана), который учитывает множитель  $P/P_g$ .

Коэффициент концентрационной диффузии входит в уравнение, определяющее сумму молекулярного и Стефанова потока массы:

$$\beta \times (c_{n.c.} - c_{n.o.}) = - D \times \frac{1}{c_{n.c.}} \frac{\partial c_n}{\partial z} \quad (4)$$

где  $\beta$  – коэффициент массоотдачи;

$c_{n.c.}, c_{n.o.}$  – концентрация пара по поверхности испарения жидкости и вдали от нее соответственно.

Если речь идет об испарении чистой жидкости в газ, то в расчетах используют обычно значение коэффициента взаимной диффузии  $D_{п-г}$ . Температурная зависимость  $D_{1-2}$  дается приближенным уравнением, обобщающим опытные величины:

$$D = D_o \times \left( \frac{T}{273} \right)^n. \quad (5)$$

Метод Стефана, основанный на стационарном испарении в открытом цилиндре, позволяет ввести в расчеты парциальные величины.

Основным элементом экспериментальной установки является диффузионная трубка (рис. 3), которая представляет собой стеклянный цилиндр, запаянный с нижнего конца, с внутренним диаметром равным 5,6 мм; наружный диаметр – 7,8 мм; высота – 100 мм.

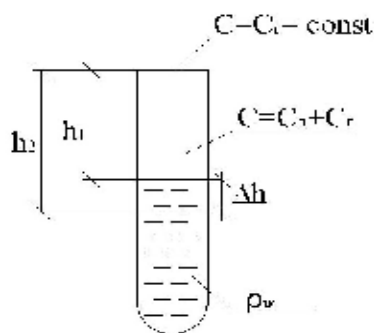


Рис. 3. Диффузионная трубка

Изменение концентрации диффундирующего вещества определялось по изменению уровня испаряющейся в воздух жидкости, находящейся в диффузионной трубке. Эти изменения фиксировались с помощью катетометра.

Перед началом эксперимента ( $\tau=0$ ) горизонтальная линия визирной сетки катетометра совмещалась с краем мениска жидкости в диффузионной трубке, одновременно фиксировался начальный уровень по масштабной сетке. Через время  $\Delta\tau$  уровень жидкости понижался. Опять совмещались горизонтальная линия визирной сетки с краем мениска, по масштабной сетке фиксировался новый уровень. По этим данным строился новый график  $\Delta h = f(\Delta\tau)$ . На прямолинейном участке графика  $\Delta h = f(\Delta\tau)$ , характеризующем стационарный режим испарения, выбирался интервал времени  $\Delta\tau$  и соответствующая ему величина  $\Delta h$ .

Необходимым условием получения верных результатов является соблюдение следующих предпосылок, заложенных в основу метода:

- хорошее термостатирование, обеспечение одинаковой температуры газа и смеси в диффузионной части трубки;
- поддержание нулевой концентрации паров жидкости у открытого конца диффузионной трубки;
- выявление опытным путем минимальной длины диффузионного пути.

Для определения коэффициента диффузии паров жидкости при реализации метода Стефана используется обычно формула:

$$D = \frac{h \times \Delta h}{\Delta t} \times \frac{\rho_{ж}}{\mu_{ж}} \times R_m \times \frac{T}{P} \times \frac{1}{\ln \frac{P}{P - P_n}}, \quad (6)$$

где  $h = \frac{h_1 + h_2}{2}$  – среднеарифметическая длина пути диффузии;

$\Delta h$  – изменение уровня жидкости в результате испарения за время  $t$ ;

$\Delta t$  – время опыта;

$\rho_{ж}$  – плотность жидкости;

$\mu_{ж}$  – молекулярная масса жидкости;

$R_m$  – универсальная газовая постоянная;

$T$  – температура;

$P$  – давление газовой среды;

$P_n$  – давление пара над поверхностью жидкости.

#### Результаты измерений и вычислений

Расчет по приведенной формуле (4) дал следующее значение коэффициента диффузии при испарении дистиллированной воды при  $T=298\text{K}$ ;  $P_{\text{бар}}=3365\text{Па}$ ;  $D=25,9 \cdot 10^{-6}$ , которое согласуется с табличными данными ( $D_{\text{табл.}}=26,0 \cdot 10^{-6}$ ).

В эксперименте проводили четыре замера через большие промежутки времени.

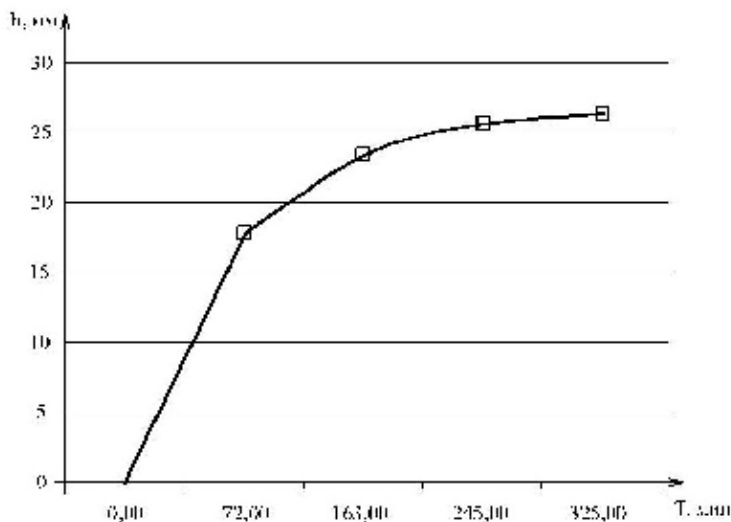


Рис. 4. Изменение столба жидкости для дистиллированной воды

Начало опыта: время 11:06. Начальный уровень жидкости в диффузионной трубке по показаниям катетометра равен 328,4 мм, температура мокрого термометра 19,4 °С, температура сухого термометра 23,4 °С.

1 замер: время 12:36. Уровень жидкости в диффузионной трубке по показаниям катетометра равен 317 мм. Произошло изменение уровня жидкости в диффузионной трубке равное 11,4 мм за 90 минут.

2 замер: время 14:07. Уровень жидкости в диффузионной трубке по показаниям катетометра равен 300,95 мм. Произошло изменение уровня жидкости в диффузионной трубке равное 16,05 мм за 91 минуту.

3 замер: время 15:29. Уровень жидкости в диффузионной трубке по показаниям катетометра равен 283,33 мм. Произошло изменение уровня жидкости в диффузионной трубке равное 17,62 мм за 82 минуты.

4 замер: время 16:49. Уровень жидкости в диффузионной трубке по показаниям катетометра равен 264,62мм. Произошло изменение уровня жидкости в диффузионной трубке равное 11,4 мм за 80 минут.

На рис. 4 приведена полученная экспериментальная зависимость  $\Delta h=f(\Delta t)$  для дистиллированной воды.

Используя формулу Стефана, найдём коэффициент диффузии между замерами.

1 значение коэффициента диффузии между начальным замером и 1 замером:

$$D = \frac{0,33425 \times 0,0117}{5400} \times \frac{1000}{18,01528} \times 8,314 \times \frac{298}{3365} \times \frac{1}{\ln \frac{3365}{e^{3365 - 2741} \delta}} = 17,65 \times 10^{-6}, \text{ м}^2/\text{с}.$$

2 значение коэффициента диффузии между замерами 1 и 2:

$$D = \frac{0,325025 \times 0,01605}{5460} \times \frac{1000}{18,01528} \times 8,314 \times \frac{298}{3365} \times \frac{1}{\ln \frac{3365}{e^{3365 - 2741} \delta}} = 23,1 \times 10^{-6}, \text{ м}^2/\text{с}.$$

3 значение коэффициента диффузии между замерами 2 и 3:

$$D = \frac{0,29214 \times 0,01762}{4920} \times \frac{1000}{18,01528} \times 8,314 \times \frac{298}{3365} \times \frac{1}{\ln \frac{3365}{e^{3365 - 2741} \delta}} = 25,9 \times 10^{-6}, \text{ м}^2/\text{с}.$$

4 значение коэффициента диффузии между замерами 3 и 4:

$$D = \frac{0,27399 \times 0,01874}{4800} \times \frac{1000}{18,01528} \times 8,314 \times \frac{298}{3365} \times \frac{1}{\ln \frac{3365}{e^{3365 - 2741} \delta}} = 25,9 \times 10^{-6}, \text{ м}^2/\text{с}.$$

Коэффициент диффузии, как известно, важная характеристика, его определение представляет значительные трудности.

Имеются значительные расхождения между величинами, определенными теоретически и экспериментальными результатами, полученными разными методами.

Даже полуэмпирические формулы, в которых коэффициенты диффузии имеют сопоставимый физический смысл, дают расхождения (табл. 1-2).

Расчетные выражения, по которым составлена таблица, следующие:

- метод Арнольда:

$$D_{12} = \frac{0,00837 \times T^{2,5} \times (M_1 + M_2)^{0,5}}{P \times (V_{e1}^{0,33} + V_{e2}^{0,33})^2 \times (T + S_{12}) \times (M_1 \times M_2)^{0,5}}; \quad (7)$$

- метод Джиллиленда:

$$D_{12} = \frac{0,0043 \times T^{1,5} \times (M_1 + M_2)^{0,5}}{P \times (V_{e1}^{0,33} + V_{e2}^{0,33})^2 \times (M_1 \times M_2)^{0,5}}; \quad (8)$$

- метод Слеттери:

$$D_{12} = \frac{K_S \times T^n \times (P_{к1} \times P_{к2})^{0,33} \times (T_{к1} \times T_{к2})^{0,42} \times (M_1 + M_2)^{0,5}}{P \times (M_1 \times M_2)^{0,5}}; \quad (9)$$

где D – коэффициент диффузии;

T – температура;

M – молекулярная масса;

P – давление;

$V_B$  – молярный объём жидкости;

S – коэффициент Сатерленда;

$P_k$  – критическое давление;

$T_k$  – критическая температура.



Таблица 1

**Сравнение экспериментальных значений коэффициента диффузии воды в воздух с расчетными**

Смесь-газ	Температура, К	Эксперимент, $D \cdot 10^4, \text{ м}^2/\text{с}$	Коэффициент диффузии, вычисленный по методу:					
			Арнольда	Отклонение, %	Джиллиленда	Отклонение, %	Слеттери-Берда	Отклонение, %
Вода-воздух	298	0,259	0,229	-17	0,225	-20	0,262	-3

В расчетах систем вентиляции часто возникает необходимость определения количества пара, поступающего в воздух от испаряющегося раствора. При испарении водных растворов солей в условиях отсутствия капельного уноса речь идет о водяном паре, так как растворимость соли в паре, в большинстве случаев, невелика. Тогда коэффициент диффузии, входящий в расчетные критериальные зависимости для массообмена при испарении может рассматриваться как коэффициент диффузии водяного пара в воздух. Однако давление пара над раствором отличается от давления водяного пара при данной температуре и зависит от концентрации соли в жидкой фазе. Следовательно, и коэффициенты диффузии будут различными. В связи с этим возник вопрос экспериментального определения коэффициента диффузии паров водных растворов солей.

Эксперименты проводились с водными растворами нитрата аммония  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ . Необходимые для расчета коэффициента диффузии физические параметры брались из справочной литературы.

Таблица 2

**Зависимость коэффициента диффузии от концентрации раствора**

Концентрация раствора, %, масс.	0	10	20	30	40	50	60
$P_n$	2340	1640	2266	2173	2026	1840	1625
$D \cdot 10^6, \text{ м}^2/\text{с}$	25,9	29,4	26,4	22,9	16,32	14,81	14,65

**Заключение**

Как видно из приведенной таблицы, при малых концентрациях раствора (10 % – 2,44 мольн.) значение  $D$  выше, чем при испарении чистой воды. Очевидно, это связано с характером распределения соли между паром и жидкостью. Подобный характер прослеживался и по кинетическим кривым (изменения уровня испаряющегося раствора во времени): при малых концентрациях интенсивность испарения была выше, чем при больших.

Полученные значения коэффициента диффузии, входящие в расчетные критериальные зависимости для массообмена при испарении, могут быть использованы в расчетах вытяжных систем вентиляции.

**Список библиографических ссылок**

1. Зиганшин А. М., Посохин В. Н. О влиянии способа подвода тепла на результаты численного решения задачи о свободной конвекции над объёмным теплоисточником // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2013. № 3-4. С. 48–53.
2. Нарбеков А. И., Сергеенко Э. С. Диффузия паров водных растворов нитрата аммония в воздух. Тепломассообмен в отопительно-вентиляционных установках. Казань : КХТИ, 2009. 83 с.
3. Эльтерман В. М. Вентиляция химических производств. М. : Книга по требованию, 2012. 284 с.
4. Эккерт Э. Р., Дрейк Р. М. Теория тепло и массообмена. М. : Госэнергоиздат, 2012. 680 с.
5. Abou Al., Sood M. M., Birouk M. Droplet heat and mass transfer in a turbulent hot airstream. M. : Inter, 2008. С. 1313–1324.
6. Kumada T., Hirota T., Tamura N., Ishiguro R. Heat and mass transfer with liquid evaporation into a turbulent air stream. M : Letters in Heat and Mass Transfer, 2012. С. 1–9.

7. Volchkov E. P. Concerning the heat and mass transfer features on permeable surfaces. M. : Inter. J. Heat Mass Transfer, 2013. 755 с.
8. Коваленко Н. Д. Аэро-газодинамика и нестационарный теплообмен. М. : Книга по требованию, 2013. 148 с.
9. Бухмиров В. В. Теоретические основы теплотехники. Теплообмен. Иваново : ИГЭУ, 2010. 24 с.
10. Григорьев Б. А. Теплообмен. М. : Книга по требованию, 2013. 550 с.

**Zamaleev Zufar Kharisovich**

candidate of technical sciences, associate professor

E-mail: [kafedra.te@mail.ru](mailto:kafedra.te@mail.ru)**Shigapova Alsu Ildarovna**

student

E-mail: [shigapova.alsush@bk.ru](mailto:shigapova.alsush@bk.ru)**Kazan state University of architecture and construction**

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

**Diffusion of vapors of aqueous solutions****Abstract**

*Problem statement.* The aim of this work is to obtain experimental values of the diffusion coefficient of the vapor of aqueous solutions and their comparison with possible obtained by different semiempirical methods.

*Results.* As a result of the study, we found significant discrepancies between the values defined both theoretically and experimentally, between the experimental results obtained by different methods. Even semi-empirical formula in which the coefficients of diffusion have comparable physical sense, lead to differences.

*Conclusions.* The significance of the results for the construction industry lies in the experimental determination of diffusion coefficients of water vapor and aqueous ammonium at different concentrations based on the implementation of the method of Stephen.

**Keywords:** the diffusion coefficient, diffusion tube, the criterion of dependence, evaporation, heat.

**References**

1. Ziganshin A. M., Posokhin V. N. On the influence of the method of supplying heat to the numerical solution of the problem of free convection over a volumetric heat source // *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Problemy energetiki*. 2013. № 3-4. P. 48–53.
2. Narbekov A. I., Sergeenko E. S. Diffusion of vapors of aqueous solutions of ammonium nitrate in the air. *Heat and mass transfer in heating and ventilation installations*. Kazan : KKhTI, 2009. 83 p.
3. Alterman V. M. *Ventilation of chemical plants*. M. : *Kniga po trebovaniyu*, 2012. 284 p.
4. Eckert E. R., Drake R. M. *the Theory of heat and mass transfer*. M. : Gosenergoizdat, 2012. 680 p.
5. Abou Al., Sood M. M., Birouk M. Droplet heat and mass transfer in a turbulent hot airstream. M. : Inter, 2008. P. 1313–1324.
6. Kumada T. T., Hirota N., Tamura R. Ishiguro Heat and mass transfer with liquid evaporation into a turbulent air stream. M. : *Letters in Heat and Mass Transfer*, 2012. P. 1–9.
7. Volchkov E. P. Concerning the heat and mass transfer on permeable surfaces features. M. : Inter. J. Heat Mass Transfer, 2013. 755 p.
8. Kovalenko N. D. *Aero-gas dynamics and unsteady heat and mass transfer*. M. : *Kniga po trebovaniyu*, 2013. 148 p.
9. Bohirov V. V. *Theoretical principles of heat engineering. Heat and mass transfer*. Ivanovo : IGEU, 2010. 24 p.
10. Grigoriev B. A. *Heat And Mass Transfer*. M. : *Kniga po trebovaniyu*, 2013. 550 p.

УДК 532.5:621.694:519.6

**Золотонос Яков Давидович**

доктор технических наук, профессор

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

**Горская Татьяна Юрьевна**

кандидат технических наук, доцент

E-mail: [tatyana\\_gorskaya@mail.ru](mailto:tatyana_gorskaya@mail.ru)

**Мартынов Петр Олегович**

аспирант

**Казанский государственный архитектурно-строительный университет**

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

### **Математическая модель теплообменника с пружинно-винтовым каналом, выполненным из элементов вида овоид**

#### **Аннотация**

*Постановка задачи.* Целью настоящего исследования является построение математической модели теплообменного аппарата, теплообменный элемент которого выполнен из проволоки с поперечным сечением в виде овоида.

Авторами также, на базе рассматриваемых теплообменных элементов, предложены три варианта эффективных аппаратов теплообменника – цилиндрической, конической и сферической форм.

Данная работа является продолжением наметившихся научных исследований, касающихся создания инновационных теплообменных аппаратов, отличающихся высокими теплодинамическими показателями.

*Результаты.* Основные результаты исследования состоят в том, что авторам удалось с использованием аналитической и дифференциальной геометрии математически описать сложную поверхность теплообменного элемента и предложить уравнение для определения площади поверхности теплообмена, что позволит в дальнейшем проводить теоретическое обоснование применения предложенных поверхностей.

*Выводы.* Значимость полученных результатов для строительной отрасли состоит в том, что теплообменные аппараты, разработанные авторами, позволяют, в значительной степени интенсифицировать процесс теплообмена по сравнению с существующими аналогами, что является актуальным для систем отопления, горячего водоснабжения при создании жилищных комплексов, отвечающих современным требованиям экономии энергетических и тепловых ресурсов.

**Ключевые слова:** математическое моделирование, гидромеханика, теплообмен, пружинно-витой канал, овоид, интенсификация теплообмена.

#### **Введение**

В настоящее время в России на долю промышленного теплопотребления приходится более 50 % от всего количества произведённых топливно-энергетических ресурсов (ТЭР). К числу более крупных потребителей ТЭР относятся предприятия и производственные комплексы энергетики, металлургической, нефтяной, пищевой промышленности, а также ЖКХ (в системах отопления, горячего водоснабжения и кондиционирования воздуха), где основную массу теплообменного оборудования составляют водо-водяные змеевиковые ёмкостные и кожухотрубные паровые теплообменники, проработавшие в системе ЖКХ более 20 лет.

Доля же теплообменного оборудования в структуре ведущих отраслей промышленности составляет порядка 70 %, где в большинстве случаев используются теплообменные аппараты с гладкотрубными теплообменными элементами, имеющими высокий уровень физического износа (до 60-70 %), вследствие длительного срока их эксплуатации (50-60 лет).

Эта проблема наблюдается в целом ряде важных секторов промышленности, а также в тепловых сетях и источниках энергоснабжения, среди которых ТЭЦ, ТЭС, ГРЭС

и крупные районные котельные, обслуживающие как жилые, так и производственные здания и сооружения.

В связи с этим остро встают вопросы, связанные с совершенствованием теплообменного оборудования, его реконструкцией и модернизацией, что порой является практически единственным способом повышения экономичности современных энергоустановок [1, 2].

Существенной экономии материальных и энергетических ресурсов на промышленных предприятиях можно добиться путем разработки и применения энергосберегающих теплотехнических систем, интенсификации технологических процессов и повышения эффективности и единичной мощности теплообменного оборудования [1, 3-5].

Однако, прежде, чем предложить такого рода оборудование, необходимо провести обоснование его использования, оценить эффективность его работы по сравнению с уже имеющимися аналогами. С этой целью нами проведено теоретическое исследование, в основу которого легли методы математического моделирования, что является одним из важных направлений решения физических задач. Это, в большей степени, обусловлено тем, что для использования того или иного физического объекта на практике, необходимо провести ряд стендовых экспериментов, на физической модели, воспроизводящей основные геометрические, физические, динамические и функциональные характеристики оригинала. Однако, в ряде случаев, эти эксперименты влекут за собой большие финансовые и временные затраты. Поэтому, в настоящее время в научных исследованиях специалистами отдается предпочтение математическому моделированию.

В связи с этим нами проводится теоретическое исследование целесообразности применения предложенных теплообменных аппаратов, проточная часть которых выполнена в виде цилиндрических, конических и сферических пружинно-витых каналов [1, 6].

Отметим, что в ранних работах [3, 7-9] рассматривались математические модели пружинно-витых каналов, выполненных из проволоки круглого сечения, спиральные выступы которой на наружной и внутренней поверхностях пружинно-витого канала выполняют роль внутреннего и внешнего оребрения, увеличивая, тем самым, площадь теплообменной поверхности в 1,5-1,7 раза. Такая поверхность способствует интенсификации теплообмена при умеренном росте потерь энергии на прокачивание теплоносителя. Однако, в процессе исследований [3], был отмечен процесс затухания циркуляционных токов вдоль проточной части каналов. Для исключения такого явления в проточной части теплообменного элемента, как правило, устанавливают интенсификаторы, выполненные в виде выступов и впадин различной конфигурации.

Нами в качестве теплообменных элементов предложено использовать пружинно-витой канал, выполненный из элементов, сечение которых является овоид жестко скрепленных лазерной сваркой (рис. 1). Острые концы элементов направлены внутрь канала, при этом выступы выполняют роль оребрения. Интерес авторов к пружинно-витым каналам обусловлен также и тем, что интенсификация теплообмена в каналах с турбулизаторами потока позволяет уменьшить минеральные отложения на внутренней поверхности примерно в пять раз по сравнению с гладкими трубами [3], которые приводят к существенному снижению теплоотдачи через стенки проточной части теплообменного аппарата.

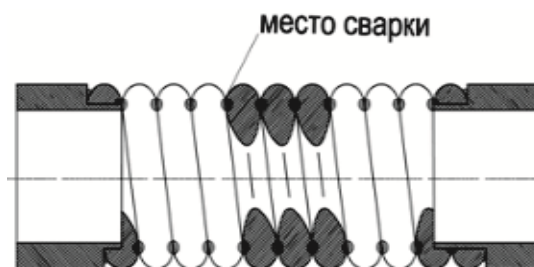


Рис. 1. Элемент пружинно-витого канала

В связи с этим представляет практический интерес развитие научных исследований в области создания инновационных пружинно-витых каналов [3].

Нами предлагается пружинно-витой канал, в сечении элементов которого овоид, расположить вокруг цилиндрического, конического и сферического областей, так, например, как на рис. 2.

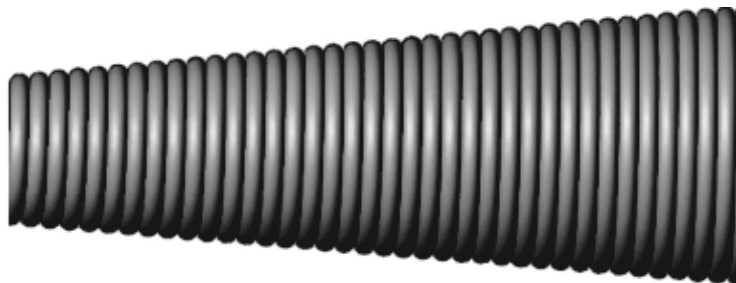


Рис. 2. Пружинно-витой канал, выполненный на конус

Отметим, что змеевиковые теплообменники в форме шара ранее рассматривались авторами, где пружинно-витые каналы выполнены из проволоки круглого сечения [6].

Нами предложена конструкция таких теплообменников, пружинно-витой канал, которого выполнен в виде овоида, имеющего большую площадь теплообмена. На рис. 3 представлены конструкции компактных теплообменных аппаратов сферической формы для установки их в помещения малых объемов. Интерес к теплообменным приборам, обладающим высокой эффективностью и компактностью, описан и в работах [11-15].

Таким образом, создание инновационных теплообменных аппаратов, предлагаемого класса, является актуальным и перспективным направлением для практической реализации.

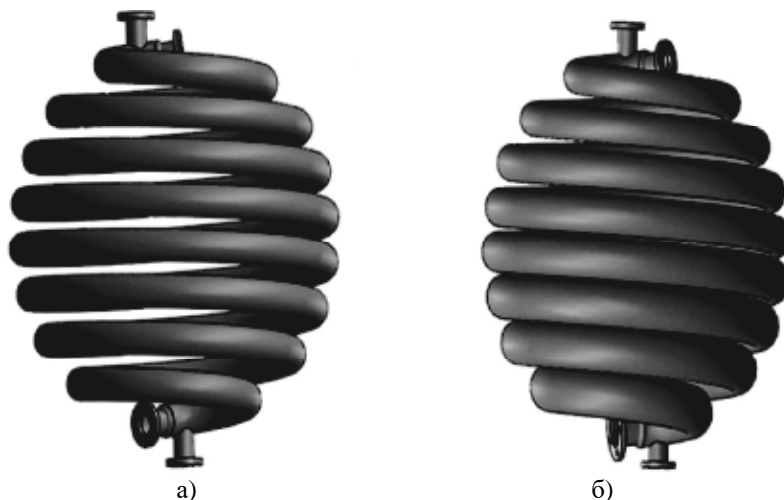


Рис. 3. Змеевиковый теплообменник в форме шара с теплообменными элементами в виде пружинно-витых каналов: а) из цилиндрических труб; б) из труб на конус

### Теоретическая часть

Рассмотрим пружинно-витой канал, витки которого выполнены из проволоки сечения вида овоида (рис. 4). Технология изготовления аналогичных труб изложена в работе [10]. Такая технология исключает явление наклепа при получении дискретно-шероховатых труб методом накатки.

Вначале определим вид уравнения овоида. Для этого рассмотрим способ его построения, представленный на рис. 4. Опуская вспомогательные преобразования, запишем неявные уравнения замкнутой дуги его.

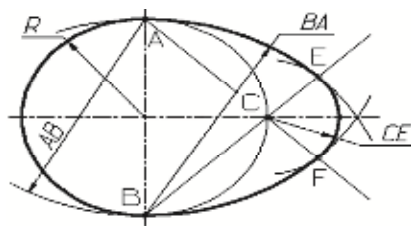


Рис. 4. Овоид

Уравнения замкнутой дуги овоида имеют вид:

$$\begin{aligned} x^2 + y^2 &= R^2, \text{ при } (x, y) \in \overline{AB}; \\ x^2 + (y + R)^2 &= 4R^2, \text{ при } (x, y) \in \overline{AE}; \\ (x - R)^2 + y^2 &= (2 - \sqrt{2})^2 R^2, \text{ при } (x, y) \in \overline{EF}; \\ x^2 + (y - R)^2 &= 4R^2, \text{ при } (x, y) \in \overline{BF}. \end{aligned}$$

Координаты точек сопряжения овоида  $A, B, E, F$  на плоскости следующие:

$$A(0; R), B(0; -R); E(\sqrt{2}R; R\sqrt{3 - 2\sqrt{2}}); F(\sqrt{2}R; -R\sqrt{3 - 2\sqrt{2}}).$$

В явном виде уравнение овоида задается:

$$y = F(x) = \begin{cases} \pm\sqrt{R^2 - x^2}, x \in [-R; 0], \\ \mp(R - \sqrt{4R^2 - x^2}), x \in (0; \sqrt{2}R), \\ \pm\sqrt{(2 - \sqrt{2})^2 R^2 - (x - R)^2}, x \in [\sqrt{2}R; (3 - \sqrt{2})R]. \end{cases} \quad (1)$$

Если предположить, что центр овоида находится в пространственной точке с координатами  $O'(x_0; y_0; z_0)$ , тогда любая точка на овоиде будет иметь координаты  $M(x-x_0; F(x-x_0); z-z_0)$ , где  $F(x)$  определяем из формулы (1).

Исследуемый нами канал представляет собой винтовую линию, как ось центров овоида, в нормальных поверхностях которой задаются овоиды (рис. 4), острые концы которых направлены внутрь винтовой линии.

Уравнение винтовой линии определяется по известным формулам:

$$l: \begin{cases} x = acost \\ y = asint. \\ z = 2Rt \end{cases} \quad (2)$$

Касательный вектор к линии (2), есть вектор, являющийся первой производной вектора винтовой линии  $\vec{r}(t)$ . Имеем:

$$\begin{aligned} \vec{r}(t) &= acost\vec{i} + asint\vec{j} + 2Rt\vec{k}, \\ \vec{r}'(t) &= -asint\vec{i} + acost\vec{j} + 2R\vec{k}. \end{aligned}$$

При каждом значении параметра винтовой линии (2)  $t$  зададим нормальную плоскость, в которой построим овоид. Уравнение нормальной плоскости запишем в виде:

$$P_i: -asintX + acostY + 2RZ - 4R^2t = 0. \quad (3)$$

В плоскости (3) зададим координатные оси вдоль векторов  $\vec{u}(t)$  и  $\vec{v}(t)$ , координаты последнего определим из условия ортогональности векторов  $\vec{r}'(t), \vec{u}(t)$  и  $\vec{v}(t)$ . Начало координат совпадает с точками  $O_i'(acost; asint; 2Rt)$ . Покажем, что векторы  $\vec{r}'(t), \vec{u}(t)$  перпендикулярны. Имеем  $\vec{u}(t) = acost\vec{i} + asint\vec{j}$ , тогда скалярное произведение векторов:

$$\vec{r}'(t) \cdot \vec{u}(t) = -a^2 costsint + a^2 costsint \equiv 0.$$

$$\vec{v}_i = \vec{u}_i \times \vec{r}'(t) = \begin{vmatrix} \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ acost & asint & 0 \\ -asint & acost & 2R \end{vmatrix} = 2Rasint\vec{i} - 2Racost\vec{j} + a^2\vec{k}.$$

Таким образом, в системе координат  $UO_iV$  овоид описывается в явном виде через функцию:

$$v(t) = F(u(t)) = \begin{cases} \pm\sqrt{R^2 - u(t)^2}, u(t) \in [0; R], \\ \mp(R - \sqrt{4R^2 - u(t)^2}), u(t) \in (-\sqrt{2}R; 0), \\ \pm\sqrt{(2 - \sqrt{2})^2 R^2 - (u(t) - R)^2}, u(t) \in [-(3 - \sqrt{2})R; -\sqrt{2}R], \end{cases} \quad (4)$$

где система координат  $UO_1V$  имеет взаимно однозначное соответствие с декартовой системой координат  $XOY$ , которое определяется следующим образом:

$$\begin{cases} u(t) = acost \cdot x + asint \cdot y \\ v(t) = 2aRsint \cdot x - 2aRcost \cdot y \\ \begin{cases} x = a^{-1}cost \cdot u(t) - (2aR)^{-1}sint \cdot v(t) \\ y = -a^{-1}sint \cdot u(t) - (2aR)^{-1}cost \cdot v(t) \end{cases} \end{cases} \quad (5)$$

Тогда точка на поверхности пружинно-витого канала, имеет координаты  $M(u(t);v(t);4R^2t+a/(2R)(xsint-ycost))$ , где  $v(t)$  из формулы (4), а  $x$ , из формулы (5).

Следующая поверхность представляет собой поверхность, образованную движением вдоль винтовой конической линии, подобной той, которая представлена на рис. 5, как оси центров овоидов, острые концы которых направлены внутрь винтовой конической линии.

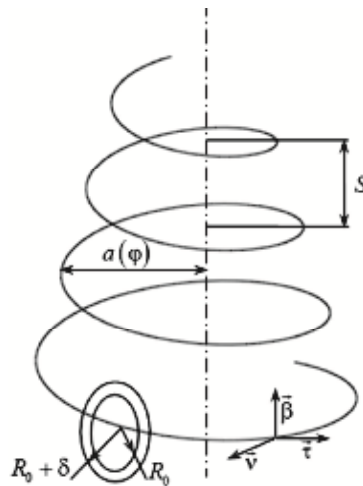


Рис. 5. Винтовая коническая линия

При этом уравнение такой винтовой линии задается:

$$l: \begin{cases} x = (a - kt)cost \\ y = (a - kt)sint, \\ z = 2Rt \end{cases} \quad (6)$$

где  $k$  – угловой коэффициент направляющей конической поверхности, вдоль которой идет винтовая линия. Тогда, принимая во внимание, что радиус  $a=a(t)=a-kt$  описание конического пружинно-витого канала будет полностью соответствовать формулам (4)-(5).

Третий вариант поверхности – это пружинно-витой канал, направленный около сферической поверхности. В этом случае винтовая линия, скользящая по сфере опишется следующим уравнением:

$$l: \begin{cases} x = \sqrt{A^2 - 4R^2t^2}cost \\ y = \sqrt{A^2 - 4R^2t^2}sint, \\ z = 2Rt \end{cases} \quad (7)$$

где  $A$  – заданный радиус сферы.

Тогда, полагая в этом случае, что  $a = a(t) = \sqrt{A^2 - 4R^2t^2}$ , описание сферического пружинно-витого канала будет также полностью соответствовать формулам (4)-(5).

Обобщая все вышеизложенные математические выкладки, можем утверждать, что формулы (4)-(5) являются общими для описания класса пружинно-витых каналов, расположенных вдоль поверхностей, произвольной осесимметричной формы.

Следовательно, для вычисления поверхности пружинно-витого канала, а также цилиндрического, конического и сферического каналов, будет соответствовать формула:

$$S_{нов} = 2 \int_{t_1}^{t_2} dt \int_{-(3-\sqrt{2})R}^R \sqrt{1 + (F'(u(t)))^2} du(t). \quad (8)$$

Таким образом, вычисляя по формуле (8) поверхность теплообмена и, сравнивая ее с цилиндрическими или с пружинно-витыми с круглыми сечениями, получаем очевидное

преимущество, предложенных нами, поверхностей. Так, например, длина замкнутой дуги овоида на 43,5 % больше длины дуги окружности того же радиуса. Следовательно, поверхность теплообмена при одинаковой длине канала будет увеличена, это приведет к увеличению коэффициента теплопередачи, что, в свою очередь, повлечет снижение металлоемкости теплообменного аппарата.

### Заключение

Авторами предложено математическое описание трех поверхностей, в виде пружинно-витых каналов, направленных вдоль цилиндрического, конического и сферического объемных тел вращения. Сечение элементов пружинно-витого канала выполнено в виде овоида, центр которого движется по винтовой линии. Приведенная математическая модель является общей для пружинно-витых каналов с сечением в виде овоид, направленных вдоль любых осесимметричных объемных тел вращения. Показано, что данная конфигурация сечения обладает большей поверхностью теплообмена по сравнению с круглыми каналами такого же радиуса.

Следовательно, значимость полученных авторами результатов очевидна для разработки и создания эффективного теплообменного оборудования в строительной сфере, в ЖКХ, в системах отопления, горячего водоснабжения, что отвечает задачам экономии энергетических и других ресурсов. Поэтому, использование предложенных авторами каналов, позволят значительно повысить эффективность теплообменного оборудования, а также увеличат области для их применения. Вместе с тем, за счет увеличения поверхности теплообмена можно примерно в 1,5 раза уменьшить длину проточной части теплообменника, сделав его компактным.

### Список библиографических ссылок

1. Багоутдинова А. Г., Вачагина Е. К., Золотонос Я. Д. Змеевиковые теплообменники. Моделирование, расчет. Казань : КГАСУ, 2016. 245 с.
2. Крутова И. А. Экономическая эффективность модернизации теплообменного оборудования за счет замены гладкостенных теплообменных элементов на пружинно-витые каналы : сб. ст. Общество, наука, инновации (НПК-2016) / Киров, 2016. С. 3258–3263.
3. Евсеев Е. С., Золотонос А. Я., Золотонос Я. Д. Высокоэффективные теплообменные аппараты на базе теплообменных элементов в виде пружинно-витых труб // Труды Академэнерго. 2008. № 4. С. 18–33.
4. Heat pipe : пат. 7115227 США. 2006.
5. Method of heat extraction using a heat pipe : заяв. пат. 11530658 США. 2007.
6. Золотонос Я. Д., Вачагина Е. К., Крутова И. А., Багоутдинова А. Г. КГАСУ. Казань, 2017. 181 ил. Библ. 131 назв. Деп. ВИНТИ № 91 В2017 от 25.08.2017.
7. Долгов А. Н., Золотонос А. Я., Золотонос Я. Д. Определение коэффициентов теплопередачи через стенку пружинно-витых каналов теплообменных аппаратов // Труды Академэнерго. 2008. № 3. С. 13–25.
8. Антонов С. Ю., Антонова А. В., Золотонос Я. Д. Определение коэффициентов теплопередачи через стенку эллиптически гладких и пружинно-витых каналов теплообменных аппаратов // Известия КГАСУ. 2009. № 1 (11). С. 158–164.
9. Багоутдинова А. Г., Вачагина Е. К., Золотонос Я. Д. Математическое моделирование поверхностей теплообмена пружинно-витых каналов // Известия КГАСУ. 2017. № 3 (41). С. 146–157.
10. Полезная модель, секционный змеевиковый теплообменник : пат. 173387 Рос. Федерация № 2016144790, заявл. 15.11.2016 ; опубл. 24.08.17 ; бюл. № 24.
11. Kakac S., Liu H., Pramuanjaroenkij A. Heat exchangers: selection, rating, and thermal design : CRC press, 2012.
12. Попов И. А., Махьянов Х. М., Гуреев В. М. Физические основы и промышленное применение интенсификации теплообмена. Казань : Центр инновационных технологий, 2009. 560 с.



13. Астановский Д. Л., Астановский Л. З. Новая конструкция теплообменного аппарата // Химическое и нефтегазовое машиностроение. 2003. № 4. С. 13–15.
14. Костюков А. В., Алексеев Р. А. Повышение эффективности роторного теплообменника малоразмерного газотурбинного двигателя // Известия МГТУ МАМИ. 2012. № 1 (13). С. 52–58.
15. Хабибуллин Ю. Х., Барышева О. Б. Энергосберегающий регулятор расхода воздуха // Известия КГАСУ. 2013. № 1 (23). С. 150–153.

**Zolotonosov Yakov Davidovich**

doctor of technical sciences, professor

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

**Gorskaya Tatyana Yurievna**

candidate of technical sciences, associate professor

E-mail: [tatyana\\_gorskaya@mail.ru](mailto:tatyana_gorskaya@mail.ru)

**Martynov Petr Olegovich**

post-graduate student

**Kazan State University of Architecture and Engineering**

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

**A mathematical model of the heat exchanger with a spring-twisted channel made of elements of ovoid****Abstract**

*Problem statement.* The aim of this study is to build mathematical models of heat exchanger, the heat exchange element which is made of wire with cross section in the form ovoid.

The authors also offered two options efficient devices heat exchanger – cylindrical and conical shapes, considered on the basis of heat-exchange elements/

This work is a continuation of the emerging scientific research regarding the creation of innovative heat exchangers, characterized by high thermal dynamic properties.

*Results.* The main results of the study are that the authors were able, using analytical and differential geometry mathematically describe the complex surface of the heat exchange element, which will continue to carry out theoretical substantiation of application of the proposed surfaces.

*Conclusions.* The significance of the results obtained for the construction industry is that heat exchangers developed by the authors, including in this article, allow, to a large extent, to intensify the heat exchange process in comparison with existing analogues, which is relevant for heating systems, hot water supply for consumers in the housing and communal services system, in urban development, in the creation of housing complexes that meet the challenges of saving energy and other resources.

**Keywords:** mathematical modeling, hydromechanics, heat exchange, spring-twisted channel, ovoid, intensification of heat transfer.

**References**

1. Bagoutdinova A. G., Vachagina E. K., Zolotonosov Ya. D. Coil heat exchangers. Modeling, calculation. Kazan : KGASU. 2016. 245 p.
2. Krutova I. A. Economic efficiency of modernization of heat-exchange equipment by replacing the smooth-walled heat transfer elements on the spring-twisted channels : dig. of art. Society, science and innovation (TS-2016), Kirov, 2016. P. 3258–3263.
3. Evseev E. S., Zolotonosov A. J., Zolotonosov Ya. D. Highly efficient heat transfer devices based on heat-exchange elements in the form of spring-twisted pipe // Trudy academenergo. Kazan. 2008. № 4. P. 18–33.
4. Heat pipe : pat. 7115227 USA. 2006.

5. Method of heat extraction using a heat pipe : stated. pat. 11530658 USA. 2007.
6. Zolotonosov Ya. D., Vachagina E. K., Krutova I. A., Bagoutdinova A. G. KGASU. Kazan, 2017. 181 ll. Bibl. 131 the name. DEP. VINITI № 91 B2017 from 25.08.2017.
7. Dolgov A. N., Zolotonosov A. I., Zolotonosov Ya. D. Determination of coefficient of heat transfer through the wall of spring-twisted channels of heat exchangers // Trudy academenergo. 2008. № 3. P. 13–25.
8. Antonov S. Yu., Antonov A. V., Zolotonosov Ya. D. Determination of the coefficients of heat transfer through the wall is elliptically smooth and spring-twisted channels of heat exchangers // Izvestiya KGASU. 2009. № 1 (11). P. 158–164.
9. Bagoutdinova A. G., Vachagina E. K., Zolotonosov Ya. D. Mathematical modeling of the heat transfer surfaces of spring-twisted channels // Izvestiya KGASU. 2017. № 3 (41). P. 146–157.
10. Utility model sectional coil heat exchanger: patent 173387 of the Rus. Federation 2016144790, Appl. 15.11.2016 ; publ. 24.08.17 ; bull. № 24.
11. Kakac S., Liu H., Pramuanjaroenkij A. Heat exchangers: selection, rating, and thermal design : CRC press, 2012.
12. Popov I. A., Makhyanov Kh. M., Gureev V. M. Physical basis and industrial application of heat exchange intensification. Kazan : Center for Innovative Technologies, 2009. 560 p.
13. Astanovsky D. L., Astanovsky L. Z. A new design of a heat exchange apparatus // Chemical and oil and gas engineering. 2003. № 4. P. 13–15.
14. Kostyukov A. V., Alekseev R. A. Improving the efficiency of rotary heat exchanger of small gas turbine engine // Proceedings of the MSTU MAMI. 2012. № 1 (13). P. 52–58.
15. Khabibullin Y. C., Barysheva O. B. Energy-Saving control of air flow // Izvestiya KGASU. 2013. № 1 (23). P. 150–153.

УДК 66.045.122

**Фаизов Азат Ильясович**

аспирант

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

**Садыков Ренат Ахатович**

доктор технических наук, профессор

E-mail: [sadykov\\_r\\_a@mail.ru](mailto:sadykov_r_a@mail.ru)

**Казанский государственный архитектурно-строительный университет**

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

**Антропов Дмитрий Натанович**

кандидат технических наук

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

**АО «Эталон ТКС»**

Адрес организации: 420095, Россия, г. Казань, ул. Восстания, д. 100 (Химгад)

### **Проектирование и расчет блочного подогревателя нефти с термомасленным котельным агрегатом**

#### **Аннотация**

*Постановка задачи.* Проектирование блочного подогревателя нефти, производительностью 40 т/ч при ее нагреве от 10 до 60 °С. В качестве исходного топлива использован природный или попутный нефтяной газ, а рабочее тело – термальное масло.

*Результаты.* По результатам тепло-технических расчетов спроектирован блочный подогреватель нефти с термомасленным котельным агрегатом, состоящий из двух модулей: модуль теплогенерации (с котельным агрегатом и блоком подготовки топлива) и модуль теплообмена (с кожухотрубчатый теплообменным аппаратом и блоком автоматики). Представлено описание и работа подогревателя с термомасленным котельным агрегатом.

*Выводы.* Значимость полученных результатов для строительной отрасли заключается в том, что данный подогреватель способен работать в режиме отопления или ГВС, при переключении системы автоматики на соответствующие установки. Разработанный блочный подогреватель нефти в сравнении с существующими аналогами обладает следующими преимуществами: имеет компактные габариты и высокую удельную мощность, блок управления оснащен автоматизированным микропроцессорным комплексом (АМК-1), а модульность конструкции позволяет осуществлять его перевозку любым видом грузового транспорта или воздушным путем.

**Ключевые слова:** теплогенерация, подогрев нефти, котельная установка, теплоноситель, термальное масло, мобильный, автоматизация.

#### **Введение**

Топливо-энергетический комплекс (ТЭК) является одной из базовых отраслей экономики России. Между добычей и переработкой нефти и газа находится важное звено ТЭК – магистральные трубопроводы. Работа трубопроводной системы увязывается и согласовывается с другими различными транспортными системами.

При больших объемах транспортируемых нефтепродуктов их хранение обусловлено неравномерностью потребления и рядом других причин, поэтому только разветвленная сеть трубопроводов в четкой согласованности с другими системами транспорта позволяет снизить объемы хранения необходимого количества нефтепродуктов [1].

Физические свойства высоковязкой нефти, транспортируемой по трубопроводам, в высокой степени зависят от температуры. А это значит, что температура является одним из основных параметров, технологических режимов транспортировки нефти [2]. С целью улучшения реологических свойств и снижения вязкости нефти при транспортировке к нефтеперерабатывающим предприятиям, осуществляется предварительный подогрев нефти. Блочные подогреватели нефти (БПН) устанавливаются у устья скважины, предупреждают парафинизацию труб, снижают потери энергии, связанные с ее перекачкой по

трубопроводам. С целью повышения энергоэффективности БПН проанализированы следующие часто используемые теплоносители: пресная вода, 45 % водный раствор пропиленгликоля, водяной пар, термальное масло ТЛВ-330 [3]. Подсчитано, что на нагрев нефти от 10 до 60 °С при расходе в 40 т/ч необходимо 1,5 МВт энергии. Результаты расчетов, сравнительный анализ и подбор теплообменных аппаратов по требуемой поверхности теплообмена с вышеуказанными теплоносителями (ТН) представлены в табл. [4].

Таблица

**Сравнительный анализ теплоносителей**

Теплоноситель	Пресная вода	45 % водный раствор пропиленгликоля	Водяной пар	Термальное масло ТЛВ-330
Коэффициент теплопередачи, $Вт/(м^2 \cdot К)$	336	291,4	474	392,4
Требуемая площадь теплообмена, $м^2$	98	113	19,95	12,38
Действительная площадь теплообмена, $м^2$	100,8	125,9	20,9	12,8
Габариты теплообменного аппарата, мм	600×6000	800×3000	400×2000	273×300

Теплотехнические расчеты показали, что термомасленный ТН ТЛВ-330 имеет наилучшие совокупные показатели (табл.). Кроме того высокотемпературные органические теплоносители эффективнее предотвращают процесс парафинизации труб вследствие высокой температуры ТН, при отсутствии необходимости поддержания высокого давления, как это происходит в паровых котлах. Для этого вида ТН был подобран горизонтальный газовый термомасленный котел фирмы ЯроМакс типоразряда ВОТ 1500-30-1 ПГ мощностью от 300 до 1500 кВт и расходом термального масла до 90 м<sup>3</sup>/ч [5].

Множество разнообразных производственных процессов, связанных с водными ТН (пресная вода, пар) требуют предварительной его обработки (деаэрация, деминерализация и др.), что связано со значительными эксплуатационными и др. расходами. Применение же органических теплоносителей является альтернативой водным ТН и весьма удобным решением достижения повышенных температур (при умеренно низких рабочих давлениях) в производственных процессах. Кроме того термомасленные нагревательные системы имеют много других преимуществ [4]. Необходимо отметить, что за счет высокой теплоносущей способности термального масла, уменьшается необходимый объем ТН и соответственно уменьшаются габариты и масса БПН. При соблюдении правил эксплуатации – гарантийный срок использования ТН (ТЛВ-330) не ограничен [3], благодаря чему уменьшаются эксплуатационные расходы всей термомасленной системы [6].

**Значимость для строительной отрасли**

В России в связи с широко развёрнутым строительством жилых строений в районах, где не имеется центральное теплоснабжение, мобильные теплогенерирующие установки являются относительно не дорогим выходом из положения без необходимости прокладки дорогостоящих теплотрасс, где дополнительно теряется тепловая энергия.

БПН может применяться для отопления и горячего водоснабжения жилых домов, общественных зданий, производственных и складских помещений и сельскохозяйственных комплексов, удаленных на значительное расстояние от источников традиционных способов теплоснабжения. БПН может подключаться как к новой, так и к уже существующей системе отопления или ГВС. При отсутствии газоснабжения БПН может использовать в качестве топлива СПГ.

БПН можно использовать в качестве аварийной системы теплоснабжения при возникновении чрезвычайных ситуаций на ТЭЦ или котельных. БПН в силу своей мобильности и компактности может быть в короткие сроки доставлена в населенный пункт. Температура кристаллизации термального масла ТЛВ-330 не выше -40 °С [3], т.е.

нет опасности замерзания ТН даже при длительных остановках в зимний период или при транспортировке в отдаленные районы с низкой температурой окружающей среды.

### Описание тепловой схемы БПН

Нефть с температурой  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$  поступает в кожухотрубчатый теплообменный аппарат 11, где происходит ее нагрев до расчетной температуры в  $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ . На рис. 1 представлена тепловая схема БПН с термомасленным котлом 1 (ВОТ 1500-30-1 ПГ), который оборудован предохранительным клапаном 6 и системой слива теплоносителя. Для предварительного нагрева ТН в системе предусмотрен узел 1, который при помощи шаровых кранов 12 и исполнительных механизмов 13 позволяет ему циркулировать по малому гидравлическому контуру (узел 1).

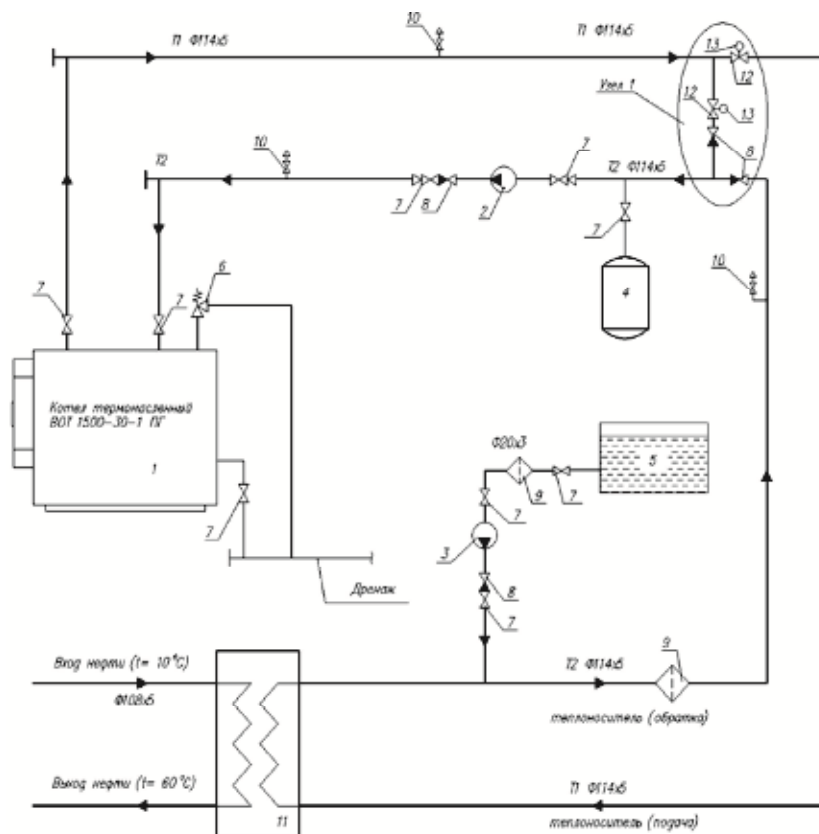


Рис. 1. Аппаратурно-технологическая схема подогревателя нефти:

- 1 – котел термомасленный; 2 – сетевой насос; 3 – насос подпитки теплоносителя;
- 4 – бак расширительный; 5 – бак запаса теплоносителя; 6 – клапан предохранительный;
- 7 – шаровые краны; 8 – клапан обратный; 9 – фильтр магнитный сетчатый; 10 – автоматический воздухоотводчик; 11 – теплообменник кожухотрубчатый; 12 – шаровые краны без рукоятки;
- 13 – исполнительный механизм

При достижении заданной температуры ТН автоматика выводит подогреватель на рабочий режим изменением положения запорной арматуры 12 исполнительными механизмами 13. Циркуляцию органического теплоносителя (ТН) обеспечивает высокотемпературный сетевой насос 2 (ТОЕ-М) с рабочей температурой термального масла до  $350\text{ }^{\circ}\text{C}$  [7]. Подпитка осуществляется из бака запаса теплоносителя 5 при помощи подпиточного насоса 3. Бак запаса теплоносителя 5 оборудован подушкой из инертного газа-азота, которая предотвращает его окисление. Вспомогательная арматура (поз. 6÷10) подобрана для работы в условиях достаточно высоких температурах (до  $300\text{ }^{\circ}\text{C}$ ).

После монтажа оборудования и соединения всех трубопроводов, подогреватель представляет собой единый блок (рис. 2), состоящий из двух основных модулей: модуля теплогенерации и модуля теплообмена.

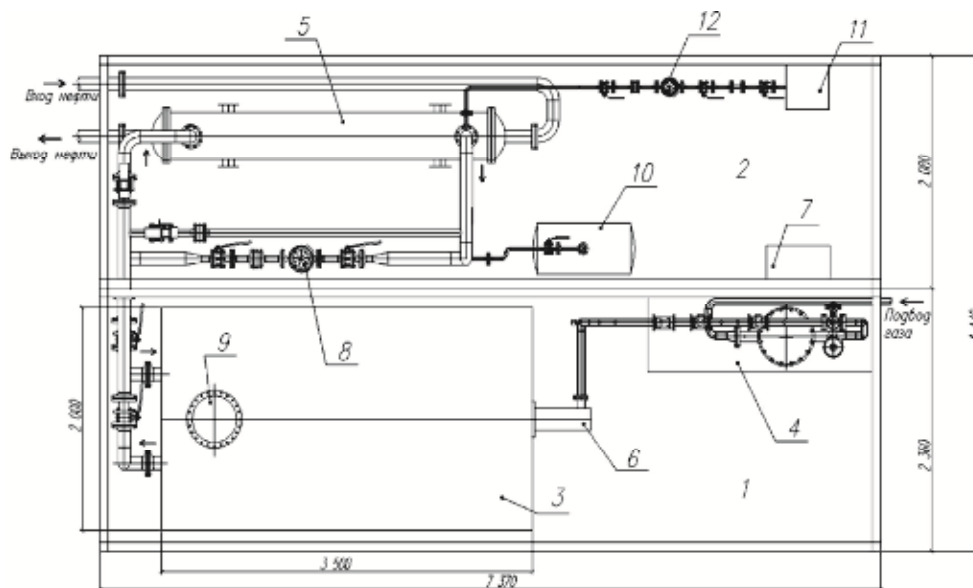


Рис. 2. Чертеж БПН (вид сверху):

- 1 – модуль теплогенерации; 2 – модуль теплообмена; 3 – термомасленный котел;  
 4 – блок подготовки топлива; 5 – кожухотрубчатый теплообменник; 6 – горелочное устройство;  
 7 – блок системы автоматики и безопасности; 8 – сетевой насос; 9 – дымовая труба;  
 10 – расширительный бак; 11 – емкость для подпитки теплоносителя; 12 – насос подпитки

В модуле теплогенерации 1 с габаритами 7370 на 2360 мм, присутствует блок подготовки топлива 4, который подает очищенное газовое топливо в горелочное устройство 6 термомасленного котла 3, удаление отработанных газов обеспечивается при помощи дымовой трубы 9, которая при транспортировке помещается, в модуль теплообмена 2. В модуле теплообмена 2, при габаритах 7370 на 2080 мм, установлен кожухотрубчатый теплообменник 5 и блок управления автоматикой 7.

#### Автоматика блочного подогревателя нефти

Для поддержания оптимальных режимов работы и контроля основных параметров в БПН используется автоматизированный микропроцессорный комплекс АМК-1, который полностью обеспечивает автоматическое управление процессом и оборудованием (по команде с верхнего уровня – по команде диспетчера) (рис. 3); аварийную защиту и сигнализацию; автоматическое регулирование контрольных параметров; представление на дисплее комплекса значений технологических параметров, регулирование исполнительными механизмами (ИМ) с клавиатуры комплекса (включительно в ручном режиме); связь с внешними устройствами – компьютером, модемом, радиомодемом; защиту от некорректных действий оператора; несанкционированного доступа к управлению техпроцессом и ИМ; архивирование событий (пуск, останов и т.п.), измеряемых рабочих параметров; нештатных ситуаций; предыстории аварии; автоматическую самодиагностику и диагностику технологического оборудования.

Исходя из специфики объекта, автоматическая система управления (АСУ) БПН строится как многоуровневая иерархическая децентрализованная система (рис. 3).

Первый – нижний уровень включает в себя измерительные датчики, исполнительных устройств, нормирующие преобразователи и др.

Второй – уровень управления включает в себя программируемые логические контроллеры с модулями ввода/вывода, решающие задачи контроля и управления оборудованием технологических участков.

Третий – верхний уровень включает в себя автоматическое рабочее место (АРМ) оператора. Комплекс АМК-1 имеет возможность дистанционной передачи данных о работе подогревателя на АРМ-оператор. При необходимости контроль за несколькими БПН можно объединить в одну систему [8].

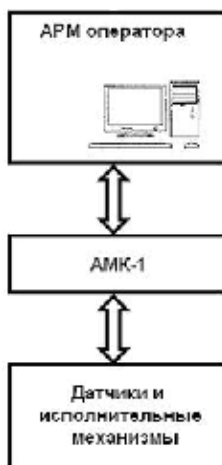


Рис. 3. Структура АСУ подогревателя

### Характеристика проектируемой системы автоматизации

Одной из основных целей автоматизации технологического процесса является повышение надёжности, эффективности и безопасности работы всего оборудования. Система автоматизации предназначена для автоматического управления процессами подготовки к работе, розжига, останова, с дистанционной передачей информации о протекании технологического процесса.

Целевым критерием разработки системы является минимум материальных и энергетических затрат при заданной производительности технологического процесса и достижение полной аварийной безопасности при различных режимах технологического процесса. Информационная вычислительная машина системы автоматизации получает данные о текущем состоянии контролируемого термомасленного котла благодаря различным датчикам. Процедура их обработки предусматривает запоминание, хранение и сопоставление с обобщенными показателями, характеризующие режим работы БПН. Оператор получает на экране указания прошедшие обработку по принципу необходимости в конкретном режиме. Этим ускоряется анализ состояния БПН и в действительности повышается надежность оперативного управления, которая крайне важна при аварийных ситуациях [9].

Структура и состав комплекса технических средств выбиралась с учетом следующих требований: стабильное поддержание выходной температуры нефти (или воды для системы отопления и ГВС); увеличение производительности подогревателя; выбора рациональных режимов в условиях многосвязанного регулирования с учетом показаний промышленных датчиков и анализаторов, установленных на оборудовании и оперативной корректировки управления; получение в реальном времени информации о ходе технологических процессов; диагностика и предупреждение возникновения аварийных ситуаций [10].

К основным параметрам контроля и индикации относятся: температуры подачи и обратки термомасла, уходящих газов; давления термомасла, воздуха, топлива перед горелкой; уровня жидкости в баке подпитки; достижения температуры подачи термомасла и давления газа за основным запорным органом предельно-допустимых значений; наличия факела запальника и факела горелки; положения запорной арматуры. Так же АМК-1 поддерживает оптимальное соотношение воздуха и газообразного топлива [11], подаваемого к горелке термомасленного котла, в зависимости от выбранного режима и других параметров системы.

### Заключение

1. Спроектирован компактный блочный подогреватель нефти, транспортировка которого возможна любым видом грузового транспорта.

2. Использование термального масла ТЛВ-330 в качестве высокотемпературного теплоносителя является альтернативой и весьма удобным решением для достижения повышенных температур при достаточно низком рабочем давлении в сравнении с водными ТН.

3. Органический теплоноситель циркулирует в замкнутом контуре и сохраняя свои свойства в течение длительного времени, что приводит к снижению эксплуатационных расходов всей системы и себестоимости обслуживания.

4. Термальное масло (ТЛВ-330) имеет достаточно широкий диапазон рабочих температур (от  $-45$  до  $350$  °С), и пригоден для использования в северных широтах с низкой температурой окружающей среды.

5. БПН, при необходимости, может применяться для отопления помещений или для ГВС как стационарная котельная или при ЧС на централизованных системах теплоснабжения.

6. АСУ БПН на базе АМК-1 существенно повышает надежность обслуживания, обеспечивает сокращение простоев, улучшает условия труда персонала.

### Список библиографических ссылок

1. Коннова Г. В. Оборудование транспорта и хранения нефти и газа. Ростов н/Д. : Феникс, 2006, 128 с.
2. Махмотов Е. С. Нефтесмеси, транспортируемые по магистральным нефтепроводам АО «КазТрансОйл». Алматы : Жибек Жолы, 2009. 530 с.
3. Теплоноситель ТЛВ-330 // [tlv-330.ru](http://tlv-330.ru) : официальный сайт. URL: <http://tlv-330.ru/tlv-330> (дата обращения: 09.10.2017).
4. Фаизов А. И., Садыков Р. А. Анализ габаритов теплообменного аппарата при использовании различных теплоносителей для подогрева нефти : сб. тр. XVI Международного симпозиума «Энергоресурсоэффективность и энергосбережение» / ИП Шайхутдинов А.И., Казань, 2016. С. 481–483.
5. Газовые термомасляные котлы ЯроМакс на 1000-2750 кВт // [yaromax.com](http://yaromax.com) официальный сайт. URL: <http://yaromax.com/default.aspx?page=12> (дата обращения: 15.09.2017).
6. Костылев И. И., Петухов В. А. Особенности применения термомасел в судовых системах обогрева // Судовые системы / ГМА им. адм. С.О. Макарова. СПб. 2010. 63 с.
7. Малый центробежный насос серии ТОЕ-М1 // [speck-pump.ru](http://speck-pump.ru) : официальный сайт. URL: <http://speck-pump.ru/18-malye-tsentrobeznyye-nasosy/68-tsentrobeznyj-nasos-toe-m1> (дата обращения: 15.09.2017).
8. Ключев А. С., Глазов Б. В., Дубровский А. Х., Ключев А. А., Проектирование систем автоматизации технологических процессов. М. : Энергоатомиздат, 1990. 464 р.
9. Zentrales management dezentraler KWK-Anlagen // Euroheat and : Fernwärme Int. 202. 31, Spec. С. 8–10.
10. Nicholson Ph. Reduce power plant control system costs without comprising plant reliability: Conf. Proc. Vol. 2. 7<sup>th</sup> Annu. Power Gen Asia 1999 incorp. Distribu Tech Asia'99, Singapore. 455 с.
11. Автоматизированный микропроцессорный комплекс АМК-1 // [mcsys.ru](http://mcsys.ru) : официальный сайт. URL: <http://www.mcsys.ru/prod/amk/#1> (дата обращения: 09.10.2017).
12. Таймаров М. А., Ахметова Р. В., Лавирко Ю. В. Исследование излучательной способности конструкционных материалов и рабочих сред, применяемых в энергетике. Казань : ООО «ИПК «Бриг», 2016. 180 с.



**Faizov Azat Ilyasovich**

post-graduate student

E-mail: [azatazatka@mail.ru](mailto:azatazatka@mail.ru)**Sadykov Renat Akhatovich**

doctor of technical sciences, professor

E-mail: [sadykov\\_r\\_a@mail.ru](mailto:sadykov_r_a@mail.ru)**Kazan State University of Architecture and Engineering**

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

**Antropov Dmitry Natanovich**

candidate of technical sciences

E-mail: [antropov@mesys.ru](mailto:antropov@mesys.ru)**JSC «Etalon TKS»**

The organization address: 420095, Russia, Kazan, Vosstania st., 100

**Design and calculation of block heater oil with thermal oil boiler unit****Abstract**

*Problem statement.* Design of a block oil heater with a capacity of 40 t/h at its heating from 10 to 60 ° C. As a source fuel, natural or associated petroleum gas is used, and the working fluid is thermal oil.

*Results.* Based on the results of heat and technical calculations, a block oil heater with a thermo-oil boiler unit was designed, consisting of two modules: a heat generation module (with a boiler unit and a fuel preparation unit) and a heat exchange module (with shell-and-tube heat exchanger and automation unit). The description and operation of a heater with a thermo-oil boiler unit is presented.

*Conclusions.* The significance of the results obtained for the construction industry is that this heater is capable of operating in the heating or DHW mode, when switching the automation system to the corresponding installations. The developed block heater of oil in comparison with existing analogues has the following advantages: it has compact dimensions and high specific power, the control unit is equipped with an automated microprocessor complex (AMK-1), and the modularity of the structure allows it to be transported by any kind of freight transport or by air.

**Keywords:** heat generation, heating of oil products, boiler plant, coolant, thermal oil, mobile, automation.

**References**

1. Konnova G. V. Equipment for transport and storage of oil and gas. Rostov on/D. : Phenix, 2006. 128 p.
2. Makhmotov E. S. Oil mixtures, transported along main oil pipelines of JSC «KazTransOil». Almaty : Zhibek Zholy, 2009. 530 p.
3. Heat carrier TLV-330 // [tlv-330.ru](http://tlv-330.ru): official site. URL: <http://tlv-330.ru/tlv-330> (reference date: 09.10.2017).
4. Faizov A. I., Sadykov R. A. Analysis of the dimensions of the heat exchanger using various heat carriers for heating oil : proceedings of the XVI International symposium «Energy Resource Efficiency and Energy Saving» / IP Shaikhutdinov A.I., Kazan, 2016. P. 481–483.
5. Gas heat-oil boilers YaroMax for 1000-2750 kW // [yaromax.com](http://yaromax.com) official site. URL: <http://yaromax.com/default.aspx?page=12> (reference date: 15.09.2017).
6. Kostylev I. I., Petukhov V. A. Features of application of thermal oils in ship heating systems // Sudovyye sistemy / GMA after adm. S.O. Makarova. SPb. 2010. 63 p.

7. Small centrifugal pump series TOE-MI // speck-pump.ru: official site. URL: <http://speck-pump.ru/18-malye-tsentrobezlhnye-nasosy/68-tsentrobezlhnyj-nasos-toe-mi> (reference date: 15.09.2017).
8. Klyuev A. S., Glazov B. V., Dubrovsky A. Kh., Klyuyev A. A. Designing of systems of automation of technological processes. M. : Energoatomizdat, 1990. 464 p.
9. Zentrales management dezentraler KWK-Anlagen // Euroheat and : Fernwarme Int. 202.31, Spec. P. 8–10.
10. Nicholson Ph., Reduce power plant control system costs without comprising plant reliability: Conf. Proc. Vol. 2. 7<sup>th</sup> Annu. Power Gen Asia 1999 incorp. Distribu Tech Asia'99, Singapore. 455 p.
11. Automated microprocessor complex AMK-1 // mcsys.ru: official site. URL: <http://www.mcsys.ru/prod/amk/#1> (reference date: 09.10.2017).
12. Taimarov M. A., Akhmetova R. V., Lavirko Yu. V. Investigation of the emissivity of structural materials and working media used in power engineering. Kazan : IPC «Brig», 2016. 180 p.



УДК 691.332

**Мухаметрахимов Рустем Ханифович**

кандидат технических наук, доцент

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

**Галаутдинов Альберт Радикович**

ассистент

E-mail: [galautdinov89@mail.ru](mailto:galautdinov89@mail.ru)

**Казанский государственный архитектурно-строительный университет**

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

### **Механоактивированное гипсоцементно-пуццолановое вяжущее на основе модифицированного низкомарочного сырья<sup>1</sup>**

#### **Аннотация**

*Постановка задачи.* Гипсоцементно-пуццолановые вяжущие на основе низкомарочного гипса и изделия на их основе удовлетворяют современным экологическим и экономическим требованиям. Однако низкая водостойкость гипса ограничивает их широкое применение. Цель исследования – расширить область применения гипсоцементно-пуццоланового вяжущего за счет повышения его эксплуатационных характеристик путем модификации структуры химическими добавками с последующей механоактивацией вяжущего в водной среде.

*Результаты.* В работе изучены реологические и физико-механические свойства модифицированного низкомарочного гипсоцементно-пуццоланового вяжущего. Показано положительное влияние химической модификации вяжущего на кинетику его начального структурообразования и твердения, на пределы прочности и показатели поровой структуры. Установлено, что механоактивация модифицированного низкомарочного вяжущего в водной среде в течение 1-5 минут приводит к повышению пределов прочности образцов при сжатии на 23,3-28,9 %, при изгибе – на 50,3-61,4 %.

*Выводы.* Значимость полученных результатов для строительной отрасли состоит в возможности получения изделий с повышенными физико-механическими характеристиками при сокращении сырьевых затрат за счет модификации структуры гипсоцементно-пуццоланового вяжущего химическими добавками с последующей механоактивацией в водной среде.

**Ключевые слова:** гипсоцементно-пуццолановое вяжущее, комплексная добавка, пористость, кинетика твердения, механоактивация.

#### **Введение**

Для современного строительства необходимы экологически безопасные и долговечные материалы и изделия, основу которых составляет широко распространенное, доступное сырье, а также вторичное сырье и отходы различных производств [1]. Это позволяет снизить затраты на производство материалов и изделий, потребность в капитальных вложениях на развитие материальной базы строительства и одновременно решать задачи охраны окружающей среды. К ним можно отнести материалы и изделия на основе гипсового и гипсоцементно-пуццоланового вяжущего (ГЦПВ) [2, 3, 4] с применением низкомарочного гипса. Данные материалы и изделия имеют ряд преимуществ по сравнению с другими широко применяемыми в настоящее время аналогами, которые обусловлены широко развитой отечественной минерально-сырьевой базой, значительным количеством разведанных запасов, невысокой стоимостью и экологичностью производства.

Вместе с тем, применение изделий на основе гипса, в том числе ГЦПВ, в некоторой степени сдерживается в связи с присущими им недостатками, такими как низкая водостойкость, быстрые сроки схватывания смеси, затрудняющие процессы формования

---

<sup>1</sup>Работа поддержана грантом Президента РФ для государственной поддержки молодых российских ученых (МК-2509.2018.8).

изделий, нестабильность гипсоцементных систем, связанная с образованием этtringита при гидратации вяжущего, а также относительно невысокие прочностные показатели.

Для повышения физико-механических свойств изделий на основе ГЦПВ традиционно применяются пластифицирующие добавки, введение которых снижает водопотребность смеси и приводит к формированию более плотной поровой структуры образцов [5, 6]. Это позволит повысить показатели водостойкости готовых изделий, а также их пределы прочности. Однако уменьшение количества воды затворения сокращает сроки начала и конца схватывания гипсоцементно-пуццолановых систем. В этой связи весьма интересны исследования, направленные на разработку комплексных пластифицирующих добавок, обладающих эффектом замедления кинетики начального структурообразования вяжущих, не влияющие на кинетику твердения и прочность изделий на их основе [7, 8].

Поэтому работы, направленные на исследования современных пластифицирующих добавок в гипсоцементно-пуццолановых композициях, а также разработка комплексных добавок (КД), обладающих эффектом повышения прочности изделий при замедлении кинетики начального структурообразования, является актуальной задачей, позволяющей расширить область применения ГВ при производстве широкого спектра строительных изделий [9, 10].

Другим эффективным способом повышения физико-механических характеристик изделий является механохимическая активация вяжущего на основе низкомарочного сырья [11, 12, 13]. При механоактивации смеси часть подводимой механической энергии преобразуется с появлением новых поверхностей, различных локальных дефектов, характер и количество которых определяет химические свойства гидратных новообразований [14].

Выбор эффективного способа активации гипсоцементно-пуццолановой смеси, осуществляемый по критерию максимальных модифицирующих эффектов активации и минимальных удельных энергетических затрат, позволит существенно повысить качество строительных материалов, а также управлять процессами структурообразования композиционных вяжущих [15].

### **Материалы и методы исследований**

При проведении экспериментальных исследований были использованы следующие материалы:

а) вяжущие:

- гипсовое вяжущее Г6БП производства ООО «Аракчинский гипс» ГОСТ 125-79;
- портландцемент ПЦ500-Д0-Н Белгородского цементного завода.

б) активная минеральная добавка: активированный метакаолин (метакаолин-А) [16, 17], полученный термической обработкой каолина, произведенного ООО НПП «Промышленные минералы» по ТУ 5729-016-48174985-2003, при температуре 600°C в течение 45 минут, с последующей кислотной активацией в растворе муравьиной кислоты при массовом соотношении Т:Ж = 1:1 и измельчением.

в) пластифицирующие добавки (ПД):

- суперпластификатор «БЕСТ-ТБ», производства ООО «Инновационные Технологии»: суперпластификатор первой группы, сополимер на основе эфиров карбоновых кислот с фосфатным компонентом. Темно-коричневая жидкость с плотностью при температуре 20°C – 1,24 г/см<sup>3</sup>, массовая доля сухого вещества – 20-30%;

- пластификатор первой группы «Одолит-К», произведенный ООО «Сервис-Групп» по ТУ 5745-01-96326574-08 на карбоксилатной основе – полупрозрачная вязкая жидкость (водный раствор без содержания хлора), плотность – 1,06 г/см<sup>3</sup>, рН при температуре 20°C – 6,9, придает гипсоцементной смеси самоуплотняющиеся свойства, ускоряет схватывание.

г) вода:

- водопроводная питьевая вода по ГОСТ 23732.

Для получения ГЦПВ смешивали его компоненты в сухом виде в необходимых соотношениях. Реологические свойства гипсоцементно-пуццолановой смеси и пределы прочности гипсоцементно-пуццоланового камня (после твердения в течение 28 суток)

определяли по методике ГОСТ 23789-79. Механоактивацию ГЦПВ осуществляли в водной среде в присутствии разработанной КД.

### Структура и свойства модифицированного гипсоцементно-пуццоланового камня

В ранее выполненных исследованиях установлено, что суперпластификатор первой группы «Бест-ТБ» обладает эффектом замедления кинетики начального структурообразования, что выражается в значительном удлинении сроков начала и конца схватывания гипсоцементно-пуццолановой смеси [18].

Также установлено [19], что введение в состав вяжущего гиперпластификатора «Одолит-К» приводит к значительному снижению водопотребности смеси и повышению пределов прочности образцов при изгибе и сжатии. Однако при использовании данного гиперпластификатора наблюдается сокращение сроков схватывания смеси, что значительно затрудняет процесс формования образцов.

Вышеуказанные пластифицирующие добавки «Бест-ТБ» и «Одолит-К» [20] были приняты для дальнейших исследований в качестве компонентов разрабатываемой КД для ГЦПВ. Результаты экспериментальных исследований влияния КД с различным содержанием в составе вяжущего и соотношением входящих в ее состав компонентов на нормальную густоту и сроки схватывания гипсоцементно-пуццолановой смеси приведены в табл. 1.

Таблица 1

**Влияния КД на нормальную густоту и сроки схватывания гипсоцементно-пуццолановой смеси**

Вид ГП		Содержание КД, % от массы вяжущего	В/Т	Сроки схватывания, мин	
Одолит-К	Бест-ТБ			Начало	Конец
-	-	-	0,53	7,5	10
75	25	1	0,38	9,5	11,5
50	50		0,41	19,5	21
25	75		0,43	40	43
75	25	1,5	0,35	24	26,5
50	50		0,38	56	61
25	75		0,42	64	69,5

Как видно из табл. 1, разрабатываемая КД оказывает положительное влияние на процессы структурообразования гипсоцементно-пуццоланового камня, что выражается в изменении водопотребности вяжущего и сроков схватывания смеси. Так применение КД в зависимости от ее состава и содержания в составе смеси позволяет значительно снизить водопотребность ГЦПВ – на 19-34 %, и удлинить сроки начала и конца схватывания на 56,5 мин. и 59,5 мин. соответственно, что упрощает процессы формования образцов.

Снижение водопотребности ГЦПВ способствует формированию более плотной структуры образцов. Влияние КД и ее компонентов на формирование поровой структуры ГЦПК показано в табл. 2. Исследования выполняли по методике, изложенной в ГОСТ 12730.4-78. Для исключения растворения сульфата кальция, образцы гипсоцементно-пуццоланового камня (ГЦПК) насыщали керосином.

Таблица 2

**Показатели пористости образцов ГЦПК**

Вид добавки	Содержание добавки, %	Показатели поровой структуры				
		Полный объем пор, (P <sub>п</sub> )	Объем открытых капиллярных пор, (P <sub>о</sub> )	Объем открытых некапиллярных пор, (P <sub>не</sub> )	Объем условно-закрытых пор, (P <sub>з</sub> )	Показатель микропористости, (P <sub>мк</sub> )
-	-	42,2	23,7	1,2	17,3	0,18
КД	2,0	31,1	6,1	0,2	24,8	0,57

Из табл. 2 следует, что введение КД в состав ГЦПВ приводит к улучшению показателей микропористости образцов ГЦПК по сравнению с составом без добавок. Так в образцах с КД наблюдается снижение полного объема пор на 11,1 %, снижение объема открытых капиллярных пор на 17,6 %, открытых некапиллярных пор – на 1,0 %, увеличение объема условно-закрытых пор на 7,5 %, показателя микропористости – на 0,39. Это свидетельствует о формировании более плотной структуры ГЦПК.

Применение разрабатываемой КД для модификации ГЦПВ позволяет увеличить пределы прочности образцов при изгибе и сжатии на всех этапах твердения. Кинетика твердения гипсоцементно-пуццолановой смеси с КД различного состава в количестве 1,5 % от массы вяжущего показана на рис. 1, 2. За 100 % принята прочность контрольного образца в возрасте 28 суток.

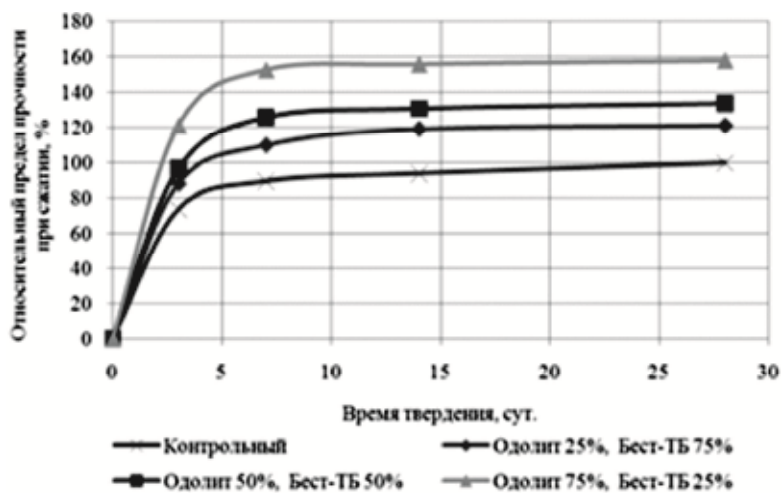


Рис. 1. Зависимости относительного предела прочности при сжатии от времени твердения образцов

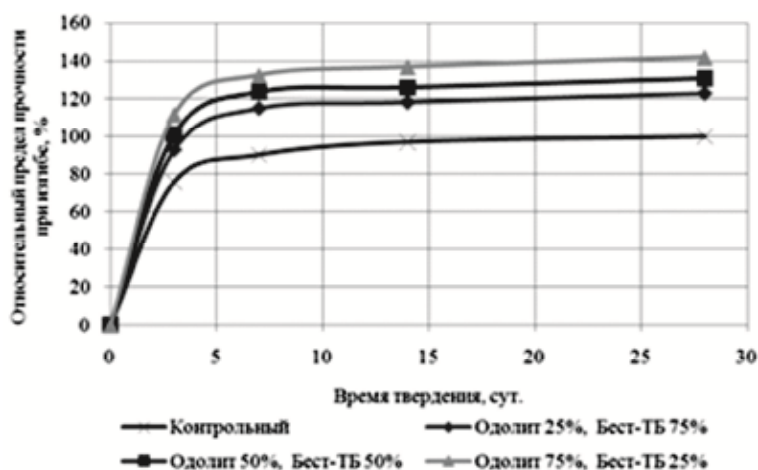


Рис. 2. Зависимости относительного предела прочности при изгибе от времени твердения образцов

Из рис. 1, 2 видно, что введение в состав вяжущего КД с различным содержанием компонентов позволяет повысить относительный предел прочности при сжатии образцов в трехсуточном возрасте на 14,5-47,5 %, при изгибе – на 17,2-35,7 %; в возрасте 28 суток при сжатии – на 21,1-57,9 %, при изгибе – на 23,2-41,9 %. Увеличение пределов прочности при изгибе и сжатии образцов на основе ГЦПВ с добавлением КД свидетельствует о формировании более плотной поровой структуры.

Анализ полученных экспериментальных данных свидетельствует об улучшении свойств образцов ГЦПК, модифицированных разработанной КД, по сравнению с образцами без добавок, что обусловлено синергизмом действия компонентов КД.

### Механоактивация гипсоцементно-пуццоланового вяжущего

На данном этапе выполнены экспериментальные исследования влияния механоактивации ГЦПВ с применением разработанной КД на физико-механические характеристики ГЦПК.

Зависимость относительного предела прочности при сжатии образцов ГЦПК от продолжительности механоактивации приведена на рис. 3, при изгибе – на рис. 4. За 100 % приняты значения пределов прочности при сжатии и изгибе образцов без активации.

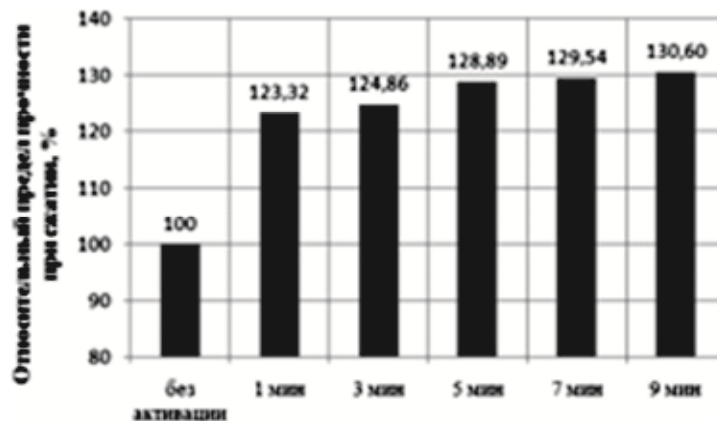


Рис. 3. Зависимость относительного предела прочности при сжатии образцов ГЦПВ от продолжительности механоактивации

Анализ данных рис. 3, свидетельствует о существенном влиянии продолжительности механоактивации гипсоцементно-пуццолановой смеси на пределы прочности при сжатии образцов ГЦПК. При активации в течение 1 минуты наблюдается увеличение относительного предела прочности при сжатии образцов на 23,3 %, в течение 3 минут – на 24,9 %, в течение 5 минут – на 28,9 %, в течение 7 минут – на 29,5 %, в течение 9 минут – на 30,6 %.

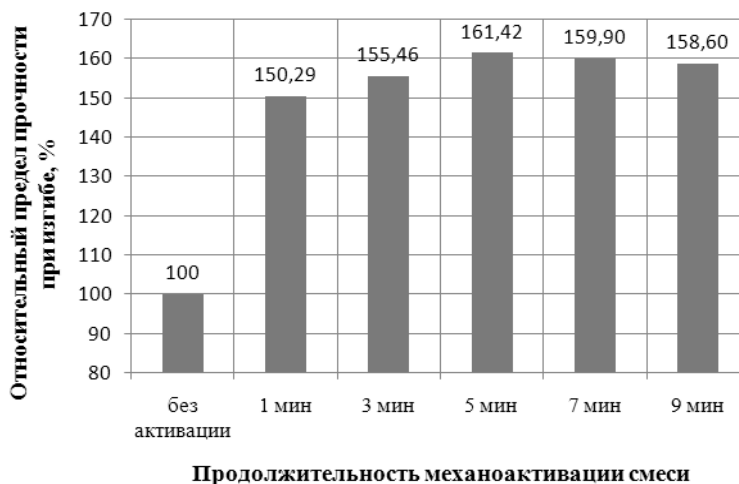


Рис. 4. Зависимость относительного предела прочности при изгибе образцов ГЦПВ от продолжительности механоактивации

Анализ данных, приведенных на рис. 4, свидетельствует о существенном влиянии продолжительности механоактивации гипсоцементно-пуццолановой смеси также и на пределы прочности при сжатии образцов ГЦПК. Установлено, что при активации в течение 1 минуты предел прочности при изгибе увеличивается на 50,3 %, в течение 3 минут – на 55,5 %, в течение 5 минут – на 61,4 %, в течение 7 минут – на 59,9 %, в течение 9 минут – на 58,6 %.

Согласно полученным экспериментальным данным, наилучшие показатели по критерию повышения пределов прочности при изгибе и сжатии образцов ГЦПК достигаются при механоактивации гипсоцементно-пуццолановой смеси в течение 5 минут. При дальнейшем увеличении длительности механоактивации наблюдается лишь незначительное увеличение пределов прочности при сжатии и снижение пределов прочности при изгибе.

### **Заключение**

По результатам выполненных исследований можно сделать следующие выводы:

1. Установлено, что разработанная КД оказывает положительное влияние на процессы структурообразования гипсоцементно-пуццоланового камня и в зависимости от ее состава и содержания в составе смеси позволяет значительно снизить водопотребность ГЦПВ – на 19-34 %, и регулировать сроки начала и конца схватывания в интервалах 2-56,5 мин. и 1,5-59,5 мин. соответственно, что упрощает процессы формования образцов.

2. Выявлено положительное влияние КД на показатели поровой структуры образцов ГЦПК с активированным метакаолином. Так в образцах с КД наблюдается снижение полного объема пор на 11,1 %, снижение объема открытых капиллярных пор на 17,6 %, открытых некапиллярных пор – на 1,0 %, увеличение объема условно-закрытых пор на 7,5 %, показателя микропористости – на 0,39. Это свидетельствует о формировании более плотной структуры ГЦПК.

3. Изучено влияние КД на кинетику набора прочности гипсоцементно-пуццоланового камня, на основе активированного метакаолина. Установлено, что введение КД позволяет увеличить пределы прочности образцов при изгибе и сжатии на всех этапах твердения. Так введение в состав вяжущего КД с различным содержанием компонентов позволяет повысить относительный предел прочности при сжатии образцов в трехсуточном возрасте на 14,5-47,5 %, при изгибе – на 17,2-35,7 %; в возрасте 28 суток при сжатии – на 21,1-57,9 %, при изгибе – на 23,2-41,9 %.

4. Установлено, что механоактивация модифицированного ГЦПВ оказывает положительное влияние на физико-механические свойства ГЦПК, что выражается в повышении пределов прочности при изгибе и сжатии образцов. В зависимости от продолжительности активации (1-9 мин.) предел прочности при сжатии увеличивается на 23,3-30,6 %, при изгибе – на 50,29-58,6 %. Оптимальная продолжительность механоактивации образцов ГЦПВ составляет 5 минут, т.к. дальнейшее увеличение длительности активации приводит лишь к незначительному увеличению прочностных характеристик.

5. Применение разработанного механоактивированного гипсоцементно-пуццоланового вяжущего на основе модифицированного низкомарочного сырья позволит повысить эксплуатационные характеристики готовых изделий и расширить область их применения.

### **Список библиографических ссылок**

1. Петропавловская В. Б., Новиченкова Т. Б., Бурьянов А. Ф., Петропавловский К. С., Завадько М. Ю. Получение гипсовых композитов, модифицированных отходом базальтового производства // *Строительные материалы*. 2016. № 7. С. 13–15.
2. Юнусова З. А., Полякова И. В., Асянова В. С., Бабков В. В., Ломакина Л. Н. Разработка гипсоцементно-пуццоланового вяжущего на основе строительного гипса и отходов гипсового производства // *Проблемы строительного комплекса России. Материалы XVI Международной научно-технической конференции*. 2012. С. 34–37.
3. Mukhametrakhimov R. Kh., Galautdinov A. R., Lukmanova L. V. Influence of active mineral additives on the basic properties of the gypsum cementpozzolan binder for the manufacture of building products // *MATEC Web of Conferences*. 2017. № 106. P. 1–9.
4. Гайфуллин А. Р., Халиуллин М. И., Рахимов Р. З. Состав и структура камня композиционного гипсового вяжущего с известью и гибридной минеральной добавкой // *Строительные материалы*. 2014. № 7. С. 28–31.



5. Ohta A., Sugiyama T., Tanaka Y. Fluidizing Mechanism and Application of Polycarboxylate-Based Superplasticizers // Proceedings Fifth CANMET/ACI Int. Conference. 1997. P. 173–179.
6. Yamada K., Takahashi O., Hanehara S., Matsuhisa M. Effects of the chemical structure on the properties of polycarboxylate-type super-plasticizer // Cement and Concrete Research. 2000. V. 30 (2). P. 197–207.
7. Рязанов Р. Р., Мухаметрахимов Р. Х., Изотов В. С. Дисперсно-армированные строительные композиционные материалы на основе гипсового вяжущего // Известия КГАСУ. 2011. № 3 (17). С. 145–149.
8. Галаутдинов А. Р., Мухаметрахимов Р. Х. Повышение водостойкости гипсоцементно-пуццоланового вяжущего на основе низкомарочного гипса // Известия КГАСУ. 2016. № 4 (38). С. 333–343.
9. Shukla Aishwary, Afaq Khan, Abhishek Kumar. A Review of Research on Building System Using Glass Fiber Reinforced Gypsum Wall Panels // International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET). 2016. Vol. 03. Iss. 02. P. 1443–1449.
10. Мухаметрахимов Р. Х., Галаутдинов А. Р., Дикина А. Н. Технология изготовления и монтажа модифицированных гипсоволокнистых листов // Известия КГАСУ. 2016. № 2 (36). С. 194–200.
11. Способ приготовления гипсоцементно-пуццоланового вяжущего: пат. 2550630. Рос. Федерация. № 2014114814/03 ; заявл. 14.04.14 ; опубл. 10.05.15. Бюл. № 13. 7 с.
12. Способ приготовления гипсоцементно-пуццолановой смеси: пат. 2551176 Рос. Федерация. № 2014114813/03 ; заявл. 14.04.14 ; опубл. 20.05.15. Бюл. № 14. 7 с.
13. Способ приготовления гипсоцементно-пуццолановой композиции: пат. 2552274 Рос. Федерация. № 2014114815/03 ; заявл. 14.04.14 ; опубл. 10.06.15. Бюл. № 16. 7 с.
14. Кузьмина В. П. Механохимия в бетоне. М. : АСВ, 2013. 414 с.
15. Сучков В.П. Механохимическая активация в технологии переработки гипсового сырья // Градостроительство и архитектура. 2011. № 4. С. 82–86.
16. Abdul Rahim Z., Srinivasa Rao P. Effect of Incorporating Metakaolin As Mineral Admixture and Crimped Fibres on Properties of High Strength Concrete // 7<sup>th</sup> RILEM International Symposium on Fibre Reinforced Concrete. 2008. Vol. 1. P. 155–161.
17. Chen Y. L., You W.L. The composite effect of mineral additives to the performances of Concrete // Proceedings of the 12<sup>th</sup> International Congress on the Chemistry of Cement. Montreal. 2007. P. 289–301.
18. Мухаметрахимов Р. Х., Галаутдинов А. Р., Лукманова Л. В. Влияние пластифицирующих добавок на основные свойства гипсоцементно-пуццоланового вяжущего на основе низкомарочного и техногенного сырья // Известия КГАСУ. 2016. № 4 (38). С. 382–387.
19. Изотов В. С., Мухаметрахимов Р. Х., Галаутдинов А. Р. Комплексная добавка для повышения эффективности гипсоцементно-пуццоланового вяжущего // Строительные материалы. 2016. № 8. С. 70–73.
20. Комплексная добавка: пат. 2519313. Рос. Федерация. № 2013103948/03 ; заявл. 29.01.13 ; опубл. 10.06.14. Бюл. № 16. 5 с.

**Mukhametrakhimov Rustem Khanifovich**

candidate of technical sciences, associate professor

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

**Galautdinov Albert Radikovich**

assistant

E-mail: [galautdinov89@mail.ru](mailto:galautdinov89@mail.ru)

**Kazan State University of Architecture and Engineering**

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

## Mechanical activated gypsum cement-pozzolan binder based on modified low branded materials

### Abstract

*Problem statement.* Gypsum cement-pozzolan binders based on low branded gypsum and products based on them satisfy modern ecological and economic requirements. However, low water resistance of gypsum limits their wide application. The aim is to expand the scope of the gypsum cement-pozzolan binder by improving its performance characteristics by modifying the structure with chemical additives followed by mechanoactivation of the binder in an aqueous area.

*Results.* The paper studied the rheological and mechanical properties of the modified low branded gypsum cement-pozzolan binder. The positive effect of the chemical modification of the binder on the kinetics of the initial structure formation, on the limits of strength, on curing kinetics and performance sample porosity. It is found that the mechanical activation of the modified low-branded gypsum cement-pozzolan binder in an aqueous area for 1-5 minutes increases the limits of compressive strength specimens to 23,3-28,9 %, flexural – at 50,3-61,4 %.

*Conclusions.* The significance of the obtained results for the construction industry consists in the possibility of obtaining products with increased physical and mechanical characteristics while reducing raw material costs by modifying the structure of the gypsum cement-pozzolan binder with chemical additives followed by mechanoactivation in the aquatic area.

**Keywords:** gypsum cement-pozzolan binder, complex additive, porosity, hardening kinetics, mechanical activation.

### References

1. Petropavlovskaja V. B., Novichenkova T. B., Bur'janov A. F., Petropavlovskij K. S., Zavad'ko M. Ju. Production of gypsum composites modified by waste from basalt production // *Stroitel'nye materialy*. 2016. № 7. P. 13–15.
2. Junusova Z. A., Poljakova I. V., Asjanova V. S., Babkov V. V., Lomakina L. N. Development of gypsum cement pozzolan binder based on building gypsum and gypsum wastes // *Problemy stroitel'nogo kompleksa Rossii. Materials of the XVI International Scientific and Technical Conference*. 2012. P. 34–37.
3. Mukhametrakhimov R. Kh., Galautdinov A. R., Lukmanova L. V. Influence of active mineral additives on the basic properties of the gypsum cement pozzolan binder for the manufacture of building products // *MATEC Web of Conferences*. 2017. № 106. P. 1–9.
4. Gajfullin A. R., Haliullin M. I., Rahimov R. Z. Composition and Structure of Composite Gypsum Binder Stone with Lime and Hybrid Mineral Additive // *Stroitel'nye materialy*. 2014. № 7. P. 28–31.
5. Ohta A., Sugiyama T., Tanaka Y. Fluidizing Mechanism and Application of Polycarboxylate-Based Superplasticizers // *Proceedings Fifth CANMET/ACI Int. Conference*. 1997. P. 173–179.
6. Yamada K., Takahashi O., Hanehara S., Matsuhisa M. Effects of the chemical structure on the properties of polycarboxylate-type super-plasticizer // *Cement and Concrete Research*. 2000. V. 30 (2). P. 197–207.
7. Rjazapov R. R., Muhametrahimov R. Kh., Izotov V. S. Dispersion-reinforced building composite materials based on gypsum binder // *Izvestiya KGASU*. 2011. № 3 (17). P. 145–149.
8. Galautdinov A.R., Muhametrahimov R.Kh. Increased water resistance gypsum cement-pozzolan binder based on low branded gypsum // *Izvestiya KGASU*. 2016. № 4 (38). P. 333–343.
9. Shukla Aishwary, Afaque Khan, Abhishek Kumar. A Review of Research on Building System Using Glass Fiber Reinforced Gypsum Wall Panels // *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*. 2016. Vol. 03. Iss. 02. P. 1443–1449.
10. Muhametrahimov R. Kh., Galautdinov A. R., Dikina A. N. The technology of manufacture and installation of modified gypsum plates // *Izvestiya KGASU*. 2016. № 2 (36). P. 194–200.

11. A method of preparing gypsum cement-pozzolan binder: pat. 2550630 of the Rus. Federation. № 2014114814/03 ; decl. 14.04.14 ; publ. 10.05.15. Bull. in № 13. 7 p.
12. A method of preparing gypsum cement-pozzolan mixture: pat. 2551176 of the Rus. Federation. № 2014114813/03 ; decl. 14.04.14 ; publ. 20.05.15. Bull. in № 14. 7 p.
13. A method of preparing gypsum cement-pozzolan composition: pat. 2552274 of the Rus. Federation. № 2014114815/03 ; decl. 14.04.14 ; publ. 10.06.15. Bull. in № 16. 7 p.
14. Kuz'mina V. P. Mechanical chemistry in concrete. M. : ASV, 2013. 414 p.
15. Suchkov V. P. Mechanochemical activation in the technology of processing gypsum raw materials // Gradostroitel'stvo i arhitektura. 2011. № 4. P. 82–86.
16. Z. Abdul Rahim, P. Srinivasa Rao. Effect of Incorporating Metakaolin As Mineral Admixture and Crimped Fibres on Properties of High Strength Concrete // 7<sup>th</sup> RILEM International Symposium on Fibre Reinforced Concrete. 2008. Vol. 1. P. 155–161.
17. Chen Y. L., You W. L. The composite effect of mineral additives to the performances of Concrete // Proceedings of the 12<sup>th</sup> International Congress on the Chemistry of Cement. Montreal. 2007. P. 289–301.
18. Muhametrahimov R. Kh., Galautdinov A. R., Lukmanova L. V. Effect of plasticizers on the basic properties of the gypsum cement-pozzolan binder based on low branded and technogenic raw materials // Izvestija KGASU. 2016. № 4 (38). P. 382–387.
19. Izotov V. S., Muhametrahimov R. Kh., Galautdinov A. R. Complex additive for improving the efficiency of gypsum cement-pozzolan binder // Stroitel'nye materialy. 2016. № 8. P. 70–73.
20. Complex additive: patent 2519313 of the Rus. Federation. № 2013103948/03 ; decl. 29.01.13 ; publ. 10.06.14. Bull. in № 16. 5 p.

УДК 535.33

**Потапова Людмила Ильинична**

кандидат химических наук, доцент

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

**Фурер Виктор Львович**

доктор химических наук, профессор

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

**Казанский государственный архитектурно-строительный университет**

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

**Коваленко Валерий Игнатьевич**

доктор химических наук, профессор

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

**Институт органической и физической химии им. А.Е. Арбузова**

Адрес организации: 420088, Россия, г. Казань, ул. Арбузова, д. 8

### **Исследование структуры и водородных связей в адамантилкаликс[6]арене методами ИК-спектроскопии и квантовой химии**

#### **Аннотация**

*Постановка задачи.* В этом исследовании ставилась задача анализа межмолекулярных взаимодействий, геометрии молекул адамантилкаликс[6]арена с помощью ИК-спектральных экспериментов и теоретических расчетов.

*Результаты.* Изучены ИК-спектры адамантилкаликс[6]арена при различных температурах в твердой фазе и в растворе. В адамантилкаликс[6]арене образуется циклическая Н-связь. Геометрия адамантилкаликс[6]арена определена путем теоретических расчетов. Проведен геометрический анализ структуры адамантилкаликс[6]арена.

*Выводы.* Значимость полученных результатов для строительной отрасли состоит в том, что изучены новые материалы, которые могут быть использованы для термостабилизации пленочных покрытий, а также других полимерных изделий. Расчеты и эксперименты показывают, что молекула адамантилкаликс[6]арена имеет форму сжатого конуса. Анализ нормальных колебаний адамантилкаликс[6]арена проведен для интерпретации ИК-спектра. Получено удовлетворительное соответствие между расчетом и опытными данными.

**Ключевые слова:** ИК-спектроскопия, каликсарены, функционал плотности.

#### **Введение**

Каликсарены привлекают большое внимание из-за их способности действовать как селективные комплексообразующие агенты, катализаторы и носители [1, 2]. Характерной чертой каликсаренов является их чашеобразная форма и способность образовывать комплексы типа гость-хозяин. Эти макроциклические соединения применяются для очищения воды и ядерных отходов. Циклические молекулы каликсаренов содержат ОН группы, способные к внутримолекулярным взаимодействиям, определяющим существование стабильного конформера. Систематическое изучение каликсаренов расширяет границы их применения в медицине и экологии [3].

Инфракрасная спектроскопия это один из самых распространенных методов характеристики Н-связей. Она позволяет получать самые достоверные и значимые сведения о водородных связях. У каждого соединения имеется свой уникальный спектр. Спектроскопия помогает определить образование Н-связей между двумя и более соединениями [4-11].

В этом исследовании Н-связывания в каликс[6]арене (R=H), пара-трет-бутилкаликс[6]арене (R = C<sub>4</sub>H<sub>9</sub>) и адамантилкаликс[6]арене (R=Ad) изучены спектральными и расчетными методами. Ставилась задача путем экспериментального измерения ИК-спектров и теоретического расчета определить конформацию молекулы адамантилкаликс[6]арена.

### Методика съемки ИК-спектров каликсаренов

Адамантилкаликс[6]арена (R= Ad) (рис. 1) был синтезирован в работе [12] и является термически стабильным.

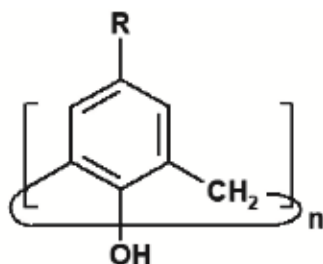


Рис. 1. Схематическая формула адамантилкаликс[6]арена

Записаны ИК-спектры при постепенном нагревании образцов до 180° С. Детектирование ИК-спектров в области 4000-400 см<sup>-1</sup> и разрешением 4 см<sup>-1</sup> производилось с помощью спектрофотометра Вектор-22.

Кристаллические вещества измельчались в мельнице и прессовались в таблетки КВг. Спектры растворов в четыреххлористом углероде снимались для концентрации ~1×10<sup>-4</sup> моль/л<sup>-1</sup>.

Расчет геометрии адамантилкаликс[6]арена проводилась с функционалом РВЕ и базисом TZ2P. Вычисления выполнены с помощью программы Природа.

### Изучение водородных связей в адамантилкаликс[6]арене

ОН группы показывают частоты: 3144 и 3143 см<sup>-1</sup> для адамантилкаликс[6]арена в кристалле и растворе (рис. 2-3).

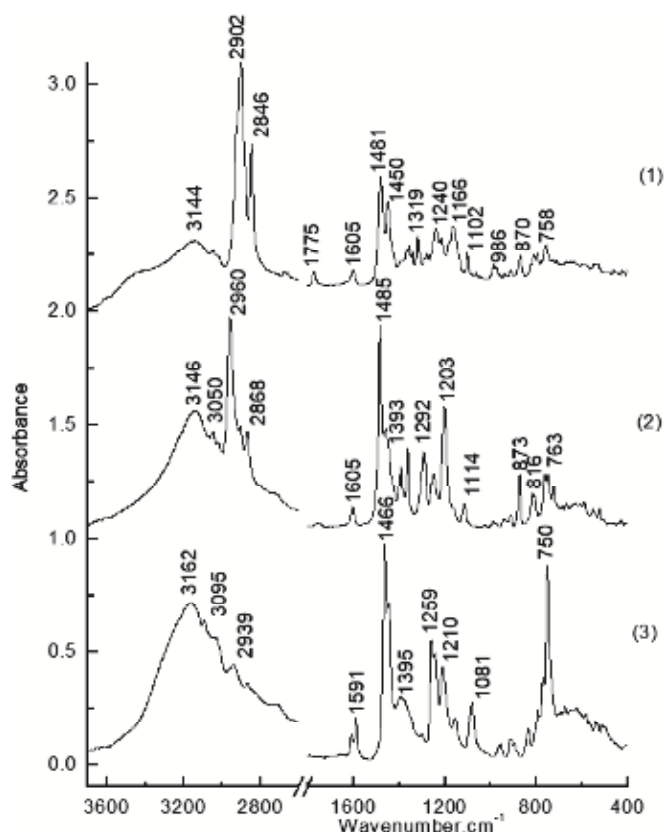


Рис. 2. Опытные инфракрасные спектры адамантилкаликс[6]арена (1), пара-трет-бутилкаликс[6]арена (2) и каликс[6]арена (3) в кристаллическом состоянии

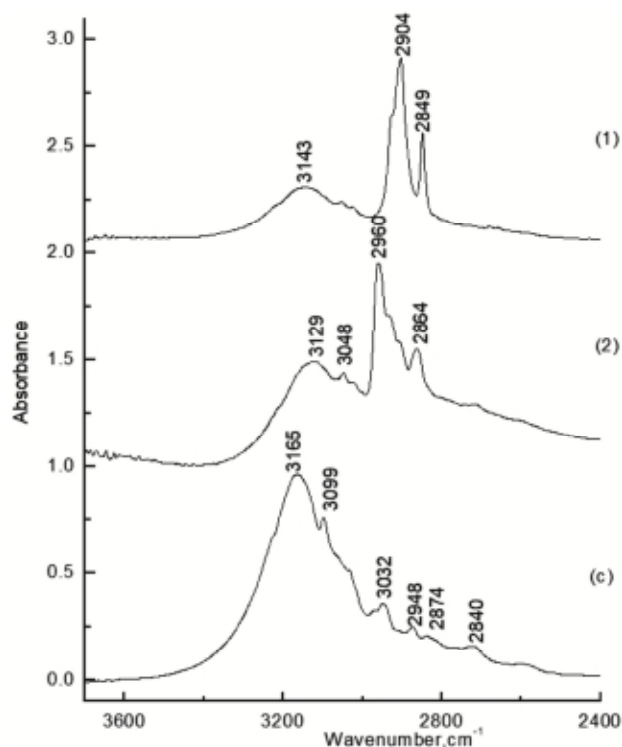


Рис. 3. ИК-спектры (область  $\nu_{\text{OH}}$ ) адамантилкаликс[6]арена (1), пара-трет-бутилкаликс[6]арена (2) и каликс[6]арена (3) в растворе в  $\text{CCl}_4$

Степень смещения  $\nu_{\text{OH}}$  к низким частотам зависит от энергии Н-связи. Следовательно, наиболее сильная Н-связь образуется в растворе пара-трет-бутилкаликс[6]арена. Это вызвано снятием стерических затруднений. Объемные группы адамантана противодействуют упрочнению Н-связи в растворе.

Спектры каликс[6]аренов содержат полосы, вызванные осцилляциями СН-групп: ( $\nu_{\text{CH}}$ ) 3000-2800  $\text{cm}^{-1}$ ; ( $\nu_{\text{CH}}$ ) 3080-3030  $\text{cm}^{-1}$ ; изгиб ( $\delta_{\text{CH}}$ ) 1500-1300  $\text{cm}^{-1}$ ; осцилляции фенила ( $\nu_{\text{Ph}}$ ) 1625-1400  $\text{cm}^{-1}$ ; выход связей из неплоские деформационные осцилляции ароматического кольца ( $\rho_{\text{CH}}$ ) 900-800  $\text{cm}^{-1}$ ; скелетные осцилляции молекулы ( $\delta_{\text{OH}}$ ;  $\nu_{\text{C-O}}$ ;  $\nu_{\text{C-C}}$ ;  $\delta_{\text{CH}}$ ;  $\delta_{\text{CC}}$ ;  $\delta_{\text{Ph}}$ ) 1400-1100  $\text{cm}^{-1}$ ; деформационные осцилляции скелета ( $\delta_{\text{CCO}}$ ;  $\delta_{\text{CCC}}$ ;  $\rho_{\text{OH}}$ ) 800-400  $\text{cm}^{-1}$ ; и поглощение гидроксильных групп 3275-3100  $\text{cm}^{-1}$  (рис. 2).

Экспериментальные ИК-спектры изученных каликсаренов заметно отличаются. Эти отличия обусловлены полосами колебаний *трет*-бутильных и адамантильных заместителей. Пики 2960, 2868  $\text{cm}^{-1}$  валентных колебаний СН *трет*-бутильного фрагмента видны в спектре *пара-трет*-бутилкаликс[6]арена. Пики 2902, 2846  $\text{cm}^{-1}$  в спектре адамантилкаликс[6]арена вызваны колебаниями связей СН адамантильного заместителя. Полосы 1465, 1444  $\text{cm}^{-1}$  в спектре каликс[6]арена, смещаются к 1485, 1459  $\text{cm}^{-1}$  в спектре *пара-трет*-бутилкаликс[6]арена и к 1481, 1450  $\text{cm}^{-1}$  в ИК-спектре адамантилкаликс[6]арена (рис. 2). Линия деформационных колебаний связей ОН наблюдается около 1394  $\text{cm}^{-1}$  в спектре каликс[6]арена, смещается к 1394  $\text{cm}^{-1}$  в спектре *пара-трет*-бутилкаликс[6]арена и к 1395  $\text{cm}^{-1}$  в спектре адамантилкаликс[6]арена. При упрочнении Н-связи эта полоса смещается в высокочастотную область.

Кроме того, в этом районе спектра адамантилкаликс[6]арена видны дополнительные линии 1367, 1357 и 1344  $\text{cm}^{-1}$ , вызванные деформационными колебаниями связей СН адамантильной группы.

Изучение внутримолекулярных Н-связей обычно применяется ИК-спектроскопия [4-11]. Однако, установление взаимосвязи «структура-свойства», сопоставления силы водородной связи и их зависимости от типа объемного заместителя ранее не проводилось.

ИК-спектроскопия выявила перемены в силе Н-связей. При повышении температуры слабые Н-связи рвутся. Чтобы выяснить влияние нагревание каликсаренов

до температуры  $180^{\circ}\text{C}$  на систему Н-связей, выполнен ряд экспериментов. Рассмотрим изменение спектральной картины адамантилкаликс[6]арена при нагревании. Плавный нагрев вплоть до  $100\text{-}180^{\circ}\text{C}$  приводит к небольшому сдвигу полосы  $\nu_{\text{OH}}$  в высокочастотную область (рис. 4).

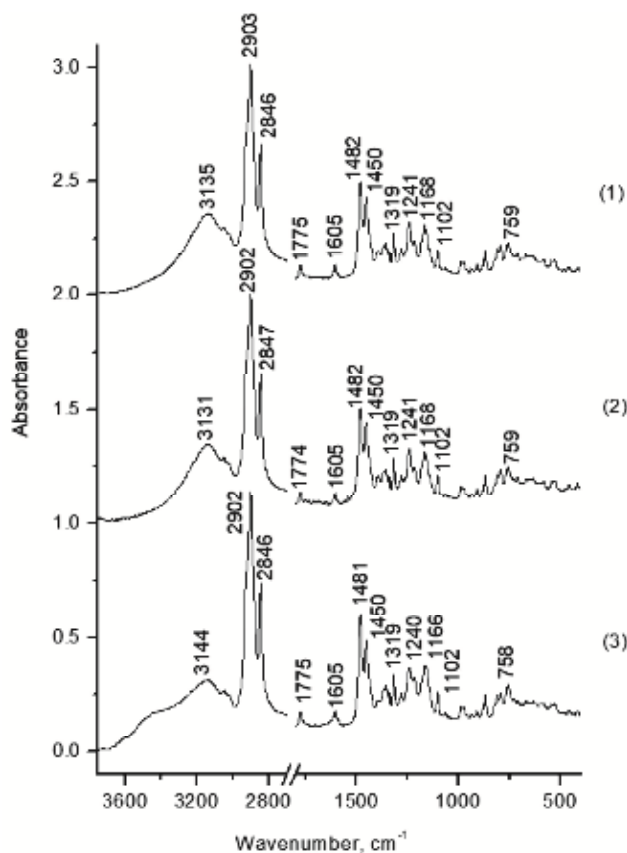


Рис. 4. ИК-спектры адамантилкаликс[6]арена в таблетке КВг:

1 – первоначальный образец при  $25^{\circ}\text{C}$ , 2 – образец нагретый до  $180^{\circ}\text{C}$ , 3 – охлажденный до  $25^{\circ}\text{C}$

Частота пика гидроксильных групп несколько увеличивается в результате ослабления Н-связей при нагревании, а после охлаждения возвращается близко к первоначальной величине ( $3135\text{ cm}^{-1}$ ). Во всем районе дифференциальные инфракрасные спектры адамантилкаликс[6]арена не устойчивы. Сравнение ИК-спектров, полученных при комнатной температуре показывает, расщепление полос  $1394$  и  $910\text{ cm}^{-1}$  после нагревания, спектры становятся более разрешенными.

Очевидно, что неизменность спектральной картины после нагревания до  $180^{\circ}\text{C}$  может быть связана с сохранением конформации сжатый конус в адамантилкаликс[6]арене. Устранение воды и растворителей приводит к более совершенной структуре кристаллов и спектральные линии сужаются. Степень сдвига полосы  $\nu_{\text{OH}}$  при нагревании зависит от интенсивности тепловой мобильности бензольных групп и их взаимного расположения в адамантилкаликс[6]арене. В любом случае, ИК-спектральный анализ влияния нагревания на адамантилкаликс[6]арен увеличивает количество полезной информации, касающейся небольших изменений его структуры, фазы и рецепторных способностей.

Под действием в заместителей ароматических колец Н-связь упрочняется ( $3165\text{ cm}^{-1}$  – для каликс[6]арена,  $3143\text{ cm}^{-1}$  – для адамантилкаликс[6]арена и  $3129\text{ cm}^{-1}$  – для *пара*-трет-бутилкаликс[6]арена) (рис. 3).

Оптимизированные длины связей, валентные и торсионные углы адамантилкаликс[6]арена согласуются с опытными данными по дифракции рентгеновских лучей (рис. 5).

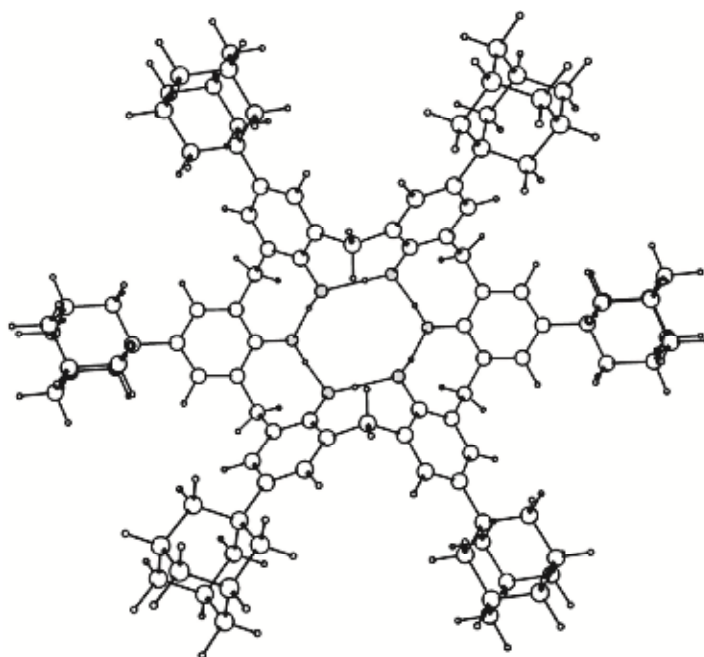


Рис. 5. Структура молекулы адамантилкаликс[6]арена

Вычисления свидетельствуют, что молекулы адамантилкаликс[6]арена принимают конформацию сжатый конус. Этот результат согласуется с литературными данными.

Ковалентный и Н-связанный макроциклы влияют друг на друга в молекулах каликс[6]аренов. Бензольные кольца поворачиваются так, чтобы обеспечить образование замкнутой Н-связи и не было стерических трудностей в макроцикле. Конформация каликсаренов обычно представляется как набор торсионных углов гибкой части молекулы. Для каликс[6]арена торсионные углы  $\phi$  и  $\chi$  используются в качестве таких конформационных параметров.

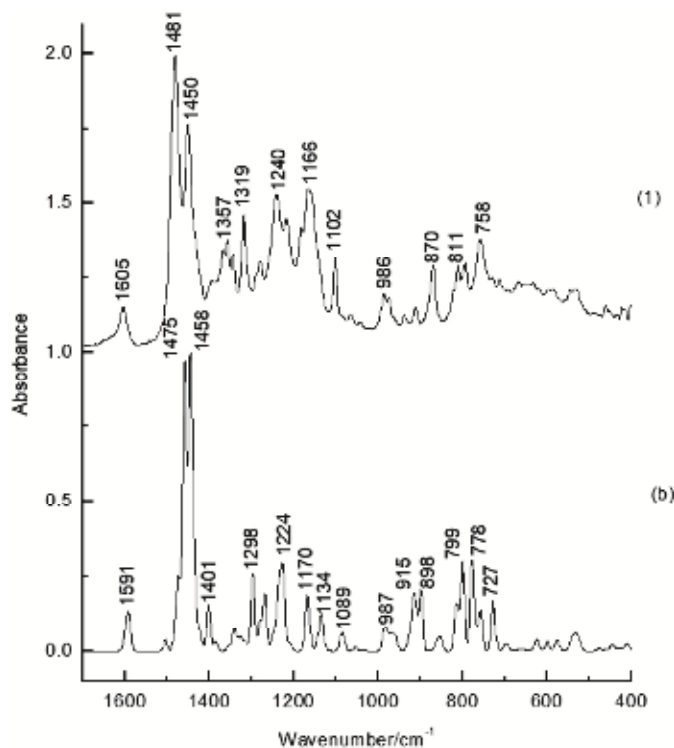


Рис. 6. Наблюдаемый (1) и рассчитанный (2) ИК-спектры адамантилкаликс[6]арена



Для каликс[6]арена средние величины рассчитанных углов  $\varphi$  и  $\chi$  по абсолютной величине составляют  $89,3^\circ$  и  $101,1^\circ$  и согласуются с экспериментальными величинами  $97,8$  и  $99,2^\circ$ . В *пара-трет*-бутилкаликс[6]арене средние значения рассчитанных параметров  $\varphi$  и  $\chi$  получены равными  $89,3^\circ$  и  $101,9^\circ$  и согласуются с опытом  $102,4^\circ$  и  $101,4^\circ$ . В адамантилкаликс[6]арене углы  $\varphi$  и  $\chi$  принимают средние значения  $101,6$  и  $89,3^\circ$ . Таким образом, ориентация бензольных колец в каликсаренах, зависит от типа заместителя.

Опытный инфракрасный спектр адамантилкаликс[6]арена соответствует расчету для структуры сжатого конуса (рис. 6). В диапазоне  $2800-3400\text{ см}^{-1}$  опытного спектра адамантилкаликс[6]арена регистрируются пики растяжения связей ОН и СН. Сильный пик  $3144\text{ см}^{-1}$  обусловлен растяжением групп ОН, вовлеченных в реализацию прочной Н-связи. Едва заметные пики  $3050$  и  $3024\text{ см}^{-1}$  относятся к валентным колебаниям связей СН ароматических фрагментов. Интенсивный пик  $2960\text{ см}^{-1}$  приписан к асимметричной осцилляции  $\text{CH}_3$  групп. Частоты  $2906$  и  $2868\text{ см}^{-1}$  приписаны симметричным колебаниям  $\text{CH}_3$  и  $\text{CH}_2$  фрагментов.

Пики  $1605$ ,  $1481$  и  $1289\text{ см}^{-1}$  в опытном инфракрасном спектре адамантилкаликс[6]арена приписаны валентным осцилляциям ароматических связей СС и ССН изгибу.

Пики  $1166$ ,  $1158$  и  $1102\text{ см}^{-1}$  определяются смещениями связей СН в плоскости бензольных колец. Полоса  $870\text{ см}^{-1}$  относится к выходу связей СН из плоскости ароматических групп.

Умеренные пики средней интенсивности  $1240$  и  $1217\text{ см}^{-1}$  в наблюдаемом инфракрасном спектре адамантилкаликс[6]арена относятся к растяжению связей СО, СС и ССН изгибу.

Пик  $1166\text{ см}^{-1}$  обусловлен изгибом связей СН в плоскости бензольных колец. Пики  $938$ ,  $911$  и  $811\text{ см}^{-1}$  приписаны валентным осцилляциям связей СС и изгибу связей СН. Пик  $758\text{ см}^{-1}$  в наблюдаемом спектре адамантилкаликс[6]арена вызван крутильными осцилляциями бензольных колец.

В каликс[6]аренах масштабы циклов, образованных ковалентными и водородными связями сравнимы по величине, и атомы способны располагаться в одной плоскости. Однако бензольные кольца занимают такое положение, чтобы не было стерических препятствий. Отсюда атомы кислорода находятся в конформации ванна, и таким образом получается структура сжатого конуса.

### Заключение

Подводя итоги, отметим, что исследование ИК-спектров в сочетании с теоретическим расчетом позволяет получить адекватную картину молекулярного движения каликсаренов. Рассмотрение степени поглощения полос показывает, что самой прочной Н-связью обладает *пара-трет*-бутилкаликс[6]арен в растворе в результате уменьшения стерических затруднений, присутствующих в твердом состоянии.

### Список библиографических ссылок

1. Gutsche C. D. Calixarenes. Cambridge, 1989. 223 p.
2. Böhmer V. Calixarenes, Macrocycles with (Almost) Unlimited Possibilities // Angew. Chem. Int. Ed. Engl. 1995. V. 34. P. 713–745.
3. Сагадеев Е. В., Строганов В. Ф. Биоповреждение строительных материалов // Строительные материалы. 2015. № 5. С. 5–9.
4. Коваленко В. И., Чернова А. В., Борисоглебская Е. И., Кацюба С. А., Зверев В. В. Кооперативная внутримолекулярная водородная связь и конформации молекул тиокаликс[4]аренах // Известия Академии наук. Сер. хим. 2002. № 5. С. 762–764.
5. Katsyuba S., Kovalenko V. I., Chernova A. V., Vandyukova E. E., Zverev V. V., Shagidullin R. G., Antipin I. S., Solovieva S., Stoikov I. Vibrational Spectra, Cooperative Intramolecular Hydrogen Bonding and Conformations of Calix[4]arene and

- Thiacalix[4]arene Molecules and Their para-tert-Butyl Derivatives // *Org. Biomol. Chem.* 2005. V. 3. № 14. P. 2558–2565.
6. Furer V. L., Borisoglebskaya E. I., Kovalenko V. I. Band intensity in the IR spectra and conformations of calix[4]arene and thiacalix[4]arene // *Spectrochim. Acta, A.* 2005. V. 61. P. 355–359.
  7. Furer V. L., Borisoglebskaya E. I., Kovalenko V. I. The hydrogen bonding and conformations of p-tert-butylcalix[4]arene as studied by IR-spectroscopy and by DFT calculations // *Spectrochim. Acta, A.* 2005. V. 62. P. 483–493.
  8. Furer, V. L., Borisoglebskaya E. I., Zverev V. V., Kovalenko V. I. DFT and IR-spectroscopic analysis of p-tert-butylthiacalix[4]arene // *Spectrochim. Acta, A.* 2006. V. 63. № 1. P. 207–212.
  9. Коваленко В. И., Маклаков Л. И., Борисоглебская Е. И., Потапова Л. И., Шокова Э. А., Вацуро И. М., Ковалев В. В. Внутримолекулярная кооперативная водородная связь в каликс[*n*]аренах (*n* = 4, 6, 8) с объемными заместителями // *Известия Академии наук, Сер. Хим.* 2007. № 6. С. 1062–1068.
  10. Furer, V. L., Potapova L. I., Kovalenko V. I. DFT study of hydrogen bonding and IR-spectra of calix[6]arene // *J. Molecular Structure.* 2017. V. 1128. P. 439–447.
  11. Новиков А. Н., Бачериков В. А., Шапиро Ю. Е., Грень А. И. Аб иницию и фп исследования кооперативной водородной связи в каликс[4]- и каликс[6]аренах // *Ж. Структ. Хим.* 2006. Т. 47. С. 1003–1015.
  12. Шокова Э. А., Хомич Е. В., Ахметов Н. Н., Ватцуро И. М., Лузиков Ю. Н., Ковалев В. В. Синтез и конформации адамантиловых каликс[5]- и -[6]аренов // *Рус. Ж. Орг. Хим.* 2003. Т. 39. С. 368–383.

**Potapova Lyudmila Ilinichna**

doctor of chemical sciences, assistant professor

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

**Furer Viktor Lvovich**

doctor of chemical sciences, professor

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

**Kazan State University of Architecture and Engineering**

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

**Kovalenko Valeriy Ignatyevich**

doctor of chemical sciences, professor

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

**A.E. Arbuzov Institute of Organic and Physical Chemistry**

The organization address: 420088, Russia, Kazan, Arbuzov st., 8

**Investigation of the structure and hydrogen bonding in the adamantylcalix[6]arene by methods of IR-spectroscopy and quantum chemistry****Abstract**

*Problem statement.* The main of this work is to study the hydrogen bonding system, to establish the structure and conformational state of adamantylcalix[6]arene by IR-spectroscopy and quantum chemistry methods.

*Results.* The IR-spectra of adamantylcalix[6]arene have been studied for the first time at various temperatures in the crystalline state and in solution. A cyclic H-bond is formed in the adamantylcalix[6]arene. The geometry of the adamantylcalix[6]arene molecule is determined by theoretical calculations. A geometrical analysis of the structure of the structure of adamantylcalix[6]arene molecules was carried out.

*Conclusions.* The significance of the results obtained for the construction industry is that new materials have been studied that can be used for thermal stabilization of film coatings as well as other polymer products. Calculations and experiments show that the adamantylcalix[6]arene molecule has the shape of a compressed cone. The analysis of normal

oscillations of adamantylcalix[6]arene was carried out for the interpretation of the IR-spectrum. A satisfactory agreement between the calculation and the experimental data was obtained.

**Keywords:** IR-spectra, calixarenes, density functional theory.

### References

1. Gutsche C. D. Calixarenes. Cambridge, 1989. 223 p.
2. Böhmer V. Calixarenes, Macrocycles with (Almost) Unlimited Possibilities // *Angew. Chem. Int. Ed. Engl.* 1995. V. 34. P. 713–745.
3. Sagadeev E. V., Stroganov V. F. Bioproofness of construction materials // *Stroitel'nyye materialy* 2015. № 5. С. 5–9.
4. Kovalenko V. I., Chernova A. V., Borisoglebskaya E. I., Katsyuba S. A., Zverev V. V. Co-operative intramolecular hydrogen bonding and conformations of thiacalix[4]arene molecules // *Izvestiya Akademii nauk. Ser. Chim.* 2002. № 5. P. 762–764.
5. Katsyuba S. A., Kovalenko V. I., Chernova A. V., Vandyukova E. E., Zverev V. V., Shagidullin R. G., Antipin I. S., Solovieva S. E., Stoikov I. Vibrational Spectra, Co-operative Intramolecular Hydrogen Bonding and Conformations of Calix[4]arene and Thiacalix[4]arene Molecules and Their para-tert-Butyl Derivatives // *Org. Biomol. Chem.* 2005. V. 3. № 14. P. 2558–2565.
6. Furer V. L., Borisoglebskaya E. I., Kovalenko V. I. Band intensity in the IR spectra and conformations of calix[4]arene and thiacalix[4]arene // *Spectrochim. Acta, A.* 2005. V. 61. P. 355–359.
7. Furer V. L., Borisoglebskaya E. I., Kovalenko V. I. The hydrogen bonding and conformations of p-tert-butylcalix[4]arene as studied by IR-spectroscopy and by DFT calculations // *Spectrochim. Acta, A.* 2005. V. 62. P. 483–493.
8. Furer V. L., Borisoglebskaya E. I., Zverev V. V., Kovalenko V. I. DFT and IR-spectroscopic analysis of p-tert-butylthiacalix[4]arene // *Spectrochim. Acta, A.* 2006. V. 63. № 1. P. 207–212.
9. Kovalenko V. I., Maklakov L. I., Borisoglebskaya E. I., Potapova L. I., Shokova E. A., Vatsuro I. M., Kovalev V. V. Intramolecular cooperative hydrogen bond in calix[n]erene (n = 4, 6, 8) with bulky substituents // *Izvestiya Akademii nauk. Ser. Chim.* 2007. № 6. P. 1062–1068.
10. Furer, V. L., Potapova L. I., Kovalenko V. I. DFT study of hydrogen bonding and IR-spectra of calix[6]arene // *J. Molecular Structure.* 2017. V. 1128. P. 439–447.
11. Novikov A. N., Bacherikov V. A., Shapiro Yu. E., Gren A. I. Ab initio and density functional studies of cooperative hydrogen bonding in calyx[4]- and calyx[6]arenes // *Zh. Struc. Chem.* 2006. V. 47. P. 1003–1015.
12. Shokova E. A., Khomich E. V., Akhmetov N. N., Vatsuro I. M., Luzikov Yu. N., Kovalev V. V. Synthesis and conformations of adamantylated calix[5]- and -[6]arenes // *Rus. Zh. Org. Chem.* 2003. V. 39. P. 368–383.

УДК 535.33

**Фурер Виктор Львович**

доктор химических наук, профессор

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

**Казанский государственный архитектурно-строительный университет**

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

### **Изучение колебательных спектров фосфортригидразонового дендримера с концевыми фенольными группами**

#### **Аннотация**

*Постановка задачи.* Цель работы состояла в том, чтобы путем экспериментального исследования ИК- и КР-спектров и квантово-химических расчетов установить закономерности электронных и межмолекулярных взаимодействий в фосфортригидразоне  $G_0$  с концевыми фенольными группами. Задача заключалась в проведении анализа динамики и электрооптики молекулярных ассоциатов, образованных водородными связями и выявлении характеристик составных частей дендримера: ядра и фенольных звеньев, путем квантово-химических расчетов.

*Результаты.* Измерены ИК- и КР-спектры фосфортригидразона, который представляет собой дендример нулевого поколения  $G_0$  с концевыми фенольными группами. Оптимизация структуры и исследование колебаний реализованы для  $G_0$  квантово-химическим методом. Рассчитанные геометрические параметры молекулы согласуются с опытом. Выработанные концепции важны для установления взаимосвязи между структурой и динамическими свойствами дендримеров.

*Выводы.* Значимость полученных результатов для строительной отрасли состоит в том, что получены и исследованы новые наноматериалы, которые можно применять для создания лакокрасочных материалов, электропроводящей нанокраски, теплоизоляционных материалов, нанобетонов. Линия  $647\text{ см}^{-1}$  в спектре комбинационного рассеяния света, обусловленная валентными колебаниями связей P=S, характерна для ядра дендримера. Фенольные функциональные группы показывают хорошо определенную полосу  $3374\text{ см}^{-1}$  в ИК-спектре. Наблюдаемая частота OH валентных колебаний фенольных групп ниже, чем вычисленное значение из-за внутримолекулярной водородной связи O-H...O. Межмолекулярная связь приводит к повышению интенсивности этой полосы в опытном ИК-спектре по отношению к вычисленному значению. Выполнена классификация колебаний дендримера.

**Ключевые слова:** дендример, колебательные спектры, квантовая химия.

#### **Введение**

Дендримеры – это новый тип соединений, которые используются в катализе, электрохимии, фотофизике, фармацевтике и медицине [1-3]. Дендримеры показывают ряд физико-химических свойств, которые делают их привлекательными материалами для очистки воды. Дендримеры могут захватывать широкий ряд веществ из воды, металлы нитраты, фосфаты, пестициды. Составные части дендримеров можно менять для достижения оптимальных результатов [4-6]. Размер, форма и свойства дендримеров строго контролируются [4-6].

Фосфорсодержащие дендримеры играют специальную роль во взаимодействии с биологическими системами [4, 7]. Они могут быть использованы в качестве лекарств, сенсоров и для доставки лекарств [4]. Фосфорные дендримеры могут быть получены тремя путями [8, 9]. Исследование электронного строения дендримеров методами квантовой химии позволяет объяснить специфику их поведения.

В этой статье представлены исследования инфракрасных спектров и спектров комбинационного рассеяния света и теоретические расчеты фосфортригидразона  $G_0$  с конической архитектурой. Поэтому главная цель этой работы состояла в выявлении спектральных признаков различных частей дендримера: ядра и фенольных

функциональных групп. Выработанные концепции важны для установления взаимосвязи между структурой и динамическими свойствами дендримеров.

### Методика регистрации колебательных спектров дендримера

Методика получения и физико-химические данные для фосфортригидразона представлены в работе [8]. Дендример  $G_0$  содержит ядро  $S=P$ , связи  $N(CH_3)N=CH-$  и фенольные концевые группы  $-C_6H_4OH$  (рис. 1). Вещество находится в кристаллическом состоянии.

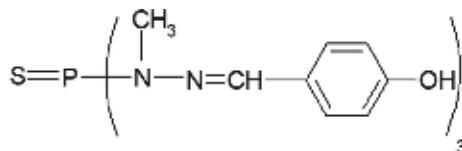


Рис. 1. Структура дендримера  $G_0$

Инфракрасные спектры зарегистрированы в районе  $4000-400\text{ см}^{-1}$  с помощью спектрометра Вектор-22 фирмы Брукер. Образцы дендримера были запрессованы в таблетки с KBr.

Спектры комбинационного рассеяния света возбуждались лазером Nd: YAG и регистрировались с помощью приставки RAMII в диапазоне  $3500-150\text{ см}^{-1}$ .

Квантово-химические расчеты проводились с помощью функционала B3LYP, базиса 6-31++G(d,p) и программы Гауссиан 09.

### Анализ структуры дендримера

Экспериментальные данные по дифракции рентгеновских лучей для дендримера в литературе недоступны, но мы можем использовать результаты для родственного соединения  $P(S)[N(CH_3)=CH-C_6H_4-2-OH]_3$ , в котором OH-группы находятся в орто-положении [8, 10]. Молекула  $G_0$  в целом выглядит как пропеллер с тремя лопастями и каждый рукав  $-C_6H_4-CH=N-N(CH_3)-P$  плоский (табл., рис. 2).

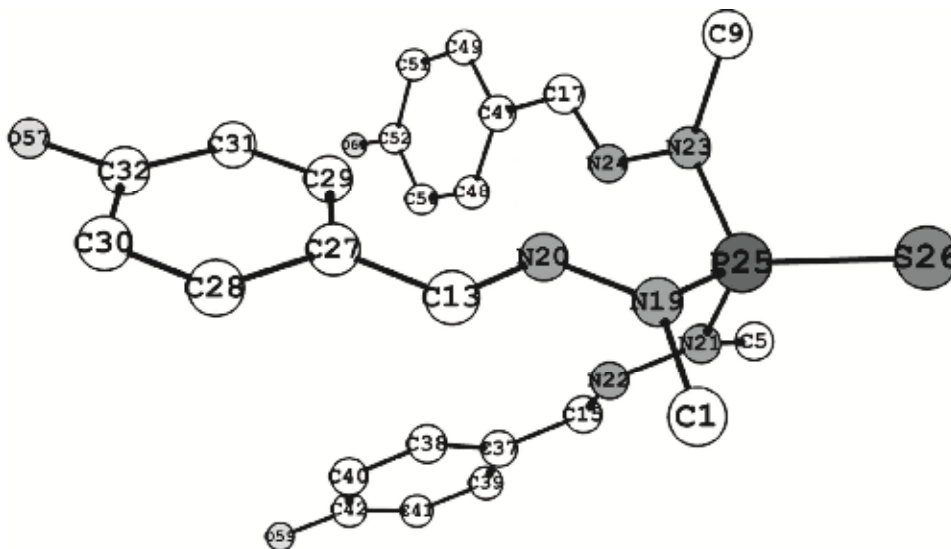


Рис. 2. Строение молекулы дендримера

Нет различий между химически эквивалентными длинами связей. Молекулярная структура  $P(S)[N(CH_3)=CH-C_6H_4-2-OH]_3$  показывает несколько межмолекулярных взаимодействий, которые контролируются посредством межмолекулярных  $S-H\cdots S$  связей. Похожие взаимодействия реализуются в дендримере  $G_0$ .

Таблица

## Опытные и вычисленные длины связей (Å) и валентные углы (°) дендримера

	Эксп.	Расч.		Эксп.	Расч.
Длины связей					
C(1)–N(19)	1,457	1,461	P(25)–S(26)	1,938	1,956
C(13)–N(4)	1,661	1,704	N(19)–N(20)	1,429	1,424
P(1)–N(20)	1,302	1,287	C(27)–C(28)	1,392	1,405
C(13)–C(27)	1,454	1,467	C(28)–C(30)	1,385	1,390
N(19)–N(20)	1,386	1,369	C(30)–C(32)	1,386	1,398
N(19)–P(25)	1,684	1,707	C(32)–O(57)	1,372	1,366
Валентные углы					
C(1)–N(19)–N(20)	121,1	121,8	N(20)–C(13)–C(27)	123,4	121,0
C(1)–N(19)–P(25)	121,6	120,4	P(25)–N(19)–N(20)	115,9	115,7
C(13)–N(20)–N(19)	120,8	120,3	C(27)–C(28)–C(30)	121,1	121,4
C(13)–C(27)–C(28)	124,0	119,5	C(28)–C(30)–C(32)	121,2	119,6
N(19)–P(25)–S(26)	113,3	113,2	C(30)–C(32)–O(57)	120,0	117,6
Двугранные углы					
C(1)–N(19)–N(20)–C(13)	3,7	6,2	P(25)–N(19)–N(20)–C(13)	170,0	169,3
C(13)–C(27)–C(28)–C(30)	179,5	179,8	S(26)–P(25)–N(19)–N(20)	161,3	149,5
N(19)–N(20)–C(13)–C(27)	179,9	179,3	C(27)–C(28)–C(30)–C(32)	1,7	0,2
N(20)–C(13)–C(27)–C(28)	171,1	174,6	C(28)–C(30)–C(32)–O(57)	178,8	179,9

Геометрия молекулы  $G_0$  зависит от ориентации ветвей. Значение диэдрического угла P(25)–N(19)–N(20)–C(13)  $169,3^\circ$  свидетельствует о том, что атомы P(25) и C(13) занимают транс-положение, и поэтому, фрагмент P–N–N=C плоский.

Результаты теоретического расчета изолированной молекулы согласуются с опытными данными для кристаллического состояния. Вычисленные длины связей (в Å) 1,956 (P(25)–S(26)), 1,707 (N(19)–P(25)), 1,369 (N(19)–N(20)), 1,461 (C(1)–N(19)) соответствуют экспериментальным величинам 1,938, 1,684, 1,386, 1,457. За счет отрицательного сверхсопряжения связь N(19)–P(25) 1,684 в  $G_0$  короче обычной одинарной P–N связи. Рассчитанные валентные углы (в градусах) N(19)–P(25)–S(26) (113,2), P(25)–N(19)–N(20) (115,7), C(1)–N(19)–P(25) (120,4) сопоставимы с опытными данными 113,3, 115,9, 121,6.

В молекуле  $G_0$  различные типы сопряжений ведут к взаимодействиям  $\sigma_2(C27-C28) \rightarrow \sigma^*_2(C13-N20)$ ,  $n(LP_1N19) \rightarrow \sigma^*_2(C13-N20)$  и  $n(LP_2O57) \rightarrow \sigma^*_2(C30-C32)$  с энергиями 19,51, 29,18, 28,23 Ккал/моль.

Молекула дендримера  $G_0$  имеет симметрию  $C_{3v}$ . В этой предполагаемой структурной модели, 180 нормальных колебаний распределены по типам симметрии как  $\Gamma_{3N-6} = 60A_1 + 60E$ , все разрешенные в колебательных спектрах. Спектры представлены на рис. 3-4. Интенсивная широкая линия  $3374 \text{ см}^{-1}$  в инфракрасном спектре представляет собой растяжение связей-ОН.

Этот результат подтверждается ФП расчетами, которые предсказывают водородное связывание. Экспериментальная частота данной полосы лежит ниже теоретической величины из-за межмолекулярной O–H...O водородной связи.

Частота  $2871 \text{ см}^{-1}$  в колебательных спектрах  $G_0$  была приписана растяжению связей СН метильных групп. Поглощения  $3069, 3024, 2997 \text{ см}^{-1}$  в инфракрасном спектре, и линии  $3067, 3019 \text{ см}^{-1}$  в спектре комбинационного рассеяния света  $G_0$  обусловлены СН валентными колебаниями ароматических колец. Полосы  $2948$  и  $2930 \text{ см}^{-1}$  в инфракрасном спектре, и линии  $2940$  и  $2933 \text{ см}^{-1}$  в спектре комбинационного рассеяния света представляют собой валентные колебания метильных групп.

Интенсивные пики  $1610, 1514 \text{ см}^{-1}$  в инфракрасном спектре и полосы  $1607, 1519 \text{ см}^{-1}$  в спектре комбинационного рассеяния света  $G_0$  являются СС валентными и ССН деформационными колебаниями пара-замещенного бензольного кольца.

Линия  $1584 \text{ см}^{-1}$  со средней интенсивностью в спектре комбинационного рассеяния света  $G_0$  может быть приписана к C=N валентным колебаниям гидразонового фрагмента, смешанным с валентными колебаниями ароматического кольца.

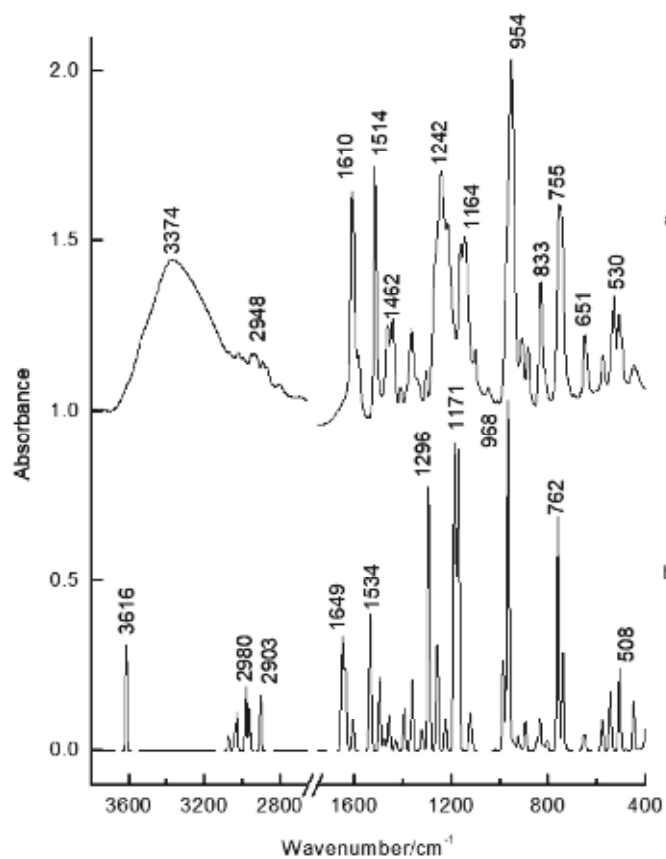


Рис. 3. Вычисленный (1) и наблюдаемый (2) инфракрасные спектры  $G_0$

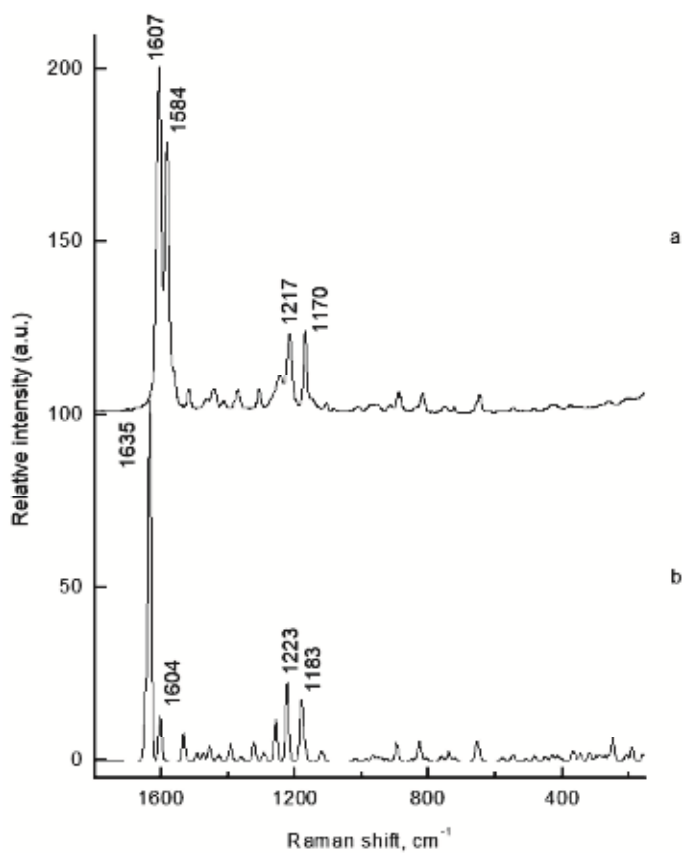


Рис. 4. Рассчитанный (b) и опытный (a) КР-спектры  $G_0$

Слабые пики  $1462, 1442 \text{ см}^{-1}$  в инфракрасном спектре и линии  $1467, 1443 \text{ см}^{-1}$  в спектре комбинационного рассеяния света  $G_0$  являются симметричными деформационными колебаниями  $\text{CH}_3$ -групп. Линия  $1415 \text{ см}^{-1}$  в спектре комбинационного рассеяния света и полоса  $1410 \text{ см}^{-1}$  в инфракрасном спектре  $G_0$  были приписаны к симметричным деформационным колебаниям метильных групп.

Пик  $1305 \text{ см}^{-1}$  в инфракрасном спектре и линия  $1308 \text{ см}^{-1}$  в опытном спектре комбинационного рассеяния света  $G_0$  вызваны ССН деформационными колебаниями ароматического кольца. Сильная в опытном инфракрасном спектре полоса  $1242 \text{ см}^{-1}$  и полоса  $1246 \text{ см}^{-1}$  в спектре комбинационного рассеяния света  $G_0$  связаны, главным образом, с СО-растяжением. Пики  $1216, 1163 \text{ см}^{-1}$  в инфракрасном спектре и линии  $1217, 1170 \text{ см}^{-1}$  в спектре комбинационного рассеяния света  $G_0$  были приписаны к ССН- и СОН-деформационным колебаниям. Пики  $1147, 1102, 1047 \text{ см}^{-1}$  в опытном инфракрасном спектре и линии при  $1151, 1106, 1057 \text{ см}^{-1}$  в спектре комбинационного рассеяния света были отнесены как ССН изгиб и СС растяжение.

Очень интенсивный пик в инфракрасном спектре  $G_0$   $954 \text{ см}^{-1}$  обусловлен NN-, CN- и PN-растяжениями. Пик  $833 \text{ см}^{-1}$  в инфракрасном спектре и линия  $836 \text{ см}^{-1}$  в спектре комбинационного рассеяния света  $G_0$  относятся к торсионным колебаниям ароматических фрагментов. Пик  $642 \text{ см}^{-1}$  в инфракрасном спектре и линия  $647 \text{ см}^{-1}$  в опытном спектре КР  $G_0$  принадлежат к P=S растяжению.

Линии  $633, 618, 593, 582, 576 \text{ см}^{-1}$  в спектре комбинационного рассеяния света и пик  $578 \text{ см}^{-1}$  в инфракрасном спектре  $G_0$  вызваны ССС деформационными колебаниями ароматических колец. Пик  $448 \text{ см}^{-1}$  в инфракрасном спектре и линии  $486, 431 \text{ см}^{-1}$  в спектре КР  $G_0$  были отнесены к CNN, ССС и CNP деформационным колебаниям. Линии  $376, 350, 342, 334, 322, 259, 206, 202, 194 \text{ см}^{-1}$  в спектре комбинационного рассеяния света  $G_0$  представляют торсионные колебания вокруг связей СС, СО, NN, CN и PN.

Так, что ядро дендримера проявляет себя как линия  $647 \text{ см}^{-1}$  в спектре комбинационного рассеяния света  $G_0$ , отнесенная к P=S растяжению. Концевые фенольные группы характеризуются хорошо определенной полосой ОН валентных колебаний  $3374 \text{ см}^{-1}$  в экспериментальном ИК-спектре  $G_0$ . Интенсивности большинства полос в ИК- и КР-спектрах  $G_0$  воспроизводятся нашими расчетами.

Рассчитанные спектральные кривые  $G_0$  в целом согласуются с экспериментальными спектрами в широком диапазоне частот. Итак, метод ФП позволил нам рассчитать структуру и воспроизвести экспериментальные ИК- и КР-спектры фосфорсодержащего дендримера с фенольными концевыми группами.

Реакционная способность концевых групп дендримеров является самой разнообразной и широко изученной [8, 9]. Большое число реакций фенольных концевых групп дендримера было изучено [8, 9]. Дендримеры, имеющие три или четыре различных типа концевых групп были описаны впервые [8, 9]. Такой очень специфичный тип функционализации был назван мультифункционализация [8, 9]. Анализ показал, что самым нуклеофильным местом в молекуле  $G_0$  является атом S26. Самая высокая концентрация электронной плотности наблюдается для атома O57, и он подходит для протонации посредством  $\text{O} \cdots \text{H} - \text{O}$  водородного связывания.

Концепция использования дендримеров в качестве новых типов носителей активных веществ была предложена на ранних стадиях исследований в химии дендримеров [1, 2]. Много путей может быть использовано для достижения этой цели. Для установления взаимодействий между дендримерами и различными активными веществами такими, как пестициды, лекарства и парфюм, мы рассчитали распределение электронной плотности в ядре и концевых группах. Наш расчет показал, что изученный фосфорсодержащий дендример  $G_0$  содержит полярные связи с зарядами (в зарядах электрона) на атомах P25 (1,903), S26 (-0,582), N19 (-0,601), N20 (-0,256), C1 (-0,510), O57 (-0,689), H58 (0,492).

### Заключение

Из нашего исследования следует, что фосфорсодержащий дендример может быть использован в качестве нового типа носителя различных активных веществ благодаря водородному связыванию или химическому связыванию посредством концевых



фенольных групп. Введение водородных связей в молекулу дендримера предпочтительно для приготовления супрамолекулярных систем.

Микроструктура фосфортригидразонового дендримера нулевого поколения с фенольными концевыми группами была изучена, используя колебательную спектроскопию и метод функционала плотности. Идентифицированы пики, вызванные колебаниями ядра и концевых групп дендримера.

Интенсивность большинства заметных линий в колебательных спектрах воспроизводится расчетами. Так, что с помощью квантово-химического метода можно вычислить геометрию и выполнить интерпретацию экспериментальных ИК- и КР-спектров фосфорсодержащего дендримера. Структурные черты дендримера нулевого поколения, полученные в этом исследовании, сохраняются для дендримеров высоких поколений и определяют их свойства.

### Список библиографических ссылок

1. Caminade A. M. Phosphorus dendrimers for nanomedicine // Chem. Commun. 2017. V. 53. P. 9830–9838.
2. Rolland O., Turrin C. O., Caminade A. M., Majoral J. P. Dendrimers and nanomedicine: multivalency in action // New J. Chem. 2009. V. 33. P. 1809–1824.
3. Caminade A. M., Ouali A., Keller M., Majoral J. P. Organocatalysis with dendrimers // Chem. Soc. Rev. 2012. V. 41. P. 4113–4125.
4. Caminade A. M., Ouali A., Laurent R., Turrin C. O., Majoral J. P. The dendritic effect illustrated with phosphorus dendrimers // Chem. Soc. Rev. 2015. V. 44. P. 3890–3899.
5. Caminade A. M., Majoral J. P. Dendrimers and nanotubes: a fruitful association // Chem. Soc. Rev. 2010. V. 39. P. 2034–2047.
6. Caminade A. M., Majoral J. P. Positively charged phosphorus dendrimers. An overview of their properties // New J. Chem. 2013. V. 37. P. 3358–3373.
7. Сагадеев Е. В., Строганов В. Ф. Биоповреждение строительных материалов // Строительные материалы. 2015. № 5. С. 5–9.
8. Colombo-Khater D., He Z., Caminade A. M., Dahan F., Kraemer R., Majoral J.P. Synthesis of di- or trisubstituted phosphonic and phosphonothioic di- or trihydrazides // Synthesis. 1993. V. 1993. P. 1145–1155.
9. Launay N., Galliot C., Caminade A. M. Synthesis of small phosphorus dendrimers from (S)P[N(Me)-NH<sub>2</sub>]<sub>3</sub> // Bull. Soc. Chim. Fr. 1995. V. 132. P. 1149–1155.
10. Chandrasekhar V., Azhakar. A tubular architecture in a phosphorus based trihydrazide // Cryst. Eng. Com. 2005. V. 7. P. 346–349.

#### **Furer Victor Lvovich**

doctor of chemical sciences, professor

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

#### **Kazan State University of Architecture and Engineering**

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

### **Study of the vibrational spectra of phosphoretrihydrazone dendrimer with terminal phenolic groups**

#### **Abstract**

*Problem statement.* The aim of this study was to establish the regularities of electron and intermolecular interactions in phosphortrihydrazone  $G_0$ , which is a zero generation phosphorus dendrimer with terminal phenolic groups, by experimental studying IR and Raman spectra and quantum chemical calculations. From this goal, the main research task follow: the study of the orbital interactions of lone electron pairs of nitrogen and oxygen atoms, the analysis of the dynamics and electrooptics of molecular associates formed by hydrogen bonds. So, the main intention of this work was to determine the spectral characteristics of different segments of the dendrimer: core and phenolic groups by means of theoretical calculations.

*Results.* IR- and Raman-spectra of phosphortrihydrazone, which is a zero-generation dendrimer  $G_0$  with terminal phenolic groups, were measured. Optimization of the structure and investigation of oscillations are realized for  $G_0$  by the density functional theory (DFT). The optimized bond lengths and angles obtained by DFT are in good agreement with experiment. The obtained results will allow understanding the structure, dynamics and properties of dendrimers.

*Conclusions.* The significance of the results obtained for the construction industry is that new nanomaterials have been obtained that can be used to create paintwork materials, electroconductive nanoscale, heat insulating materials, nanoconcrete. The core of the dendrimer manifests itself as a  $647\text{ cm}^{-1}$  band in the Raman spectrum, caused by stretching vibrations of the P=S bonds. Phenolic functional groups show a well-defined band at  $3374\text{ cm}^{-1}$  in the experimental IR spectrum of  $G_0$ . The observed OH frequency of stretching vibrations of phenolic groups is lower than the theoretical value due to the intramolecular hydrogen bond O-H $\cdots$ O. This hydrogen bond is also responsible for the higher intensity of this band in the experimental IR spectrum compared to theoretical values. A complete classification of the oscillations for  $G_0$  is proposed.

**Keywords:** phosphorus-containing dendrimers, IR-spectra, Raman-spectra, density functional theory.

### References

1. Caminade A. M. Phosphorus dendrimers for nanomedicine // Chem. Commun. 2017. V. 53. P. 9830–9838.
2. Rolland O., Turrin C. O., Caminade A. M., Majoral J. P. Dendrimers and nanomedicine: multivalency in action // New J. Chem. 2009. V. 33. P. 1809–1824.
3. Caminade A. M., Ouali A., Keller M., Majoral J. P. Organocatalysis with dendrimers // Chem. Soc. Rev. 2012. V. 41. P. 4113–4125.
4. Caminade A. M., Ouali A., Laurent R., Turrin C. O., Majoral J. P. The dendritic effect illustrated with phosphorus dendrimers // Chem. Soc. Rev. 2015. V. 44. P. 3890–3899.
5. Caminade A. M., Majoral J. P. Dendrimers and nanotubes: a fruitful association // Chem. Soc. Rev. 2010. V. 39. P. 2034–2047.
6. Caminade A. M., Majoral J. P. Positively charged phosphorus dendrimers. An overview of their properties // New J. Chem. 2013. V. 37. P. 3358–3373.
7. Sagadeev E. V., Stroganov V. F. Bioproofness of construction materials // Stroitel'nyye materialy 2015. № 5. P. 5–9.
8. Colombo-Khater D., He Z., Caminade A. M., Dahan F., Kraemer R., Majoral J. P. Synthesis of di- or trisubstituted phosphonic and phosphonothioic di- or trihydrazides // Synthesis. 1993. V. 1993. P. 1145–1155.
9. Launay N., Galliot C., Caminade A. M. Synthesis of small phosphorus dendrimers from (S)P[N(Me)-NH<sub>2</sub>]<sub>3</sub> // Bull. Soc. Chim. Fr. 1995. V. 132. P. 1149–1155.
10. Chandrasekhar V., Azhakar. A tubular architecture in a phosphorus based trihydrazide // Cryst. Eng. Com. 2005. V. 7. P. 346–349.



УДК 69.055

**Галиев Ильяс Халимович**

инженер

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

**Ашрапов Азат Халилович**

кандидат технических наук, старший преподаватель

E-mail: [32116@kgasu.ru](mailto:32116@kgasu.ru)

**Ибрагимов Руслан Абдирашитович**

кандидат технических наук, доцент

E-mail: [rusmag007@yandex.ru](mailto:rusmag007@yandex.ru)

**Казанский государственный архитектурно-строительный университет**

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

### **Научно-техническое сопровождение объекта культурного наследия дома купца Лисицына при проведении строительно-монтажных работ по его реставрации и реконструкции**

#### **Аннотация**

*Постановка задачи.* Цель исследования – определение деформаций строительных конструкций реконструируемого здания от возможных силовых воздействий на конструктивные элементы здания, обеспечивающие его пространственную жесткость и неизменяемость, при производстве работ по демонтажу, углублению и усилению фундаментов. Для реализации поставленной цели в течение всего периода проведения работ выполнялись геодезические наблюдения (мониторинг).

*Результаты.* Основные результаты исследования состоят в том, что в рамках реставрации, реконструкции и приспособления здания, безопасно произведены технологические работы по переопиранию части здания на участках с отсутствующим подвалом на новые более заглубленные фундаменты мелкого заложения с устройством в образовавшемся объеме дополнительных помещений. В процессе производства работ за несущими строительными конструкциями выполнялся мониторинг, в ходе которого в характерных местах были установлены специальные приспособления и маяки для измерения вертикальных и горизонтальных смещений элементов здания. Измерения и анализ показаний маяков проводились от начала производства работ до полного переопирания стеновых конструкций на новые фундаменты. По итогам мониторинга доказана возможность реализации вышеуказанных мероприятий с минимальными относительными деформациями и без повреждений несущих строительных конструкций реконструируемого здания.

*Выводы.* Значимость полученных результатов для строительной отрасли состоит в том, что разработанная технологическая последовательность безопасного опирания части здания на новые более заглубленные фундаменты с устройством в образовавшемся объеме дополнительных помещений, применима при производстве работ по реконструкции и приспособлению объектов культурного наследия.

**Ключевые слова:** реконструкция, усиление фундаментов, пересадка зданий, мониторинг, научно-техническое сопровождение реконструкции объекта.

#### **Введение**

В рамках проведения реставрации, реконструкции и приспособления объекта культурного наследия дома купца Лисицына было принято решение по воссозданию флигеля здания, замене крыши и деревянных перекрытий, а также углублению и усилению имеющихся фундаментов. При недостаточной несущей способности оснований или при необходимости устройства в процессе модернизации или реконструкции зданий ранее отсутствовавших подвалов осуществляют подводку под существующие фундаменты сплошных стен и новых фундаментов [1-5].

В процессе мероприятий по реставрации и реконструкции могут происходить деформации несущих конструкций, вызываемые различными причинами. Одной из наиболее

распространенных причин деформаций являются неравномерные осадки, которые в свою очередь вызывают деформации и разрушения несущих конструкций – стен, перекрытий, сводов, перемычек, оконных и дверных проёмов. Для своевременного выявления возможных осадок необходимо проведения мониторинга за конструкциями здания.

### **Краткое описание объекта**

Дом купца Лисицына располагается в г. Казани по улице Пушкина, дом 10. Здание было построено в XIX в. С момента постройки оно претерпело множество изменений. Здание изначально было двухэтажным. Позднее его достроили в длину и пристроили перпендикулярно к нему со двора трехэтажный каменный флигель. На момент начала работ по реконструкции объект не эксплуатировался, находился в неудовлетворительном состоянии, отдельные части здания не были сохранены.

Сложность производства работ усугублялась наличием факторов стесненности условий реконструкции объекта: интенсивного движения городского транспорта и пешеходов в непосредственной близости от места работ, разветвленной сети существующих подземных коммуникаций, подлежащих подвеске или перекладке; стесненных условий складирования материалов, плотность застройки превышает нормативную в соответствии с МДС 81-35.2004.

Конструктивная схема существующего реконструируемого здания – бескаркасная. Пространственная жесткость и устойчивость здания обеспечивается работой несущих стен, стен лестничной клетки, связанных конструкциями перекрытий.

Фундаменты мелкого заложения ленточные, выполнены из керамического кирпича и бутового камня на сложном растворе. В осях Б, 3/Б-В, 4/Б-В, В/3-4 выполнено усиление фундамента путем устройства новой монолитной подушки. В осях Б-В/2, В/2-3, В/5-6, 5/Б-В выполнены подвальные помещения методом пересадки участков стен на новые более заглубленные фундаменты с устройством монолитной железобетонной вертикальной части и фундаментных подушек шириной 2200 мм от отм. -3.800 до отм. -3.400, при этом на время их устройства участки стен вывешивались на временных свайных фундаментах.

По результатам выполненных инженерно-геологических изысканий, толща грунтов основания реконструируемого трехэтажного кирпичного здания до разведанной глубины 12 м является неоднородной, в ее пределах выделяется 7 инженерно-геологических элементов. Несущими грунтами фундаментов мелкого заложения служат суглинки полутвердые ИГЭ № 3а, суглинки туго-пластичные ИГЭ № 3б, супеси твердые ИГЭ № 4а, супеси пластичные ИГЭ № 4б, пески пылеватые водонасыщенные ИГЭ № 5а и пески мелкие водонасыщенные ИГЭ № 6а. Установившийся уровень грунтовых вод зафиксирован на глубине 5,0 м. Данные инженерно-геологических изысканий использовались при проведении расчетов для определения глубины заложения и ширины подошвы фундаментов реконструируемых частей здания.

### **Технология производства работ по переопиранию стеновых конструкций части здания на новые фундаменты**

Перед производством работ по реконструкции проводились мероприятия по повышению жесткости конструктивной системы всего здания, а именно: после демонтажа деревянных перекрытий в уровнях перекрытий выполнялись монолитные пояса, связанные между собой металлическими двутавровыми балками 20К1. Для обеспечения устойчивости стен по периметру здания были выполнены временные контрфорсы в простенках фасадных стен (рис. 1).

Поверх фундаментов вывешиваемой части здания на безусадочном растворе в специальную штрабу устанавливался металлический пояс из швеллеров № 30, стягиваемые между собой сквозными шпильками (рис. 2).

Второй этап производства работ связан с устройством временных вывешивающих конструкций. Для этого на расстоянии от 0,9 м до 1,5 м от стен здания выполнялись буронабивные армированные сваи на глубину 8,5 м, по верху свай устраивался монолитный железобетонный ростверк. Непосредственно под металлическим поясом в пробуренные сквозные отверстия с шагом около 1 м устанавливали двутавровые балки

40Б1, подпирающие через швеллер № 30 несущую стену, а их опорами служил ростверк. После подклинивания всех конструкций, сварки и набора прочности тяжелого бетона, приступали к разработке грунта внутри здания, а также под фундаментами до отметки - 3.800 м, при этом демонтировались старые фундаменты и рыхлые участки кирпичных стен до нижней отметки рандбалки.

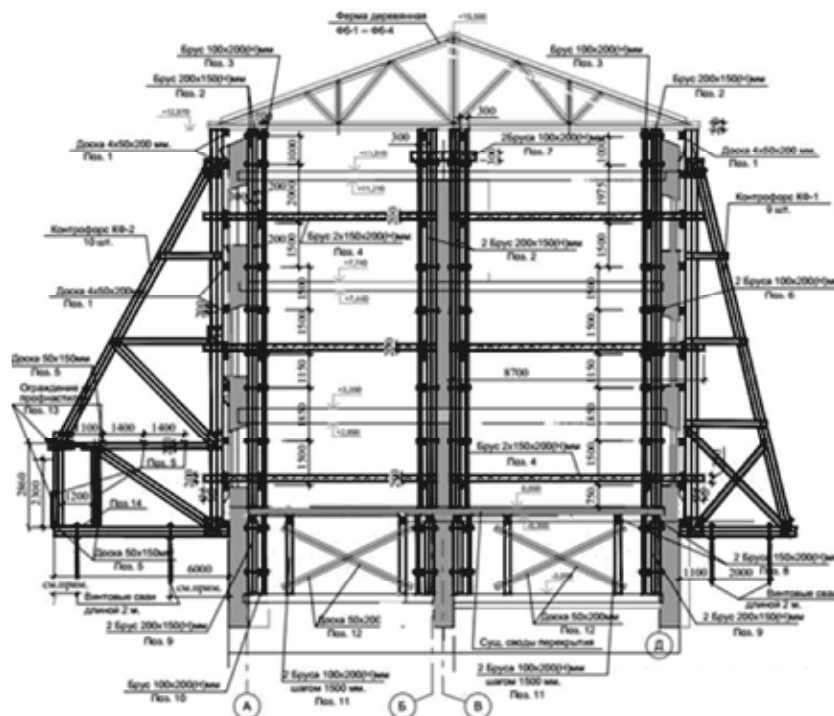


Рис. 1. Схема устройства временных контрфорсов

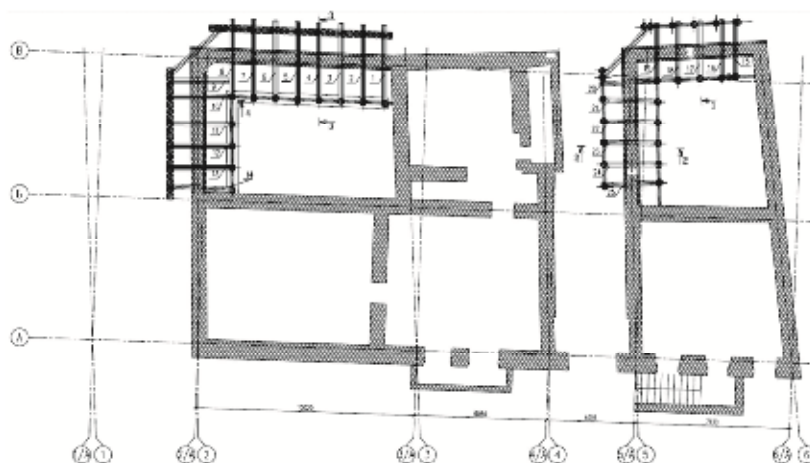


Рис. 2. Схема расположения временных металлических балок под стены

Под контуром вывешенных стен устраивался новый монолитный железобетонный фундамент мелкого заложения из мелкозернистого бетона до полной заливки металлического пояса. В связи с тем, что производство работ происходило в стесненных условиях и в холодный период года, при бетонировании учитывались рекомендации [6, 7]. После набора прочности бетона фундамента приступали к поэтапному демонтажу временных конструкций (металлических балок и оголовков свай), при этом происходила передача нагрузки от здания на вновь выполненные фундаменты.

На остальных участках выполнялось устройство углубления и уширения фундаментов несущих стен отдельными захватками длиной 1,2 м, либо инъектирование кладки.

### Организация мониторинга

После проведения визуального обследования здания и сравнение с предыдущими результатами обследования предусматривалось проведение следующих работ.

Установка устройств наблюдения:

- разметка и установка точек для снятия контрольных замеров;
- установка гипсовых маяков на трещины;
- установка измерительных меток на наружной стене здания со стороны двора и соседних зданиях.
- разметка точек на стенах здания для снятия изменений контрольных размеров.

Программа наблюдения включала в себя:

- снятие отчетов со средств наблюдения;
- статистический анализ полученных данных;
- разработка технических решений предупреждения и устранения возникших отклонений, превышающих предусмотренные в проекте, а также осуществление контроля за выполнением принятых решений.

Измерения для фундаментов проводились согласно рекомендациям по обследованию и оценке технического состояния зданий [8-13] по следующим параметрам:

- измерение вертикальных перемещений (прогибов) конструкций;
- наблюдения за трещинами в стеновых конструкциях.

Для измерения **возможных просадок стен** при вывешивании на временные фундаменты и установке на новые, на самом здании были установлены 4 измерительные точки. В качестве базовых точек на двух соседних зданиях были установлены реперные точки 1 и 6. Данные замеры снимались с помощью оптического нивелира и заносились в журнал наблюдений.

Данные измерения проводились в два этапа: измерения осадок временных фундаментов и измерения осадок стен после устройства новых фундаментов и демонтажа временных конструкций.

В процессе опирания стен на временные опоры и устройства подвальных помещений и новых фундаментов выполнялись замеры отметок характерных балок временных фундаментов, а также снятие показаний по вертикальным перемещениям линейных маяков. Результаты замеров показаны в табл. 1а, 1б и на рис. 3.

Таблица 1а

№ балки	Стена по оси В													
	30 окт.		5 нояб.		13 нояб.		20 нояб.		27 нояб.		4 дек.		18 дек.	
	Снаружи	Δ мм	Снаружи	Δ мм	Снаружи	Δ мм	Снаружи	Δ мм	Снаружи	Δ мм	Снаружи	Δ мм	Снаружи	Δ мм
	Внутри		Внутри	Внутри		Внутри		Внутри		Внутри		Внутри		Внутри
3	11,60	-3,00*	5,85	-3,00	6,90	-2,50	3,10	-2,00	11,40	-1,00	5,85	-3,00	3,85	-2,00
	11,30		5,55		6,95		2,90		11,30		5,55		3,65	
5	12,55	-1,50	13,20	-2,00	5,30	-2,00	5,30	-1,50	12,55	-1,50	10,20	-1,00	5,20	-1,50
	12,40		13,00		5,10		5,15		12,40		10,10		5,05	
6	13,95	+1,50	13,55	+2,50	10,60	+2,50	4,10	+1,50	14,00	+1,00	13,55	+2,50	4,60	+2,00
	14,10		13,80		10,85		4,25		14,10		13,80		4,80	

\*Прим.: «-» крен в сторону улицы, «+» крен в сторону помещения

Таблица 16

№ балки	Стена по оси В													
	05 янв.		12 янв.		19 янв.		26 янв.		02 февр.		09 февр.		19 февр.	
	Внутри	Снаружи	Внутри	Снаружи	Внутри	Снаружи	Внутри	Снаружи	Внутри	Снаружи	Внутри	Снаружи	Внутри	Снаружи
3	11,30	11,40	-1,00*	6,65	6,90	-2,50	6,65	6,90	-2,50	6,65	6,90	-2,50	6,65	6,90
5	12,60	12,85	-2,50	5,10	5,30	-2,00	5,10	5,30	-2,00	5,10	5,30	-2,00	5,10	5,30
6	14,10	14,00	+1,00	10,85	10,60	+2,50	10,85	10,60	+2,50	10,85	10,60	+2,50	10,85	10,60

\*Прим.: «-» крен в сторону улицы, «+» крен в сторону помещения

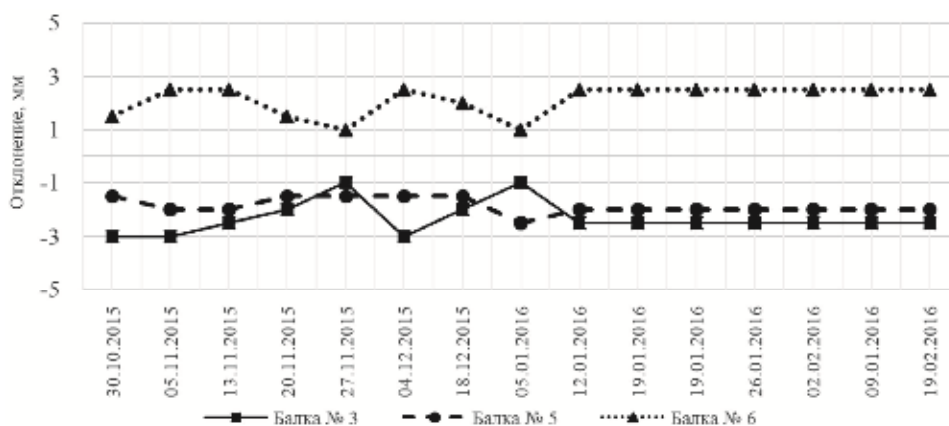


Рис. 3. Разность отметок металлических балок под стеной по оси 2-4/В, на период с 30.10.2015 по 19.02.2016

Измерения проводились следующим образом: замерялись отметки на концах металлических балок (снаружи и внутри здания) опертых на буронабивные сваи через железобетонный ростверк относительно реперной (неподвижной точки на соседнем здании). Далее вычислялась разность отметок концов балок относительно друг друга.

Измерения показали отсутствие прогибов металлических балок под вывешиваемыми стенами. Имеющиеся отклонения можно считать незначительными и в рамках погрешности измерений. Отсутствие деформаций свидетельствует о правильном подборе шага металлических балок, их сечения, при разработке противоаварийных мероприятий: сечения, шага металлических балок и технологии проведения работ в подвальной части здания.

На период вывешивания стен здания в осях 2/Б-В, 2-4/В, 5/Б-В и 5-6/В на временные фундаменты (в процессе устройства подвальных помещений), для контроля

возможных просадок, прогибов балок и буронабивных свай, на которые опираются стены, производились замеры абсолютных отметок относительно реперной точки. Данные замеры снимались с помощью нивелира и заносились в журнал.

Данные измерения проводились для оценки возможных осадок стен, под которыми будут устраиваться новые фундаменты, на период подготовительных работ и вывешивания стен на временные опоры (фундаменты). Проводились замеры отклонений точек № 2-5 от реперных. Результаты замеров показаны на рис. 4.

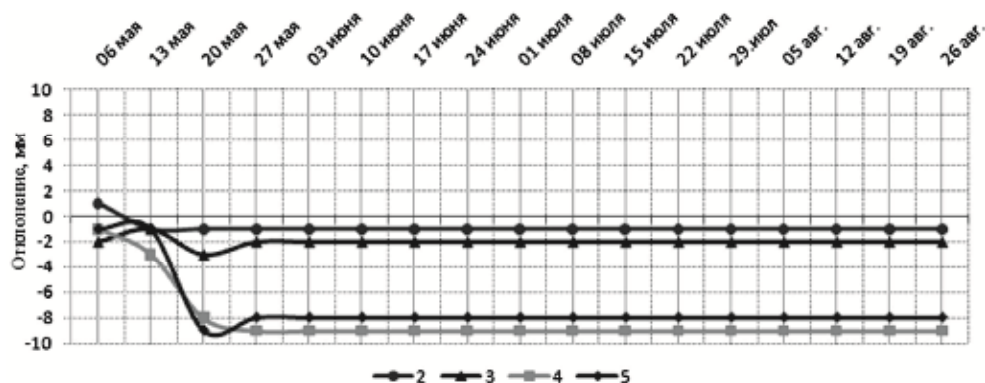


Рис. 4. Разность отметок шкаловых марок относительно реперной точки

Как видно, на период подготовки стен под вывешивание на временные фундаменты максимальное отклонение равно 5 мм, а среднее отклонение составило 4 мм. В процессе установки стен на буронабивные сваи через металлические балки максимальное отклонение составило 3 мм, а среднее 2,5 мм. После устройства подвальных помещений в осях 2-4/Б-В и 5-6/Б-В и устройства новых фундаментов под стенами максимальная осадка составила 9 мм (точки 4 и 5), при этом силовых трещин не наблюдается, что может объясняться компенсацией осадки посредством перераспределения усилий в кирпичной кладке. В целом результаты измерений показали, что критических отклонений значений измеряемых точек на период проведения работ не выявлено.

### Наблюдения за развитием трещинообразования

Для проведения наблюдений за раскрытием (закрытием) трещин, выявленных в процессе предварительного обследования здания, были установлены гипсовые маяки специальной формы. Все маяки были пронумерованы, скоординированы и занесены в журнал наблюдений. В процессе проведения строительных работ на объекте некоторые маяки демонтировались в связи с разборкой и восстановлением конструкций, на которых они располагались; другие маяки менялись на новые, вследствие повреждений при работе со средствами механизации. В целом, за все время наблюдения за гипсовыми маяками, критических трещин обнаружено не было, что свидетельствует об отсутствии развивающихся деформаций несущей системы здания и отсутствии осадок за счет принятых мер подготовки.

### Заключение

1. В результате проведенных работ выполнено опирание части здания на новые более заглубленные фундаменты мелкого заложения по предложенной технологии, при этом разработанный способ показал свою эффективность и безопасность при реконструкции и реставрации.

2. По итогам мониторинга доказана возможность реализации вышеуказанных мероприятий с минимальными относительными деформациями и без повреждений несущих строительных конструкций реконструируемого здания. Дом купца Лисицына благодаря предусмотренным и доработанным противоаварийным мероприятиям, в процессе реконструкции и реставрации не имеет критических и развивающихся отклонений при замерах горизонтальных и вертикальных отклонений стен по каким-либо параметрам.



**Список библиографических ссылок**

1. Шрейбер К. А. Технология производства ремонтно-строительных работ. Научное издание. М. : АСВ, 2014. 264 с.
2. Лосева Ю. В. Особенности современных методов усиления фундаментов и условия их применения : сб. научных трудов по итогам международной научно-практической конференции / Инновационный центр развития образования и науки. Красноярск, 2015. С. 85–89.
3. Фундамент реконструируемого здания: пат. 2431718 Рос. Федерация. № 2010140599/03 ; заявл. 04.10.2010 ; опубл. 20.10.11, Бюл. № 29. 6 с.
4. Тезисы докладов : сб. научных трудов 68-й Всероссийской научной конференции, Казань, 2016. 357 с.
5. Alkiviadis P. Protection and sustainable development of traditional settlements in the context of tourism development and promotion of employment: values of yesterday, today and tomorrow, V International Scientific – Practical Conference: Cultural heritage in 21<sup>st</sup> century. Kazan : Proceedings, 2017. P. 11–19.
6. Имайкин Д. Г., Ибрагимов Р. А., Мартынов М. М., Сунгатуллина А. Р. Технология зимнего бетонирования строительных конструкций с применением термоактивной опалубки // Вестник Казанского технологического университета. 2014. Т. 17. № 24. С. 96–98.
7. Имайкин Д. Г., Ибрагимов Р. А. Совершенствование технологии бетонирования монолитных конструкций // Известия КГАСУ. 2017. № 1 (39). С. 250–256.
8. Рекомендации по обследованию и оценке технического состояния крупнопанельных и каменных зданий, ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко, М., 1988.
9. Стасева Е. В., Федина Е. В. Системный подход к мониторингу технического состояния зданий и сооружений // Инженерный вестник Дона. 2013. № 4. С. 172.
10. Коклюгина Л. А., Коклюгин А. В. Определение продолжительности строительства объектов нефтеперерабатывающей промышленности с учетом интересов участников инвестиционного строительного проекта // Вестник Казанского технологического университета. 2014. Т. 17. № 20. С. 290–292.
11. Bungle S. T. Reinforced Concrete Design of Tall Buildings. N-Y. : CRC Press. 2016. 989 p.
12. William M. C. Examples in Structural Analysis, Second Edition. N-Y. : CRC Press. 2016. 838 p.
13. Amador-Jimenez L. Civil Engineering Systems Analysis. N-Y. : CRC Press. 2016. 249 p.

**Galiev Ilyas Halimovich**

engineer

E-mail: [galiev-ih@kgasu.ru](mailto:galiev-ih@kgasu.ru)**Ashrapov Azat Halilovich**

candidate of technical sciences, senior lecturer

E-mail: [32116@kgasu.ru](mailto:32116@kgasu.ru)**Ibragimov Ruslan Abdirashitovich**

candidate of technical sciences, associate professor

E-mail: [rusmag007@yandex.ru](mailto:rusmag007@yandex.ru)**Kazan State University of Architecture and Engineering**

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

**Scientific and technical support of the object of cultural heritage  
«Merchant Lisitsyn's house» during the construction works  
for its restoration and reconstruction****Abstract**

*Problem statement.* The purpose of the study is to identify the deformations of the building structures of the reconstructed building from possible force impacts on the structural

elements of the building, ensuring its spatial rigidity and unchangeability, in the process of dismantling, deepening and strengthening the foundations. To realize the goal, geodetic observations (monitoring) were carried out during the whole period of the work.

*Results.* The main results of the research are that, within the framework of restoration, reconstruction and adaptation of the building, technological work was performed to re-bearing part of the building in areas with a missing basement to new more buried foundations of shallow foundations with a device in the resulting volume of additional premises. In the course of the production of works behind the bearing structural units, monitoring was carried out, during which special devices and beacons were installed in the characteristic places to measure the vertical and horizontal displacements of the building elements. Measuring and analyzing the readings of the beacons was carried out from the beginning of the work to the complete re-bearing of the walls on new foundations. Based on the monitoring results, it is proved that the above measures can be implemented with minimal relative deformations and without damaging the load-bearing building structures of the reconstructed building

*Conclusions.* The significance of the results obtained for the construction industry is that it has been established that the part of the building can be safely supported on new, more buried foundations with making in the new volume of additional premises. The results of the research carried out are applicable to the reconstruction and adaptation of objects.

**Keywords:** reconstruction, reinforcement of foundations, transplantation of buildings, monitoring, scientific and technical support of the reconstruction of the object.

### References

1. Shreyber K. A. The technology of repair and construction works. Scientific publication. M. : ASV, 2014. 264 p.
2. Loseva Yu. V. Features of modern methods of amplification foundations and conditions of their application: proceedings on the results of the international scientific and practical conference / Innovative development center of education and science. Krasnoyarsk, 2015. P. 85–89.
3. Foundations of the reconstructed building: Pat. 2431718 Russian Federation. № 2010140599/03 ; claimed. 04.10.2010 ; publ. 20.10.11, Bul. № 29. 6 p.
4. Theses of reports : proceedings of the 68<sup>th</sup> All-Russian scientific conference, Kazan, 2016. 357 p.
5. Alkiviadis P. Protection and sustainable development of traditional settlements in the context of tourism development and promotion of employment: values of yesterday, today and tomorrow, V International Scientific – Practical Conference: Cultural heritage in 21<sup>st</sup> century. Kazan : Proceedings, 2017. P. 11–19.
6. Imaykin D. G., Ibragimov R. A., Martynov M. M., Sungatullina A. R. Technology of winter concreting of building structures using thermoactive formwork // Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta. 2014. T. 17. № 24. P. 96–98.
7. Imaykin D. G., Ibragimov R. A. Improvement of technology of concreting of monolithic designs // Izvestiya KGASU. 2017. № 1 (39). P. 250–256.
8. The recommendations about inspection and assessment of technical condition of large-panel and stone buildings, TsNIISK of V.A. Kucherenko, M., 1988.
9. Staseva E. V., Fedina E. V. System approach to monitoring the technical condition of buildings and structures // Inzhenernyy vestnik Dona. 2013. № 4. P. 172.
10. Koklyugina L. A., Koklyugin A. V. Determining the duration of construction of oil refining facilities taking into account the interests of participants in the investment construction project // Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta. 2014. T. 17. № 20. P. 290–292.
11. Bungale S.T. Reinforced Concrete Design of Tall Buildings. N-Y. : CRC Press. 2016. 989 p.
12. William M.C. Examples in Structural Analysis, Second Edition. N-Y. : CRC Press. 2016. 838 p.
13. Amador-Jimenez L. Civil Engineering Systems Analysis. N-Y. : CRC Press. 2016. 249 p.

УДК 69.05

**Мавлюбердинов Азат Рашидович**

кандидат технических наук, доцент

E-mail: [mazatr73@mail.ru](mailto:mazatr73@mail.ru)

**Казанский государственный архитектурно-строительный университет**

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

**Хоцаян Давид Нверович**

инженер

E-mail: [Khotsanyan1994@mail.ru](mailto:Khotsanyan1994@mail.ru)

**ООО «Антарес»**

Адрес организации: 420059, Россия, г. Казань, ул. Оренбургский тракт, д. 168

### **Технологические особенности возведения многоэтажных жилых зданий из CLT-панелей**

#### **Аннотация**

*Постановленные задачи.* Цель исследования – выявить достоинства и особенности CLT-панели, как несущего элемента при строительстве многоэтажных жилых зданий. Оценить конкурентоспособность CLT-панели, по отношению к традиционным материалам строительства, как бетон, камень, металл.

*Результат.* Основные результаты исследования состоят в анализе технологических особенностей возведения многоэтажных жилых зданий из CLT-панелей, как решение проблемы малой автоматизации строительного производства. Был рассмотрен зарубежный и отечественный опыт строительства, а так же способы производства CLT-панелей. Дано краткое описание свойств и характеристик CLT-панелей.

*Выводы.* Значимость полученных результатов для строительной отрасли состоит в увеличении скорости возведения здания, экологичности, уменьшении трудоемкости и стоимости возведения здания, за счет использования CLT-панели, как несущих конструкций.

**Ключевые слова:** «Зеленое строительство», CLT-панели, перекрестно-слоенная древесина, строительство из древесины, многоэтажное строительство.

#### **Введение**

Древесина – единственный возобновляемый конструкционный материал, применявшийся в строительстве в течение тысячелетий. Нынешняя тенденция «зеленого строительства» способствует возрождению деревянного строительства на принципиально новом качественном уровне. Появление нового продукта высоких технологий – клееных деревянных панелей сделало экологически чистое дерево реальной альтернативой железобетону в индустриальном домостроении.

Новая европейская технология клееных деревянных панелей, обозначаемая аббревиатурой CLT (Cross-Laminated Timber), совершает революцию на строительном рынке. Эта технология за последние годы охватила страны Европы и начало распространяться в Австралии, США и Канаде [1-4].

Источником сырья для производства CLT-панелей является деревянная доска – материал, применяемый в строительстве человечеством на протяжении всей его истории существования. Технология перекрестной склейки древесных слоев проявила себя в новом качестве, с выгодными и конкурентными преимуществами в сравнении с традиционными строительными материалами.

Множество положительных качеств и успешное практическое использование CLT-панелей в коттеджном строительстве дало понять, что потенциал данной технологии не исчерпывается малоэтажным строительством. В Европе, США, Канаде появились и стали реализовываться проекты 6, 9 и 10-ти этажных зданий, размещаемых в городской застройке. Наряду с этим стали появляться интересные проекты складских, производственных зданий, транспортных объектов, спортивных сооружений. Успешная реализация таких проектов привела архитекторов, инженеров, экологов к постановке более масштабных и амбициозных задач.

На производство железобетона приходится большая доля вредных выбросов в атмосферу. Ввиду этого, технология многослойных деревянных панелей стала рассматриваться, как средство решения экологических проблем глобального масштаба.

В результате современная технология производства многослойных деревянных конструкций стала серьезно рассматриваться как реальная альтернатива железобетону, призванная очистить атмосферу, сократить энергопотребление и создать здоровый микроклимат в помещениях. Для этого в ряде стран стали пересматриваться строительные нормы в сторону увеличения предельной этажности деревянных зданий.

### **Зарубежный и отечественный опыт**

Передовыми производителями CLT-блоков являются Австрия, Швейцария, Швеция, Германия, Норвегия, США и Канада. Спрос на производство панелей в западных странах увеличивается на 20-25 % в год. Потребителей привлекает относительная дешевизна технологии и возможность жить в экологически чистом доме. Первые панели были изготовлены еще в начале 90-х в Швейцарии, однако настоящий прорыв в развитии технологии осуществили австрийские инженеры. Так в 1996 году, был спроектирован первый жилой дом в 8 этажей с использованием CLT-панелей. Британские архитекторы пошли еще дальше и спроектировали девятиэтажный деревянный дом, который считается первым многоэтажным жилым деревянным зданием. Отличными примерами деревянного многоэтажного строительства зданий и сооружений, являются здания, такие как: десятиэтажный дом «Форте» в Мельбурне (Австралия), проект сорока четырехэтажного здания «Big Wood» в Чикаго, жилой дом «Мюррей Гроу» в Лондоне (рис. 1) и еще множество примеров по всей Европе, Австралии и Северной Америки [5-10].

Технология возведения домов из поперечно-клееной древесины в России появилась сравнительно недавно. Из-за запрета на строительство деревянных домов выше 3-х этажей, CLT-панели используются для проектов коттеджей и малоэтажных зданий. Однако, в 2017 году подведомственные организации Минстроя России и ТК 465 «Строительство» начали разработку двух сводов правил для проектирования жилых и общественных зданий этажностью более трех этажей, которые строятся с применением материалов на основе древесины. По данным Минстроя, документы устанавливают нормы проектирования и строительства вновь строящихся и реконструируемых зданий, а также требования к их безопасности и эксплуатационной пригодности.

Будущие СП «Дома жилые многоквартирные с применением деревянных конструкций. Правила проектирования и строительства» и «Здания общественные с применением деревянных конструкций. Правила проектирования и строительства» регламентируют строительство жилых и административных зданий, зданий общественного назначения, кроме зальных помещений с большим пролетом, где основным материалом несущей конструкции будет древесина.

НИЦ «Строительство» при разработке СП, будут руководствоваться зарубежным опытом, методикой расчета огнестойкости объектов домостроения с конструкцией из древесины, разрабатываемых МЧС России, а так же научно-исследовательскими испытаниями [7].



Рис. 1. Stadthaus (Murray Grove), Лондон, Великобритания

### Технология производства CLT-панелей

Технологическая цепочка начинается с разборки штабеля и подачи ламелей на линию оптимизации и затем на фрезерно-калибровочный строгальный станок Rotoles. Затем обработанные ламели сортируются по размерам определенных панелей для стен, перекрытий, кровли и подаются на линию сращивания. После чего ламели укладываются в многоэтажный накопитель на атмосферную сушку. Затем комплект заготовок для определенной панели подается вакуумными подъемниками на второй строгальный станок Rotoles. После чего осуществляется сборка панелей.

В первую очередь на рабочий стол в поперечном направлении укладывается слой ламелей длиной до 3500 мм. Он выравнивается, и на его поверхность наносится клей. Затем сверху размещаются заготовки в продольном направлении. Таким образом, меняя направление, укладывается до 7 слоев. Собранная панель подается в пресс длиной 4 м, в котором в течение 7 минут происходит ее сжатие. После прессования транспортер передвигал панель на промежуточный склад, и дальше – на калибровку, которую осуществляла продольно-фрезерная установка Superles с шириной строгания 3,5 метра. Это уникальный станок компании Ledinek, на котором используется схема из двух верхних и двух нижних строгальных головок шириной по 1,6 м. Если панели были небольшими, то для их калибровки и профилирования применялся станок Ledinek Superles 1300. После этого клееная конструкция направлялась на специальный домостроительный обрабатывающий центр с ЧПУ, который вырезал в ней окна и двери, фрезеровал пазы под розетки и т. д.

И сегодня такое оборудование уже поставляется на рынок России. Создание специализированной линии оптимизации X-CUT и инновационного пресса X-PRESS позволяет полностью и самостоятельно изготавливать линии по производству панелей методом послойного склеивания сушеных досок, располагаемых крест-накрест.

Линия оптимизации X-CUT представляет собой автоматическую торцовочную установку, предназначенную для резки в размер и вырезания дефектных участков и сучков со встроенным устройством стягивания заготовок. В системах подачи пиломатериала и вылета пилы применены современные серводвигатели и эффективная система управления.

Пресс X-PRESS предназначен для прессования по пласти панелей CLT (BSP, KLH, X-Lam). Состоит из тяжелой опорной рамы с передвижным столом и подвижным укладочным столом, который может въезжать в пресс и выезжать из него. В свою очередь, укладочный стол состоит из направляющих рельсов и рабочего стола. Возможны опции: второй укладочный стол и рельсы на входе для разгрузки.

Высота прессования регулируется с помощью приводов шпинделей. Прессование выполняется с помощью сжатого воздуха, подаваемого в специальных напорных шлангах, установленных в балках.

Минимальное время нахождения клея в открытом состоянии – 15 мин, время отверждения – 40 мин. Температура окружающей среды  $20 \pm 2$  °C. Производительность при автоматической загрузке – до 8 запрессовок в смену, при ручной загрузке – до 6 запрессовок.

В целом же линия по производству панелей методом послойного склеивания сушеных досок, располагаемых крест-накрест, работает с пакетами досок сечением  $1200 \times 1200$  мм и длиной 2,5-6 м. Сечение заготовок в пакете при этом должно составлять  $85-300 \times 22-50$  мм при соотношении ширины и толщины не менее 2. В качестве заготовок рекомендуется использовать обрезной материал игольчатых пород древесины влажностью 10-15 %, плотностью не более  $480 \text{ кг/м}^3$  (до 95 %) и соответствующий немецкому промышленному стандарту DIN 4074 S7, S10, S13. И еще два важных составляющих элемента линии.

Система вакуумной подачи заготовок. Длина заготовок 2500-6000 мм. Производительность – 3 слоя в минуту, объем партии – 20 штук в минуту.

У панелей высокие огнестойкие характеристики. Во время проведения испытаний на одном из европейских предприятий стена толщиной 180 мм нагрелась с наружной стороны всего на 10 °C в течение часа, при этом с ее внутренней стороны располагался очаг горения с температурой 1200 °C [2].

### Монтаж зданий из CLT-панелей

Для монтажа здания из CLT-панели необходима лишь группа рабочих, имеющие плотницкие навыки и знания электроинструментов, легкие электроприборы и подъемный кран. Монтаж одной панели занимает около 20 минут, в зависимости от сложности монтажного узла. Поскольку большая часть работ производится на заводе, процесс возведения здания становится более безопасным. Там же, на фабрике, в панелях вырезаются дверные и оконные проемы, каналы для инженерных коммуникаций. Так как панели приходят на стройку уже пронумерованные и доставляются в соответствии с планом монтажа здания, сборка происходит в рекордные сроки. Сам процесс возведения здания, напоминает сборку конструктора [9-11] (рис. 2).

CLT-панели не подвержены усадке, не растрескиваются и не деформируются. Склеенная в заводских условиях из высушенной древесины, деревянная монолитная панель, не требует штукатурки, что сокращает период отделочных работ и сроки ввода здания в эксплуатацию.



Рис. 2. Процесс монтажа CLT-панели

### Особенности и преимущества CLT-панелей

Плита CLT относится к категории конструкционных строительных материалов, таких как бетон, сборный железобетон, металлический каркас и им подобным.

Существующие нормы и требования в строительстве позволяют применять плита CLT в строительстве малоэтажных и среднеэтажных жилых зданий и сооружений (1-10 этажей), строительных объектов социального назначения (школы, больницы, магазины и иные административные здания), спортивных сооружений, производственных корпусов, особенно связанных с химическим, пищевым, кожевенно-текстильным производством, в сельском хозяйстве, при возведении мостов и иных строений, требующих применение длинномерных конструкционных материалов.

В настоящее время в мире реализуется несколько амбициозных проектов, на примере которых производители плит демонстрируют возможности, технические характеристики и параметры конструкционного материала – плита НЭК в многоэтажных зданиях более 30 этаже.

– CLT-панель и вся продукция на ее основе относится к зеленым технологиям, зеленому строительству. Главная идея зеленого строительства состоит в том, чтобы создавать качественную, безопасную для людей и природы недвижимость. Основной задачей зеленого строительства является снижение уровня потребления ресурсов (энергетических и материальных) на протяжении всего жизненного цикла здания: от выбора участка, проектирования и строительных работ до эксплуатации, ремонта и сноса. Отрасль, включающая в себя строительство и эксплуатацию зданий с минимальным воздействием на окружающую среду.

– CLT-панель обладает, как материал, высокой стабильностью, что позволяет соблюдать геометрические размеры до одной десятой миллиметра при заводском исполнении конструкционных материалов, а это, в свою очередь, сокращает до

минимума использование квалифицированной рабочей силы при выполнении монтажных и сборочных работ на строительной площадке. Плита принципиально отличается от клееного и массивного бруса, а так же иных изделий из древесины меняющих геометрию в прямой зависимости от влажности и атмосферных осадков.

– Высокие теплозащитные характеристики определили применение древесины как материала с давних пор в качестве надежной защиты не только от холода, но и от жары, позволяя значительно экономить на энергоносителях в процессе эксплуатации строений, сделанных с применением дерева. Плита CLT, благодаря технологии перекрестной склейки, отсутствия мостиков холода и мест утечек тепла, обладают минимум на 35 % лучшими теплозащитными характеристиками, чем бревно и брус, в том числе клееный брус аналогичных размеров.

– CLT-панель является массивным материалом, что при возгорании затрудняет поступление кислорода к горящей поверхности. Это кардинально отличает плита от каркасных технологий, страдающих низкой пожарной безопасностью. Термостойкость плиты характеризуется скоростью горения 0,6-0,7 мм в минуту при температуре 1200 градусов с уменьшением этого показателя в процессе образования углеродного защитного слоя при горении.

– Масса CLT-панели в 4-5 раз меньше массы железобетонного элемента, что позволяет экономить на подъемных механизмах, фундаменте и транспортировке.

– Так как, при монтаже окружающая температура не играет никакой роли, здания из CLT-панелей возможно возводить круглый год.

– CLT-панель за счет перекрестной склейки обладает более высокими звукоизоляционными характеристиками не только в сравнении с деревянным домостроением, но и выгодно конкурирует по данному техническому параметру со многими другими традиционными материалами.

– CLT-панель при испытаниях выдерживала сейсмическую активность в 7,5 баллов, тем самым обеспечивая большую защиту в сейсмоопасных зонах строительства.

– Большая вариация размеров CLT-панелей позволяет реализовывать самые разные архитектурные решения.

– CLT-панель устойчива к электромагнитным излучениям, обладает абсорбирующими свойствами, устойчива к агрессивным средам, например, химическим удобрениям. Применяемые клеи в CLT-панелях, практически не содержат формальдегиды, и отвечает самым высоким экологическим требованиям.

– CLT-панель рассчитаны на длительный срок эксплуатации. Отдельные европейские производители плиты дают гарантийный срок ее использования до 200 лет, что ставит ее выше бетона на уровень таких конструкционных материалов, как камень и кирпич.

– CLT-панель делают из древесины. 20 % всех запасов древесины сосредоточены в России.

Современное производство позволяет выпускать комбинированные панель с использованием разных сортов древесины, таких как лиственница, для наружной отделки домов, с целью их защиты от природных погодных условий и таких как дуб, тик, палисандр, ольха, для внутренней отделки помещений. Для эстетики и дизайнерских решений практически нет ограничений. Панель, обладая качественной поверхностью, легко штукатурится и отделяется различными материалами [1, 3].

### **Заключение**

Широкий зарубежный опыт применения CLT-панелей в области строительства показывает высокую конструктивно-технологическую эффективность возведения различных жилых и гражданских зданий, а также инженерных решений.

В процессе исследования проведен анализ современного домостроения, который указывает на определенный ряд факторов, сдерживающих широкое применение CLT-панелей, как несущую конструкцию при строительстве высотных зданий различного технологического назначения. Широкое применение и внедрение деревянных конструкций в России сдерживается отсутствием нормативных документов по их проектированию и существующий запрет на возведение зданий выше 3 этажей. На данный момент, в России разрабатывается 2 новых свода правил по возведению

многоэтажных деревянных зданий, что делает строительство многоэтажных зданий из CLT-панелей очень актуальным в будущем.

Успешное развитие строительства многоэтажных жилых зданий из CLT-панелей требует комплексных исследований, направленных на нахождение оптимальных решений для структуры несущей конструкции высотного здания, где будут использоваться лучшие свойства материалов (бетон, металл, древесина), а так же оптимальные стыки, узлы и сочленения несущих конструкций между собой.

### Список библиографических ссылок

1. CLT-панели // [www.whatwood.ru](http://www.whatwood.ru): еженедельник, интернет-изд. URL: <http://whatwood.ru/news/weekly-journal> (дата обращения: 20.01.2018).
2. Комплексные линии Ledinek для производства CLT-панелей // [www.derevo.info](http://www.derevo.info): информационный-портал. 2011. URL: <https://www.derevo.info/content/detail/5451> (дата обращения: 19.01.2018).
3. Воякин А. С. Деревянная альтернатива бетону // Лесная Индустрия. 2013. № 4. С. 38–45.
4. Жигач А. Будущие дома из европейского настоящего // [www.dp.ru](http://www.dp.ru): интернет-изд. 2014. URL: [http://www.dp.ru/a/2014/02/27/Budushhie\\_doma\\_iz\\_evropejsk/](http://www.dp.ru/a/2014/02/27/Budushhie_doma_iz_evropejsk/) (дата обращения 04.01.2018).
5. Многоэтажное деревянное строительство // [www.maestro.ru](http://www.maestro.ru): интернет-изд. URL: [http://maestro.ru/articles/building/mnogoetazhnoe\\_derevyannoe\\_stroitelstvo](http://maestro.ru/articles/building/mnogoetazhnoe_derevyannoe_stroitelstvo) (дата обращения: 28.01.2018).
6. Минстрой России расширяет условия для проектирования деревянных объектов выше трех этажей // MINSTROYRF.RU. 2017. URL: [http://www.minstroyrf.ru/press/minstroy\\_rossii\\_rasshiryae\\_usloviya\\_dlya\\_proektirovaniya\\_derevyannykh\\_obektov\\_vysh\\_e\\_trekh\\_etazhey](http://www.minstroyrf.ru/press/minstroy_rossii_rasshiryae_usloviya_dlya_proektirovaniya_derevyannykh_obektov_vysh_e_trekh_etazhey) (дата обращения: 24.01.2018).
7. Polastri Andrea Инновационные узлы соединения CLT-панелей для быстровозводимых домов // Оборудование и инструмент для профессионалов. 2015.
8. Ибрагимов Р. А., Салимова Г. Р. Анализ и оптимизация нормирования продолжительности строительства крупнопанельных жилых зданий в г. Казань // Известия КГАСУ. 2016. № 4 (38). С. 422–427.
9. Gerhard Schickhofer CLT – European experiences // Institute for timber engineering and wood technology. 2011.
10. Cross Laminated Timber – CLT // [structurecraft.com](http://structurecraft.com): интернет-изд. 2016. URL: <https://structurecraft.com/materials/mass-timber/cross-laminated-timber> (дата обращения: 01.02.2018).
11. CLT Houses // [www.multicomphort.ee](http://www.multicomphort.ee). 2013. URL: <http://www.multicomfort.pl/en/prefabricated-houses/technology/> (дата обращения: 03.02.2018).

#### **Mavlyuberdinov Azat Rashidovich**

candidate of technical sciences, associate professor

E-mail: [mazatr73@mail.ru](mailto:mazatr73@mail.ru)

#### **Kazan State University of Architecture and Engineering**

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

#### **Khotsanian David Nverovich**

engineer

E-mail: [Khotsanyan1994@mail.ru](mailto:Khotsanyan1994@mail.ru)

#### **LTD «Antares»**

The organization address: 420043, Russia, Kazan, Orenburgskiy trakt st., 168

### Technological features of erecting multi-storey residential buildings from CLT-panels

#### **Abstract**

*Problem statement.* The purpose of the study is to reveal the advantages and characteristics of the CLT-panel as a bearing element in the construction of multi-storey



residential buildings. Assess the competitiveness of the CLT-panel, in relation to traditional building materials, like concrete, stone, metal.

*Results.* The main results of the research consist in analyzing the technological features of erecting multi-storey residential buildings from CLT-panels, as a solution to the problem of small automation of construction. The foreign and domestic experience of construction, as well as the production methods of CLT-panels was considered. A brief description of the properties and characteristics of the CLT-panels is given.

*Conclusions.* The significance of the results obtained for the construction industry is to increase the speed of erection of the building, its environmental friendliness, to reduce the labor intensity and cost of erecting the building, through the use of the CLT-panel, as a bearing structure.

**Keywords:** «Green building», CLT-panels, cross-ply wood, construction from wood, multi-storey construction.

## References

1. CLT-panels // [www.whatwood.ru](http://www.whatwood.ru): weekly, internet-edit. URL: <http://whatwood.ru/news/weekly-journal> (reference date: 20.01.2017).
2. Complex lines Ledinek for the production of CLT-panels // [www.derevo.info](http://www.derevo.info): information portal. 2011. URL: <https://www.derevo.info/content/detail/5451> (reference date: 19.01.2018).
3. Voyakin A. S. Wooden alternative to concrete // *Lesnaya Industriya*. 2013. № 4. P. 38–45.
4. Zhigach A. Future homes from the European present // [www.dp.ru](http://www.dp.ru): internet-edit. 2014. URL: [http://www.dp.ru/a/2014/02/27/Budushhie\\_doma\\_iz\\_evropejsk/](http://www.dp.ru/a/2014/02/27/Budushhie_doma_iz_evropejsk/) (reference date 04.01.2018).
5. Multi-storey wooden construction // [www.maestro.ru](http://www.maestro.ru): internet-edit. URL: [http://maestro.ru/articles/building/mnogoetazhnoe\\_derevyannoe\\_stroitelstvo](http://maestro.ru/articles/building/mnogoetazhnoe_derevyannoe_stroitelstvo) (reference date: 28.01.2018).
6. Ministry of construction of Russia extends the conditions for the design of wooden objects above three floors // *MINSTROYRF.RU*. 2017. URL: [http://www.minstroyrf.ru/press/minstroy\\_rossii\\_rasshiryae\\_usloviya\\_dlya\\_proektirovaniya\\_derevyannykh\\_obektov\\_vyshe\\_trekh\\_etazhey](http://www.minstroyrf.ru/press/minstroy_rossii_rasshiryae_usloviya_dlya_proektirovaniya_derevyannykh_obektov_vyshe_trekh_etazhey) (reference date: 24.01.2013).
7. Polastri Andrea Innovative nodes for connecting CLT panels for prefabricated houses // *Equipment and tools for professionals*. 2015.
8. Ibragimov R. A., Salimova G. R. Analysis and optimization of the normalization of the duration of construction of large-panel residential buildings in Kazan // *Izvestiya KGASU*. 2016. № 4 (38). P. 422–427.
9. Gerhard Schickhofer CLT – European experiences // *Institute for timber engineering and wood technology*. 2011.
10. Cross Laminated Timber – CLT // [structurecraft.com](http://structurecraft.com): internet-edit. 2016. URL: <https://structurecraft.com/materials/mass-timber/cross-laminated-timber> (reference date: 02.01.2018).
11. CLT Houses // [www.multicomphort.ee](http://www.multicomphort.ee). 2013. URL: <http://www.multicomfort.pl/en/prefabricated-houses/technology/> (reference date: 03.02.2018).

УДК 621.663.3

**Мудров Александр Григорьевич**

доктор технических наук, профессор

E-mail: [Alexmudrov42@rambler.ru](mailto:Alexmudrov42@rambler.ru)

**Казанский государственный архитектурно-строительный университет**

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

### **Конструкции и модель смешения в аппаратах с мешалкой**

#### **Аннотация**

*Постановка задачи.* Существующие аппараты с мешалкой работают в стационарном режиме с большими затратами времени и энергии, при недостаточной однородности смеси. Причины: наличие зон в корпусе, где отсутствует или минимальное движение перемешиваемых материалов, слабое воздействие рабочих органов. Цель исследования – создать устройства, лишенные недостатков известных аппаратов с мешалкой, разработать модель перемешивания жидких смесей.

*Результаты.* Созданы новые пространственные аппараты с мешалкой с угловым переменным вращением и с разными законами движения рабочих органов, конструкции которых защищены патентами на изобретения. Устройства позволяют упростить конструкции и существенно интенсифицировать процесс смесеобразования по всем технико-эксплуатационным показателям. Предложена диффузионно-инерционная модель смешения, которая характеризует концентрацию контролируемого компонента и время процесса.

*Выводы.* Значимость полученных результатов для перемешивающей строительной техники заключается в создании различных групп аппаратов с мешалкой, которые существенно сокращают время перемешивания различных материалов, приготавливают смеси высокой однородности, просты по конструкции, надежны и имеют высокий ресурс работы.

**Ключевые слова:** переменная угловая скорость, перемешивание, вращательные шарниры пространственные, аппараты с мешалкой, модель смешения материалов.

#### **Введение**

Большая часть существующих аппаратов с мешалкой работают в основном при стационарном режиме работы, т.е. при постоянной угловой скорости рабочих органов. При таком способе воздействия на перемешиваемую среду в объеме емкости имеются зоны, в которых скорость потока равна нулю или очень мала, т.е. жидкость этих зон практически не участвует в движении и, следовательно, не перемешивается, ухудшая тем самым степень однородности готовой смеси и увеличивая время перемешивания и энергозатраты процесса. Кроме этого, с течением времени скорость движения основной жидкости становится равной скорости рабочего органа, т.е. их относительного движения не происходит. В этом заключаются существенные недостатки процесса смешения существующим способом в аппаратах с мешалкой при постоянном режиме работы рабочих органов.

В совершенствовании аппаратов с мешалкой использовали сообщение рабочему органу сложной траектории путем применения второго источника привода или привод через сложный передаточный механизм. Однако применяемые для этой цели способы не обеспечивали требуемое качество (однородность) перемешивания, экономичность процесса, совершенство конструкций, надежность и ресурс работы.

Анализ литературных отечественных источников [1, 2] и зарубежных [3, 4, 5] показал, что существенно улучшает процесс перемешивания в аппаратах с мешалкой при нестационарном режиме работы рабочих органов.

Однако известные в технике преобразующие механизмы мало подходят для практического внедрения в аппаратах с мешалкой, так как у них небольшой диапазон регулирования частоты вращения и труднорегулируемый закон движения звеньев, они многозвенны, передают небольшие моменты, ненадежны в работе.

Разработок новых преобразующих механизмов для этой цели практически нет, они индивидуальны и создание их базируется на опыте и интуиции специалистов. До настоящего времени отсутствуют публикации о наличии какой-либо теории их проектирования,

классификационных групп и глубоких исследований, нет модели процесса смешения в аппаратах с мешалкой со сложным пространственным движением рабочих органов.

### Два типа аппаратов с мешалкой

Процесс создания аппаратов с мешалкой, как и любых устройств, состоит из двух основных стадий: проектирования и изготовления. Главенствующая роль здесь играет стадия проектирования, ибо на этом этапе закладываются основные параметры устройств и показатели качества: энергетические, силовые, кинематические, надежности, ремонтпригодности, эстетичности, технологические, экономические, себестоимости и др. Нами, для создания аппаратов с мешалкой, использован комплексный метод поиска новых решений. Он включает: теорию решений изобретательских задач (ТРИЗ), морфологический, метод мозговой атаки, метод эвристических приемов, блок преобразования технической системы, операторы и массивы информации.

Приемами метода комплексного поиска решений удалось создать несколько типов аппаратов с мешалкой, в которых пространственные передаточные механизмы преобразуют постоянное вращение вала источника привода в переменное вращение рабочих органов или же звенья передаточных механизмов одновременно выполняют и функции рабочих органов.

Подробнее рассмотрим по одному типу мешалок из первой и второй групп.

Кинематическая схема мешалки первого типа показана на рис. 1.

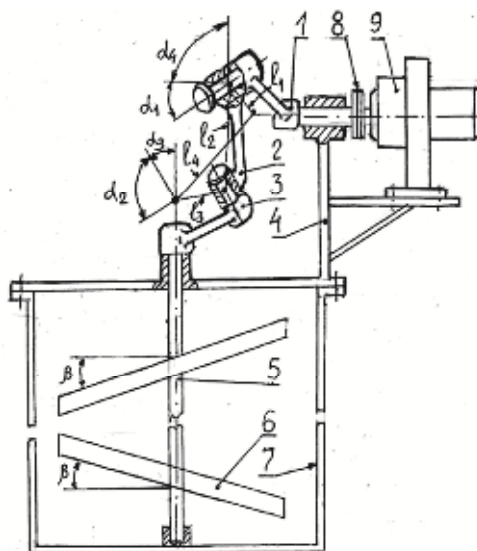


Рис. 1. Схема мешалки первого типа

В этой конструкции постоянное вращение вала источника привода 9 (например, мотор-редуктора) преобразуется в переменное вращение рабочего вала 5 [6]. На валу 5 закреплены под углом  $\beta$  к оси вала рабочие лопасти 6, которые могут быть расположены в разных сочетаниях так, чтобы они охватывали траекториями движений весь объем корпуса – резервуара 7.

Лопасты могут быть изготовлены из пластин разной длины и разной геометрической формы, например, в виде пропеллера и т.д.

Рабочий вал 5 шарнирно установлен одним концом на днище корпуса 7, а другим концом - на крышке корпуса.

Корпусом резервуара 7 может быть, например, бочка или другая емкость, удобная для потребителя, как по форме, так и по объему.

Роль преобразующего передаточного механизма выполняют три подвижных звена, одно из которых 1 – входное, соединено посредством муфты 8 с валом источника привода 9, а другое звено 3 – выходное, соединено с рабочим валом 5.

Входное звено 1 и выходное 3 одинаковы по параметрам, которые характеризуются углом скручивания  $\alpha_1 = \alpha_3$  и длинами этих звеньев, т.е.  $l_1 = l_3$ .

Угол скручивания геометрических осей звена 1 и звена 3 можно принимать в пределах  $9...55^{\circ}$ .

Звенья 1 и 2 шарнирно соединены посредством звена 2, оси шарниров которого скручены под углом  $\alpha_2$ , принимаемым в пределах  $25...90^{\circ}$ . Оси шарниров (длина звена 2) расположены друг от друга на расстоянии  $l_2$ .

Все элементы привода и звенья расположены на стойке 4, нижняя часть которой является крышкой резервуара 7, которая крепится к нему болтовым соединением.

В стойке 4 шарнирно расположены валы звеньев 1 и 3, оси валов расположены, так же как и оси звена 2, т.е. на расстоянии  $l_4$  и под углом  $\alpha_4$ .

Параметры звеньев 1,3 и параметры звена 2 и стойки 4 связаны соотношением:

$$l_1/l_2 = \sin \alpha_1 / \sin \alpha_2.$$

Изготовить конструкцию мешалки можно в условиях мастерских, где имеются токарный, фрезерный станки и сварочный аппарат. Валы изготавливаются по обычной технологии на токарном станке, звенья 1, 2, 3 на фрезерном станке, у которых стол и фрезерная головка могут устанавливаться под разными углами.

При изготовлении стойки, где шарнирно располагаются валы звеньев 1 и 2 поступают следующим образом. Сначала на токарном станке изготавливают два стакана с припуском под расточку под подшипники, затем их приваривают с пластинам-ребрам под углом  $\alpha_2$  на расстоянии  $l_4$ . Затем закрепляют заготовку на столе фрезерного станка, обрабатывают торцовые стороны у стаканов и растачивают в них отверстия под диаметры наружного кольца подшипников.

Фото изготовленной лабораторной мешалки изображено на рис. 2. Устройство имеет следующие параметры: угол  $\alpha_2 = \alpha_4 = 45^{\circ}$ ,  $l_2 = l_4 = 200$  мм,  $\alpha_1 = \alpha_3 = 20^{\circ}$ ,  $l_1 = l_3 = 96,74$  мм.

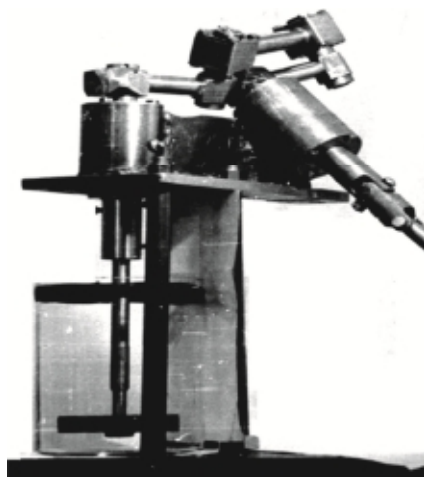


Рис. 2. Фото лабораторной мешалки

При работе мешалки от мотор-редуктора 9 вращение передается входному звену 1, звену 2 и выходному звену 3 вместе с закрепленным рабочим валом 5 с лопастями 6. За счет особого расположения шарниров передаточных звеньев выходное звено с рабочим валом имеют переменную скорость, определяемую выражением:

$$w_3 = \frac{\cos \alpha_2 - \cos \alpha_1}{1 - \cos \alpha_1 \cos \alpha_2 - \sin \alpha_1 \sin \alpha_2 \cos \varphi} w, \quad (1)$$

где  $\varphi$  – угол поворота входного звена 1;

$\omega$  – угловая скорость входного звена 1 (вала источника привода).

При угле поворота  $\varphi = 0^{\circ}$  входного звена 1, будет максимальное значение скорости:

$$w_3 = \frac{\cos \alpha_2 - \cos \alpha_1}{1 - \cos \alpha_1 \cos \alpha_2 - \sin \alpha_1 \sin \alpha_2} w. \quad (2)$$

При угле поворота, равном  $180^{\circ}$ , минимальное значение:

$$w_3 = \frac{\cos \alpha_2 - \cos \alpha_1}{1 - \cos \alpha_1 \cos \alpha_2 + \sin \alpha_1 \sin \alpha_2} w. \quad (3)$$

Неравномерность вращения рабочего вала с лопастями определяется

коэффициентом  $\delta$ , равным:

$$d = \pm 2 \frac{\sin a_1 \sin a_2}{\cos a_2 - \cos a_1}. \quad (4)$$

Регулировать процесс смешивания можно параметрами подвижных звеньев и частотой вала источника привода.

Назначать параметры устройства можно различными вариантами. Например, назначим угол  $\alpha_4 = \alpha_2 = 45^\circ$ ,  $l_4 = l_2 = 200$  мм, и угол  $\alpha_1 = \alpha_3 = 20^\circ$ , тогда недостающий параметр – длина входного и выходного звеньев определится  $l_1 = l_2 \sin \alpha_1 / \sin \alpha_2 = 200 \cdot \sin 20^\circ / \sin 45^\circ = 200 \cdot 0,3420 / 0,7071 = 96,7331$  мм.

Коэффициент неравномерности движения определится по формуле (4):

$$d = \pm 2 \frac{\sin a_1 \sin a_2}{\cos a_2 - \cos a_1} = \pm 2 \frac{\sin 20^\circ \sin 45^\circ}{\cos 45^\circ - \cos 20^\circ} = \pm 2 \frac{0,3420 \times 0,7071}{0,7071 - 0,9396} = \pm 2 \frac{0,2418}{-0,2325} = 2,08.$$

В качестве второго варианта исполнения примем  $\alpha_4 = \alpha_2 = 45^\circ$ ,  $l_4 = l_2 = 200$  мм и коэффициент неравномерности  $\delta = 2,08$ , тогда недостающий угол  $\alpha_1 = \alpha_3$  определится формулой:

$$a_1 = \arccos \frac{d^2 \cos a_2 \pm 2 \sin^2 a_2 \sqrt{4 + d^2}}{d^2 + 4 \sin^2 a_2} = \arccos \frac{2,08^2 \cos 45^\circ \pm 2 \sin^2 45^\circ \sqrt{4 + 2,08^2}}{2,08^2 + 4 \sin^2 45^\circ} = 20,03^\circ.$$

А длина  $l_1 = l_3$  входного и выходного звеньев определится из формулы взаимосвязи  $l_1 = l_2 \sin \alpha_1 / \sin \alpha_2 = 200 \cdot \sin 20,03^\circ / \sin 45^\circ = 200 \cdot 0,342 / 0,7071 = 96,73$  мм.

В такой последовательности определяются параметры и для других производственных размеров аппаратов с мешалкой этого типа.

Аппарат с мешалкой, у которой звенья передаточного механизма одновременно выполняют и функцию рабочих органов, показан на рис. 3.

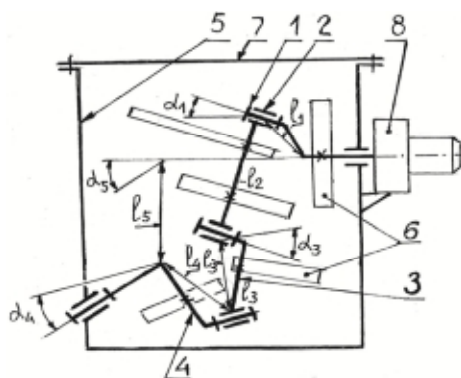


Рис. 3. Схема аппарата с мешалкой

Она включает корпус – резервуар 5 с крышкой 7, закрепленной болтовым соединением. Внутри корпуса размещены четыре подвижных звена: входное 1, выходное 4, и два промежуточных звена 2 и 3. При этом звенья между собой соединены вращательными шарнирами, а входное звено 1 и выходное 4 также шарнирно соединены с корпусом 5 [7].

На всех четырех звеньях закреплены рабочие лопасти 6 в самых разных сочетаниях и разной геометрической формы.

Источник привода (мотор-редуктор) 8 закреплен на внешней стороне корпуса 5.

У всех подвижных звеньев разные угловые и линейные параметры. Так, у входного звена 1 оси шарниров скручены под углом  $\alpha_1$ , и расположены оси на длине  $l_1$ . Угол  $\alpha_1$  может принимать значение от  $10$  до  $60^\circ$ .

Выходное звено 4 имеет угол  $\alpha_4$  и длину  $l_4$ . Параметры входного и выходного звеньев связаны соотношением  $l_1 / l_4 = \sin \alpha_1 / \sin \alpha_4$ .

У рабочего промежуточного звена 2 оси шарниров расположены параллельно, т.е. угол между осями равен  $180$  или  $0^\circ$  и расположены они на длине  $l_2 = 2l_4$ .

Второе промежуточное звено 3 имеет параметры такие же, как и у входного звена 1, т.е.  $\alpha_3 = \alpha_1$ ,  $l_3 = l_1$ .

У выходного звена 4 угол скручивания  $\alpha_4=180^\circ - \alpha_5$  и длина равна  $\ell_4= \ell_5$ , а угол  $\alpha_5$  есть угол между осями валов входного 1 и выходного 4 звеньев, при этом  $\alpha_5 > \alpha_1$ , а оси валов расположены на расстоянии  $\ell_5$ . Расстояние  $\ell_5$  и угол  $\alpha_5$  назначают в соответствии с высотой и диаметром корпуса емкости 5.

При работе мешалки вращение от источника привода 8 передается входному звену 1, промежуточным звеньям 2 и 3 и выходному звену 4, в результате чего все четыре звена вместе с рабочими лопастями 6 охватывают движением весь объем емкости 5. Так как каждое звено имеет свой закон сложного движения с неравномерными скоростями, то жидкости получают одновременно сильное воздействие от лопастей с дополнительным инерционным силовым импульсом от их переменной скорости, интенсифицируя процесс перемешивания любых жидкостей, в том числе вязких.

Данные типы аппаратов с мешалкой обеспечивают наибольшую степень интенсификации процесса перемешивания жидкостей.

Конкретные параметры мешалки для корпуса емкости 5 диаметром 700 мм и высотой – 1000 мм можно принять следующие: угловые и линейные размеры входного звена 1 и промежуточного звена 3- $\alpha_3=\alpha_1=25^\circ$  и  $\ell_3= \ell_1=146,39$  мм; промежуточного звена 2 и выходного звена 4- $\ell_2=2\ell_4=2\cdot 300=600$  мм,  $\alpha_2=0^\circ$  или  $180^\circ$ ,  $\alpha_4=180^\circ-\alpha_5=180^\circ-60^\circ=120^\circ$ ,  $\ell_4=300$  мм.

Для конструирования аппаратов с мешалкой можно рекомендовать другие пространственные механизмы с вращательными шарнирами [8, 9, 10, 11].

### Модель перемешивания в аппаратах с мешалкой

Как было отмечено, большая часть аппаратов с мешалкой работают при постоянной угловой скорости рабочих органов, процесс смесеобразования в них достаточно изучен как отечественными, так и зарубежными учеными. Известно много математических моделей, описывающие разные процессы [12], но практически нет исследований смешения при пространственном нестационарном режиме работы.

Приведем известные из литературы модели, используемые учеными для характеристики процесса при стационарном режиме. Многие исследователи считают смешивание процессом диффузионным. Такой процесс смешения записывают в виде простого уравнения:

$$\theta=1-e^{-kt}, \quad (5)$$

где  $\theta$  – степень однородности смеси;

$k$  – обобщенный коэффициент, учитывающий влияние на процесс различных факторов (физические свойства компонентов, конструктивные и технологические параметры устройства);

$t$  – время смешения.

Однако, недостатком является то, что коэффициент  $k$  учитывает влияние очень многих факторов, которые к тому же являются переменными. Поэтому теоретически определить показатель однородности и провести оптимизацию параметров устройства не представляется возможным.

Уравнение диффузии в общем случае определяется:

$$\frac{dc}{dt} = D \frac{d^2c}{dx^2}, \quad (6)$$

где  $c$  – коэффициент контролируемого компонента;

$t$  – время процесса;

$x$  – расстояние до сечения;

$D$  – коэффициент диффузии.

Из приведенных примеров моделей видно, что исследователи по-разному интерпретируют модель диффузного смешения. Кроме всего, полученные решения исходных уравнений обычно представлены в виде рядов, что не создает удобства использования и не позволяет сделать наглядным выводы по процессу.

В предложенных нами устройствах перемешивание идет при нестационарном режиме, т.е. рабочий орган имеет переменную угловую скорость. При таком режиме смешение компонентов будет осуществляться с дополнительными инерционными воздействиями, переменными, как по величине, так и по направлению.

Процесс смесеобразования в пространственных устройствах нельзя отнести только к одному какому-то типу: конвекцией, диффузией, сдвигом и др. Здесь одновременно присутствуют многие признаки, в данном случае модель смешения назовем диффузионно-инерционной. Для описания процесса смешения воспользуемся уравнением диффузии в виде:

$$\frac{dC}{dt} = D\left(\frac{d^2}{dx^2} + \frac{d^2}{dy_2^2} + \frac{d^2}{dz^2}\right)C, \quad (7)$$

где  $C(r, t)$  – концентрация компонента в смеси (степень неоднородности смеси);  
 $D$  – коэффициент диффузии частиц.

После ряда преобразований получаем окончательно следующее выражение:

$$C(\bar{r}, t) = \frac{1}{8(\rho Dt)^{3/2}} \delta C_0(\bar{r}') \exp\left[-\frac{(\bar{r} - \bar{r}')^2}{4Dt}\right] d^3x. \quad (8)$$

По этому выражению можно определять степень неоднородности (концентрацию) смеси в любой момент времени по данному распределению в начальный момент.

Пусть при  $t=0$ , концентрация равна нулю во всем объеме пространства за исключением одной точки (начало координат), в которой она принимает бесконечно большое значение, но так, что полное количество компонента вещества, пропорциональное интегралу  $\int C_0(\bar{r}') d^3x$ , остается конечным.

Такое распределение можно представить  $\delta$  – функцией:

$$C_0(\bar{r}') = m\delta(\bar{r}'), \quad (9)$$

где  $m$  – масса добавленного компонента.

Интегрирование в формуле (8) сводится тогда просто к замене  $\bar{r}'$  нулем, в результате чего получается:

$$C(\bar{r}, t) = \frac{m}{8(\rho Dt)^{3/2}} e^{-\frac{r^2}{4Dt}}. \quad (10)$$

Эту формулу можно истолковать и с несколько иной точки зрения. Пусть  $\ell$  – характерная величина размера мешалки, например, высота корпуса. Тогда можно утверждать, что если в емкость был добавлен компонент, то время  $t$ , в течение которого концентрация его в различных точках емкости заметно выравнивается, равно:

$$t = \frac{G'\ell^2}{D}, \quad (11)$$

где  $G'$  – коэффициент, определяемый типом мешалки, формой емкости и т.д.

В дальнейшем распределение контролируемого компонента определяется формулой:

$$C(t) = \frac{m}{2(\rho Dt)^{0,5}} e^{-\frac{x^2}{4Dt}}. \quad (12)$$

Таким образом, определяются время перемешивания, и распределение контролируемого компонента в смеси.

### Заключение

1. Предложены два типа новых групп конструкций аппаратов с мешалкой, в одной группе использовано движение рабочих органов с нестационарным режимом работы. В другой группе звенья передаточных четырехзвенных, пятизвенных и шестизвенных механизмов выполняют одновременно функции рабочих органов, каждое из которых совершает сложное движение по своим законам.

2. Во всех группах аппаратов с мешалкой звенья передаточных механизмов имеют особое, пространственное расположение шарниров, в составе которых только вращательные шарниры, оформленные подшипниками скольжения или качения, которые легко изолируются от абразивной среды и имеют высокий ресурс работы.

3. Предложена диффузионно-инерционная модель процесса перемешивания в аппаратах с нестационарным режимом работы рабочих органов, которая позволяет характеризовать процесс перемешивания по концентрации контролируемого компонента и время процесса.

**Список библиографических ссылок**

1. Мудров А. Г. О новой группе пространственных аппаратов с мешалкой // Вестник КГАУ. № 2. 2016. С. 77–82.
2. Мудров А. Г. Пространственные механизмы с особой структурой. Казань : РИЦ «Школа», 2003. 300 с.
3. Nastase A., Vocioaca R. Utilizarea Programului AutoCAD Pentru Generarea Configuratiilor mecanismului Bennett, Simposionul national cu participare internationala Proiectarea ASistata de Calculator, Brasov. 2002. P. 237–240.
4. Chen Y., Baker E. J. Using a Bennett linkage as a connector between other Bennett loops, Proc. IMechE. Vol. 219. 2004. P. 177–185.
5. Perez A., McCarthy J. M. Dimensional Synthesis of Bennett Linkages, Transactions of the ASME. Vol. 125. 2003. P. 98–104.
6. Устройство для перемешивания жидкостей : пат.2633902. Рос. Федерация. № 2016126833 ; заявл. 04.07.2016 ; опубл. 19.10.2017, Бюл. № 29.
7. Мешалка для вязких жидкостей : пат. 2663586. Рос. Федерация. № 2016135499 ; заявл. 31.08.2016 ; опубл. 13.10.2017, Бюл. № 29.
8. Зиганшин И. И., Мудров А. Г. Функции механизма Беннетта // Техника и технология транспорта: научный Интернет-журнал. 2017. № 2 (3). С. 1. URL: <http://transport-kgasu.ru/files/№3-11T217.pdf>.
9. Мудров А. Г. Механизм Беннетта и использование его в технике. Казань : КГСХА, 1999. 80 с.
10. Мудров А. Г. Способ и устройство для приготовления цветного бетона // Известия КГАСУ. № 4 (38). 2016. С. 444–450.
11. Мудров А. Г. Способы интенсификации процессов в строительных технологиях // Известия КГАСУ. № 2 (36). 2016. С. 233–240.
12. Барышева О. Б., Хабибуллин Р. Р., Вагизов А. З. Математическая модель расчета химически неравновесного состава для утилизации твердых бытовых отходов // Известия КГАСУ. № 1 (39). 2017. С. 166–172.

**Mudrov Alexander Grigoryevich**

doctor of technical sciences, professor

E-mail: [Alexmudrov42@rambler.ru](mailto:Alexmudrov42@rambler.ru)**Kazan State University of Architecture and Engineering**

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

**Design and model mixing in the apparatus with stirrer****Abstract**

*Problem statement.* Existing apparatus with a stirrer operate in a stationary mode with a large expenditure of time and energy, with insufficient homogeneity of the mixture. Reasons: the presence of zones in the body, where there is no or minimal movement of the mixed materials, a weak effect of the working organs. The aim of the study was to create devices that lacked the disadvantages of known apparatuses with a stirrer, to develop a model for mixing liquid mixtures.

*Results.* New spatial apparatuses with a stirrer with angular variable rotation and with different laws of motion of working organs are created, the designs of which are protected by patents for inventions. The devices allow to simplify the design and significantly intensify the process of mixture formation in all technical and operational parameters. A diffusion-inertial mixing model is proposed that characterizes the concentration of the controlled component and the time of the process.

*Conclusions.* The significance of the obtained results for mixing construction equipment is to create different groups of agitator devices that significantly reduce the mixing time of various materials, prepare mixtures of high uniformity, are simple in construction, reliable and have a high service life.



**Keywords:** variable angular velocity, mixing, rotational joints of spatial units with a stirrer, a model of mixing materials.

### References

1. Mudrov A. G. About a new group of spatial units with mixer // Vestnik KGAU. № 2. 2016. P. 77–82.
2. Mudrov A. G. Spatial mechanisms with a special structure. Kazan : RIC «Shkola», 2003. 300 p.
3. Nastase A., Bocioaca R. Utilizarea AutoCAD Programului Pentru Generarea Configuratiilor mecanismului Bennett, Simposionul national cu participare internationala PROiectarea ASistata de Calculator, Brasov. 2002. P. 237–240.
4. Chen Y., Baker E. J. Using a Bennett linkage as a connector between other Bennett loops, Proc. IMechE. Vol. 219. 2004. P. 177–185.
5. Perez A., McCarthy J. M. Dimensional Synthesis of Bennett Linkages, Transactions of the ASME. Vol. 125. 2003. P. 98–104.
6. Device for mixing liquids : pat. 2633902. Rus. Federation. № 2016126833 ; Appl. 04.07.2016 ; publ. 19.10.2017, Bull. № 29.
7. Mixer for viscous liquids : pat. 2663586. Rus. Federation. № 2016135499 ; Appl. 31.08.2016 ; publ. 13.10.2017, Bull. № 29.
8. Ziganshin I. I., Mudrov A. G. Functions of the mechanism: Bennett // Technics and technology transport: a scientific Internet-journal. 2017. № 2 (3) P. 1. URL: <http://transport-kgasu.EN/files/no 3-11T217.pdf>.
9. Mudrov A. G. Bennett Mechanism and use it in the technique. Kazan : KGSKHA, 1999. 80 p.
10. Mudrov A. G. Method and device for the preparation of colored concrete // Izvestiya KGASU. № 4 (38). 2016. P. 444–450.
11. Mudrov A. G. Ways of intensification of processes of construction technologies // Izvestiya KGASU. № 2 (36). 2016. P. 233–240.
12. Barysheva O. B., Khabibullin R. R., Vagizov Z. A. Mathematical model of calculation of chemically non-equilibrium composition for disposal of solid waste // Izvestiya KGASU. № 1 (39). 2017. P. 166–172.

УДК 69.05

**Мухаметрахимов Рустем Ханифович**

кандидат технических наук, доцент

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

**Лукманова Лилия Валиевна**

инженер

**Камалиев Марат Ильдарович**

инженер

**Казанский государственный архитектурно-строительный университет**

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

### **Особенности системы контроля качества при устройстве навесных вентилируемых фасадных систем<sup>1</sup>**

#### **Аннотация**

*Постановка задачи.* Монтаж навесных вентилируемых фасадных систем (НВФС) предусматривает наличие большого числа технологически сложных рабочих операций, от качества выполнения которых зависит обеспечение надежной и безопасной эксплуатации, требуемых теплотехнических характеристик и архитектурной выразительности фасада здания. Цель настоящей работы – изучить особенности системы контроля качества при устройстве НВФС.

*Результаты.* В работе на первом этапе изучены причины низкого качества выполнения НВФС, определены основные дефекты и повреждения, возникающие при их строительстве, ремонте и эксплуатации. На втором этапе изучены особенности системы контроля качества, осуществляемые непосредственно при устройстве НВФС, приведены основные требования к входному, операционному и приемочному контролю. На третьем этапе обобщены основные требования к пожарной безопасности НВФС.

*Выводы.* Значимость полученных результатов для строительной отрасли состоит в уточнении особенностей контроля качества при устройстве НВФС. Изучены зависимости характерных дефектов и повреждений НВФС, показаны причины и роль строительного контроля при их возникновении, в том числе при оценке качества материалов для НВФС с точки зрения пожарной безопасности.

**Ключевые слова:** навесные вентилируемые фасадные системы, технология и организация строительства, монтаж, дефекты, повреждения, контроль качества, пожарная безопасность

#### **Введение**

В настоящее время конструкции наружных стен с использованием НВФС являются весьма распространенными как при строительстве новых зданий, так и при реконструкции и ремонте существующего жилого фонда [1-6]. Однако дефекты и повреждения, характерные для таких систем, свидетельствуют о наличии проблем при производстве и приемке данных работ. Поэтому особую роль при монтаже НВФС приобретает контроль качества, так как от этого зависит срок ее эксплуатации.

Наличие серьезных проблем в области качества фасадных теплоизоляционно-отделочных систем уже давно отмечается специалистами ФГУ ФЦС, надзорных органов, ведущих научно-исследовательских институтов страны, представителями регионов [7].

Недостаточное внимание к контролю качества при монтаже НВФС приводит к увеличению эксплуатационных расходов для поддержания необходимого технического состояния, ухудшению комфорта проживающих, а в отдельных случаях – к чрезвычайным ситуациям. Данная проблема приобретает особую актуальность в свете недавнего возникновения пожара в девятиэтажном жилом доме в Тюмени по причине возгорания утеплителя, пламя которого распространилось по фасаду с первого по девятый этажи и кровле по всей площади здания [8].

---

<sup>1</sup>Работа поддержана грантом Президента РФ для государственной поддержки молодых российских ученых (МК-2509.2018.8).

Следует отметить, что в настоящее время в нашей стране отсутствует качественная нормативная база в области НВФС – стандарт, который комплексно регламентировал бы вопросы проектирования, монтажа, эксплуатации (включая мониторинг и ремонт) и входил бы в перечень норм, обязательных к применению в строительстве [9].

Объектом исследований являются процессы устройства НВФС. Цель работы – изучить особенности системы контроля качества при монтаже НВФС. Актуальность темы обусловлена тем, что качественное выполнение работ по устройству фасадных систем оказывает влияние на надежность, безопасность эксплуатации и долговечность ограждающих конструкций, а именно на выполнение своей основной функции – повышение теплозащиты ограждающих конструкций зданий с нормальным температурно-влажностным режимом до уровня нормативных требований [10, 11].

Производство и приемку работ по устройству НВФС следует осуществлять в соответствии с требованиями, изложенными в нормативно-технических документах: Постановление Правительства Российской Федерации от 21 июня 2010 г. № 468 «Положение о проведении строительного контроля при осуществлении строительства, реконструкции и капитального ремонта объектов капитального строительства», СП48.13330.2011 «Организация строительства», СП 70.13330.2012 «Несущие и ограждающие конструкции», СП 71.13330.2012 «Изоляционные и отделочные покрытия», СТО НОСТРОЙ 2.14.67-2012 «Навесные фасадные системы с воздушным зазором. Работы по устройству. Общие требования к производству и контролю работ», ТР 161-05 «Технические рекомендации по проектированию, монтажу и эксплуатации навесных фасадных систем» с соблюдением правил безопасности труда в строительстве согласно СП 49.13330.2010 «Безопасность труда в строительстве. Часть 1. Общие требования», правилам пожарной безопасности на рабочих местах согласно ППБ 01-03 «Правила пожарной безопасности в Российской Федерации», ГОСТ 12.1.004-91 «ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования» и электробезопасности на рабочих местах согласно требованиям ГОСТ 12.1.019-79\* «ССБТ. Электробезопасность. Общие требования», ГОСТ 12.1.030-81 «ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление», ПОТ Р М-016-2001 (РД 153-34.0-03.150-00) «Межотраслевые правила по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок» и др.

Отступление от требований нормативной документации часто приводит снижению качества, надежности, долговечности и безопасности смонтированных НВФС, что вызывает интерес в изучении причин низкого качества выполнения НВФС и систематизации основных дефектов и повреждений.

### **Причины низкого качества выполнения НВФС**

В качестве основных причин низкого качества выполнения навесных вентилируемых фасадов авторы в работе [7] выделяют:

1. Наличие на рынке России НВФС, не прошедших государственной технической оценки на предмет пригодности их к применению в строительстве на территории нашей страны.
2. Выполнение работ по устройству НВФС организациями, сотрудники которых не имеют требуемой профессиональной квалификации.
3. Отсутствие российского стандарта на НВФС по причине новизны применения данных систем, отличающихся разнообразием материаловедческих, конструктивных и технологических решений.

В работе [12] показано, что отсутствие должного внимания к вопросу составления организационно-технологической документации при устройстве фасадных систем в условиях тендерной организации строительного производства приводит к снижению контроля качества строительной продукции, что в совокупности ведет к низкому качеству выполненных работ.

### **Основные дефекты и повреждения НВФС**

На данном этапе рассмотрены наиболее характерные дефекты и повреждения, возникающие при строительстве и в процессе эксплуатации НВФС, а также причины их возникновения (табл.).

Таблица

**Характерные дефекты и повреждения возникающие при строительстве и эксплуатации НВФС и причины их возникновения**

Конструктивный элемент	Наименование дефектов и повреждений	Причины возникновения
Подоблицовочная конструкция	Коррозия элементов	Применение несертифицированных изделий; отсутствие защитного покрытия; чрезмерная влажность в подоблицовочных конструкциях вследствие недостаточной вентиляции; воздействие агрессивных сред
Теплоизоляционный слой (утеплитель)	Усадка и деформация слоя утеплителя; замачивание утеплителя; появление плесени, грибков, формальдегидов и т.д.; следы горения	Применение несертифицированных изделий; воздействие комплекса эксплуатационных нагрузок на утеплитель; проникновение влаги через щели фасадной облицовки; несоблюдение контроля качества со стороны фирм-производителей, поставщиков или специально назначенных работников; незаконченные работы по устройству кровли, гидроизоляции и отмостки; несоблюдение технологии монтажа
Ветро-гидрозащитная мембрана	Нарушение целостности	Применение несертифицированных изделий; механические повреждения в процессе строительства
Защитно-декоративный экран (облицовка)	Трещины, сколы и выпадения облицовочных плит	Механические повреждения при установке или эксплуатации; несоблюдение технологии монтажа; температурные деформации фасадных плит и вертикальных направляющих профилей

Как видно из табл., наиболее распространенными причинами появления дефектов и повреждений, возникающих при строительстве, ремонте и в процессе эксплуатации НВФС, являются – применение несертифицированных материалов и несоблюдение технологии монтажа.

Авторами в работе [13] рассматривается классификация теплофизических проблем, возникающих при использовании НВФС. Выявлены причины возникновения и следствия таких проблем, как систематическое накопление влаги в конструкции, теплотехническая неоднородность конструкции, фильтрация наружного воздуха, эксфильтрация внутреннего воздуха.

В качестве альтернативы традиционному методу устройства НВФС с рядом имеющихся недостатков, предусматривающего поэлементную сборку непосредственно на строительной площадке, авторами в работах [14, 15] предлагается технология монтажа НВФС методом укрупнительной сборки, которая способна повысить качество благодаря сборке ограждающих конструкций в заводских условиях.

Таким образом, несоблюдение технологии монтажа, как одной из причин возникновения дефектов и повреждений при устройстве, ремонте и эксплуатации НВФС, требует рассмотрения особенностей и выполнения системы контроля качества на всех этапах возведения данных фасадных систем.

#### **Этапы контроля качества**

Входной контроль при устройстве НВФС включает проверку наличия и содержания документов поставщиков, содержащих сведения о качестве поставленной продукции, соответствия материалов требованиям рабочей документации, технических регламентов, стандартов и сводов правил. Визуальной проверке подлежат все элементы, необходимые для устройства НВФС – элементы несущего каркаса, теплоизоляционный слой, ветро-гидрозащитная мембрана, облицовочные плиты или панели, на предмет соответствия размеров, указанных фирмой-производителем, отсутствия в них вмятин, погيبей, царапин и иных повреждений.

Немаловажным фактором обеспечения надежности крепления системы является степень подготовленности поверхности несущих или ограждающих конструкций стен. Поэтому на данном этапе следует осуществлять контроль за качеством подготовленного основания с заполнением акта освидетельствования скрытых работ с целью дальнейшего обеспечения восприятия передаваемых нагрузок.

Следует контролировать соблюдение правил хранения материалов для монтажа НВФС, поступающих на строительную площадку.

Далее осуществляют операционный контроль качества на каждом этапе выполнения технологических операций по монтажу элементов системы, целью которого является своевременное выявление и устранение возникших отклонений с установлением причин их возникновения.

Операционный контроль во время разметки фасада и бурения отверстий включает соблюдение величины диаметра отверстия под дюбель в целях исключения его слабого закрепления и разрушения материала основания. В процессе монтажа кронштейнов контролируют величину затяжки распорных элементов анкерных креплений, расстояние от оси крепежных изделий до края основания. При монтаже теплоизоляционного слоя контролируют установку плит утеплителя, зазоры между ними, их перевязку в зависимости от однослойного или двухслойного утепления из минеральных плит. При установке ветро-гидрозащитной мембраны осуществляют контроль за расстоянием от оси анкера до края полотна, ширину перехлеста полотен, шаг анкеров. При монтаже направляющих и угловых элементов контролируют их соединение со всеми кронштейнами, расстояния от края отверстия до края элемента НВФС, длину перехлеста в случае использования специальных удлиняющих элементов. При монтаже защитно-декоративного экрана контролируют величину зазора между облицовочными элементами во избежание негативных последствий от термических деформаций, последовательность выполнения работ, крепление плит в местах стыка направляющих, величины фрезеровок торцевых частей плит. Особое внимание также уделяют качеству выполнения сопряжения фасадной системы с оконными и дверными проемами (противопожарные коробки).

Выявленные отклонения элементов НВФС не должны превышать предельно допустимых значений, которые приведены в СТО НОСТРОЙ 2.14.67-2012 «Навесные фасадные системы с воздушным зазором. Работы по устройству. Общие требования к производству и контролю работ» и СП 70.13330.2012 «Несущие и ограждающие конструкции».

Сравнительный анализ контролируемых параметров, приведенных в вышесказанных нормативных документах, показал, что СТО НОСТРОЙ 2.14.67-2012 «Навесные фасадные системы с воздушным зазором. Работы по устройству. Общие требования к производству и контролю работ» устанавливает требования допустимых значений параметров для осуществления контроля качества для каждого технологического процесса и операции, а также время проведения контроля в отличие от СП 70.13330.2012 «Несущие и ограждающие конструкции».

Выполнение таких процессов, как разметка стен фасада, монтаж элементов каркаса, теплоизолирующего слоя, ветро-гидрозащитной мембраны должны осуществляться с составлением актов освидетельствования скрытых работ.

После выполнения работ по монтажу НВФС производят приемочный контроль. Приемку смонтированного НВФС следует выполнять в соответствии с требованиями СП 48.13330 «Организация строительства», СП 70.13330.2012 «Несущие и ограждающие конструкции», СП 128.13330 «Алюминиевые конструкции», СП 16.13330 «Стальные конструкции», ГОСТ 24839 «Конструкции строительные стальные», СТО НОРСТРОЙ 2.14.67-2012 «Навесные фасадные системы с воздушным зазором. Работы по устройству. Общие требования к производству и контролю работ».

На этапе приемочного контроля производят оценку качества установленной НВФС, проверяют наличие и правильность заполнения исполнительной документации – журнала общих работ, актов освидетельствования скрытых работ, исполнительных геодезических схем.

### **Требования к пожарной безопасности НВФС**

В настоящее время рынок НВФС насыщен различными материалами, однако для обеспечения требований пожарной безопасности НВФС необходимо применять материалы и конструкции, прошедшие государственную техническую оценку. Ввиду регулярно случающихся пожаров на фасадах зданий эта проблема приобретает особую

актуальность. Кроме того, следует учитывать, что в НВФС воздушный зазор способствует быстрому распространению пламени.

Основным нормативным документом, регулирующим пожарную безопасность НВФС является Федеральный закон № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».

Применимость НВФС при облицовке зданий и сооружений определяется в зависимости от класса пожарной опасности системы, класса конструктивной пожарной опасности, функциональной пожарной опасности и степени огнестойкости зданий, сооружений.

В качестве основных критериев применимости той или иной НВФС на конкретном объекте выделяют такие параметры, как класс пожарной опасности системы, класс конструктивной пожарной опасности, функциональной пожарной опасности и степень огнестойкости зданий и сооружений.

Метод испытаний на пожарную опасность при тепловом воздействии пожара с внешней стороны здания, изложенный в ГОСТ 31251-2008 «Стены наружные с внешней стороны. Метод испытаний на пожарную опасность», позволяет установить класс пожарной опасности НВФС в зависимости от значений параметров пожарной опасности (тепловой эффект, вторичный источник зажигания, обрушение части или элемента и размер повреждений), определяемых для образцов конструкций при испытаниях.

Применение НВФС в зависимости от класса конструктивной пожарной опасности здания регламентируется требованиями табл. 22 Федерального закона № 123.

Так, фасадные системы, относящиеся к классу пожарной опасности К0, К1 и К2 соответствуют применению в зданиях с классом конструктивной пожарной опасности С0, С1 и С2, соответственно, а для зданий с классом конструктивной пожарной опасности С3 класс пожарной безопасности НВФС не нормируется.

В зданиях классов функциональной пожарной опасности Ф1.1 и Ф4.1 согласно требованиям Федерального закона № 123 и СП 2.13330.2012 «Системы противопожарной защиты. Обеспечение огнестойкости объектов защиты» следует применять НВФС класса пожарной опасности К0 с применением негорючих материалов облицовки, отделки и теплоизоляции.

Немаловажным фактором обеспечения пожарной безопасности НВФС является такое свойство материалов, как горючесть. Классификация строительных материалов, в том числе применяемых для облицовки наружных поверхностей фасадов, по степени горючести приведена в статье 13 Федерального закона № 123. Методика проведения испытаний НВФС на горючесть изложена в ГОСТ 30244-94 «Материалы строительные. Методы испытаний на горючесть». Стоит отметить, что использование материалов групп горючести Г2-Г4 для устройства НВФС при облицовке зданий и сооружений I-III степеней огнестойкости, кроме малоэтажных жилых домов, не допускается.

### **Заключение**

1. Выявлены основные причины низкого качества выполнения НВФС. Установлены основные дефекты и повреждения, возникающие при строительстве и в процессе эксплуатации НВФС. Показано, что причиной многочисленных дефектов и повреждений являются применение несертифицированных материалов и несоблюдение технологии монтажа.

2. Рассмотрены основные положения системы контроля качества монтажа НВФС – входного, операционного и приемочного, с указанием контролируемых параметров.

3. Обобщены существующие требования пожарной безопасности, предъявляемые к НВФС.

### **Список библиографических ссылок**

1. Мухаметрахимов Р. Х., Изотов В. С. Повышение физико-механических свойств и долговечности фиброцементных плит на основе целлюлозных волокон // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2012. № 9 (645). С. 101–107.
2. Изотов В. С., Мухаметрахимов Р. Х., Сабитов Л. С. Цементно-волоконный композиционный материал для фиброцементных плит // Строительные материалы. 2011. № 5. С. 20–21.

3. Мухаметрахимов Р. Х., Изотов В. С., Гревцев В. А. Фиброцементные плиты на основе модифицированного смешанного вяжущего // Известия КГАСУ. 2010. № 2 (14). С. 250–254.
4. Mukhametrakhimov R. Kh., Lukmanova L.V. The Modified Fiber Cement Panels for Civil Construction // International Scientific Conference Energy Management of Municipal Transportation Facilities and Transport EMMFT 2017. 2017. Vol. 692. P. 852–858.
5. Astorqui J. S. C., Porres-Amores C. Ventilated facade with double chamber and flow control device // Energy and Buildings. 2017. Vol. 149. P. 471–482.
6. Gagliano A., Nocera F., Aneli S. Thermodynamic analysis of ventilated facades under different wind conditions in summer period // Energy and Buildings. 2016. Vol. 122. P. 131–139.
7. Яворский А. А., Киселев С. А. Анализ надежности фасадных теплоизоляционно-отделочных систем с вентилируемым воздушным зазором // Приволжский научный журнал. 2012. № 4 (24). С. 80–84.
8. Многоэтажный дом в Тюмени, где произошел пожар, планируют восстановить в течение 2018 года // TASS.RU : Информационное телеграфное агентство России URL: <http://tass.ru/proisshestviya/4862534> (дата обращения: 09.01.2018).
9. Яворский А. А., Киселев С. А. Актуальные задачи обеспечения надежности фасадных теплоизоляционно-отделочных систем // Вестник МГСУ. 2012. № 12. С. 78–84.
10. Гагарин В. Г., Козлов В. В. Вопросы теплозащиты фасадов с вентилируемым воздушным зазором: сб. докладов конференций – Международная строительная неделя / Москва, 2004. С. 127–132.
11. Куприянов В. Н., Иванцов А. И. К вопросу о долговечности многослойных ограждающих конструкций // Известия КГАСУ. 2011. № 3 (17). С. 63–76.
12. Кужин М. Ф. Организационно-технологические задачи, решаемые при производстве фасадных работ // Евразийский союз ученых. 2015. № 5 (14). С. 108–110.
13. Раевская Е. А., Быков А. О., Платицына А. И. Навесной вентилируемый фасад как элемент энергоэффективного здания : сб. статей победителей VI Международного научно-практического конкурса – Лучшая студенческая статья 2017 / Пенза, 2017. С. 42–45.
14. Жунин А. А. Методы сокращения трудозатрат и улучшение контроля качества работ при возведении энергоэффективных ограждающих конструкций // Вестник гражданских инженеров. 2014. № 3 (44). С. 137–141.
15. Афанасьев А. А., Жунин А. А. Инновационная технология возведения навесных вентилируемых фасадов в гражданском строительстве // Вестник МГСУ. 2017. № 9 (108). С. 981–989.

**Mukhametrakhimov Rustem Khanifovich**

candidate of technical sciences, associate professor

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

**Lukmanova Liliya Valievna**

engineer

**Kamaliev Marat Ildarovich**

engineer

**Kazan State University of Architecture and Engineering**

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

**Features of the quality control system of the installation  
of hinged ventilated facade systems**

**Abstract**

*Problem statement.* Installation of hinged ventilated facade systems provides for a large number of technologically complex operations, the quality of which depends on ensuring reliable and safe operation, the required thermal characteristics and the architectural expressiveness of the facade of the building. The purpose of this work is to study the features of the quality control system during the installation process of hinged ventilated facade systems.

*Results.* At the first stage, the reasons for the low quality of the hinged ventilated facade systems performance are presented, the main defects and damages arising during the construction, repair and operation of the hinged ventilated facade systems are determined. At the second stage, the quality control systems implemented directly with the hinged ventilated facade systems device are examined, the basic requirements for the input, operational and acceptance control are given. At the third stage, the basic requirements of fire safety for the hinged ventilated facade systems are summarized.

*Conclusions.* The significance of the results obtained for the construction industry is to clarify the features of the quality control system during the installation process of hinged ventilated facade systems. Dependences of characteristic defects and damages of hinged ventilated facade systems are studied, the causes and role of construction control are revealed when they arise, including when assessing the quality of materials for hinged ventilated facade systems in terms of fire safety.

**Keywords:** hinged ventilated facade systems, technology and organization of construction, installation, defects, damages, quality control, fire safety.

### References

1. Muhametrahimov R. Kh., Izotov V. S. Increase of physical and mechanical properties and durability of fiber-cement slabs on the basis of cellulose fibers // *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii. Building*. 2012. № 9 (645). P. 101–107.
2. Izotov V. S., Mukhametrahimov R. Kh., Sabitov L. S. Cement-fiber composite material for fiber-cement slabs // *Stroitel'nyye materialy*. 2011. № 5. P. 20–21.
3. Mukhametrahimov R. Kh., Izotov V. S., Grevtsev V. A. Fibrocement slabs based on a modified mixed binder // *Izvestiya KGASU*. 2010. № 2 (14). P. 250–254.
4. Mukhametrakhimov R. Kh., Lukmanova L.V. The Modified Fiber Cement Panels for Civil Construction // *International Scientific Conference Energy Management of Municipal Transportation Facilities and Transport EMMFT 2017*. Vol. 692. P. 852–858.
5. Astorqui J. S. C., Porres-Amores C. Ventilated facade with double chamber and flow control device // *Energy and Buildings*. 2017. Vol. 149. P. 471–482.
6. Gagliano A., Nocera F., Aneli S. Thermodynamic analysis of ventilated facades under different wind conditions in the summer period // *Energy and Buildings*. 2016. Vol. 122. P. 131–139.
7. Kupriyanov V. N., Ivantsov A. I. On the question of the durability of multi-layered enclosing structures // *Izvestiya KGASU*. 2011. № 3 (17). P. 63–76.
8. Yavorsky A. A., Kiselev S. A. Analysis of the reliability of facade heat-insulating and finishing systems with a ventilated air gap // *Privolzhskiy nauchnyy zhurnal*. 2012. № 4 (24). P. 80–84.
9. A multi-storey house in Tyumen, where the fire occurred, is planned to be restored in 2018 // *TASS.RU: Information telegraph agency of Russia* URL: <http://tass.ru/proisshestviya/4862534> (reference date: 09.01.2018).
10. Yavorsky A. A., Kiselev S. A. Actual problems of ensuring the reliability of facade heat-insulating and finishing systems // *Vestnik MGSU*. 2012. № 12. P. 78–84.
11. Gagarin V. G., Kozlov V. V. Questions of thermal protection of facades with vented air gap : dig. of art.of conferences – *International Building Week / Moscow, 2004*. P. 127–132.
12. Kuzhin M. F. Organizational and technological problems solved in the manufacture of facade works // *Yevraziyskiy soyuz uchenykh*. 2015. № 5 (14). P. 108–110.
13. Raevskaya E. A., Bykov A. O., Platitsyna A. I. Hinged ventilated facade as an element of an energy efficient building : dig. of art.of the winners of the VI International Scientific and Practical Competition – *The Best Student Article 2017 / Penza, 2017*. P. 42–45.
14. Zhunin A. A. Methods of reducing labor costs and improving the quality control of works in the construction of energy-efficient enclosing structures // *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov*. 2014. № 3 (44). P. 137–141.
15. Afanasyev A. A., Zhunin A. A. Innovative technology for the erection of hinged ventilated facades in civil engineering // *Vestnik MGSU*. 2017. № 9 (108). P. 981–989.





УДК 625.08

**Габдуллин Талгат Ривгатович**

кандидат технических наук, доцент

E-mail: talgat2204@mail.ru

**Казанский государственный архитектурно-строительный университет**

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

## **Шумовые полосы на дорожном покрытии**

### **Аннотация**

*Постановка задачи.* Цель исследования – совершенствование способа нанесения шумовых полос на дорожное покрытие. Для решения поставленной задачи необходимо спроектировать оборудование для установки резиновых шумовых полос способом их закрепления анкерами без заметного повреждения дорожного покрытия и ущерба окружающей среде.

*Результаты.* Основные результаты исследования заключаются в предложении более совершенного способа закрепления на дорожное покрытие шумовых полос на основе применения спроектированного оборудования обеспечивающего установку резиновых шумовых полос через одинаковые интервалы без заметного повреждения дорожного покрытия. При решении задачи исследования были изучены известные способы нанесения и создания шумовых полос на поверхность дорожного покрытия, выявлены их преимущества и недостатки.

*Выводы.* Значимость полученных результатов для дорожно-строительной отрасли состоит в разработке нового способа нанесения и нового прицепного оборудования – установщика резиновых шумовых полос на поверхность дорожного покрытия.

**Ключевые слова:** транспортные средства, засыпание водителей, дорожное покрытие, резиновые шумовые полосы, конструкция и принцип работы устройства

### **Введение**

Серьезной автотранспортной проблемой является потеря бдительности и засыпание водителей на участках дорог, имеющих сравнительно хорошие параметры, позволяющие длительное время двигаться с высокой и стабильной скоростью. Монотонность дорожной ситуации, хорошее дорожное покрытие приводит к притуплению внимания водителей, засыпанию и, как следствие, к съезду с основных полос движения или выезду на встречные полосы. Аварии по указанным причинам имеют тяжелые последствия. По статистике ГИБДД РФ за 2016 год на дорогах Российской Федерации дорожно-транспортные происшествия (ДТП) по причине засыпания водителей за рулем занимают 28 % от общего числа ДТП с летальным исходом [1].

### **Постановка задачи**

Для повышения внимания водителей в аварийно-опасной ситуации предлагается устанавливать резиновые шумовые полосы методом вбивания их на дорожное покрытие в непосредственной близости от краевых линий, а также по краевым и разделительным линиям. Для увеличения видимости на ее поверхность наносится светоотражающая полоса желтого цвета, что многократно увеличивает ее видимость в ночное время, а также при плохих погодных условиях. Установка резиновой шумовой полосы довольно проста и не занимает много времени, тем самым ее можно легко демонтировать или заменить. Основное назначение шумовых полос – разбудить водителя, обострить его внимание. При наезде на такую полосу водитель автомобиля ощущает сильное шумовое и вибрационное воздействие. Таким образом, шумовая разметка заставляет его пробудиться, резко повысить внимание и вовремя вернуть транспортное средство на полосу движения.

Шумовая полоса – средство организации дорожного движения, представляющее собой искусственную неровность (выемку или возвышенность), выполненную в виде чередующихся поперечных полос на поверхности дорожного покрытия, вызывающее вибрацию элементов [2].

В сравнении от других приспособлений обязательного снижения скорости - искусственных дорожных неровностей («лежачих полицейских»), шумовые полосы создают заметное неудобство, как и для водителя, так и для пассажиров, предупреждая о негативной дорожно-транспортной ситуации.

Сферой применения шумовых полос являются опасные участки автомобильных дорог с высокой интенсивностью и напряженностью движения, обязывающие изменения скоростного режима. Шумовая полоса будет наиболее эффективной на загородных автодорогах, так как водитель может заснуть и вибрации его разбудят. На городских улицах шумовые полосы применяют редко за счет того, что при ограничении в городе скорости до 60 км/ч должный шумовой эффект не получается.

### **Обзор технологий и применяемых материалов при создании шумовых полос**

Многолетний зарубежный опыт применения шумовых полос, устроенных методом фрезерования асфальтобетонного покрытия, свидетельствует о высокой эффективности повышения безопасности дорожного движения. Помимо фрезерования, на сегодняшний день, придуманы другие новые технологии установки шумовых полос, без значительного разрушения дорожной одежды, такие как нанесение термопластика или структурная разметка [3].

Наиболее популярным применяемым материалом при создании шумовых полос является термопластик. Такой вид шумовых полос представляет собой блок, состоящий из 4-х элементов шириной 15 см  $\pm$  1 см или 5-ти элементов шириной 10 см  $\pm$  1 см с равными промежутками между ними (рис. 1). В большинстве случаев шумовые полосы из термопластика окрашивают в желтый цвет, что оказывает предупреждающее визуальное воздействие на водителя.



Рис. 1. Поперечная шумовая полоса из термопластика

Устройство фрезерованной шумовой полосы выполняется с помощью самоходной или навесной дорожной фрезы с шириной фрезерного барабана до 50 см. (рис. 2). Продольная шумовая полоса, проводимая методом фрезерования, должна состоять из отдельных чередующихся элементов шириной от 20 до 40 см и длиной от 10 до 20 см. Глубина элементов составляет от 10 до 20 мм. Интервал между осями соседних элементов должен быть не менее двух длин элементов и не более 1,2 м. При нарезании шумовой полосы, толщина верхнего слоя асфальтобетона должна превышать глубину нарезки шумовых полос так, чтобы не нарушалась целостность слоев дорожного покрытия [4].

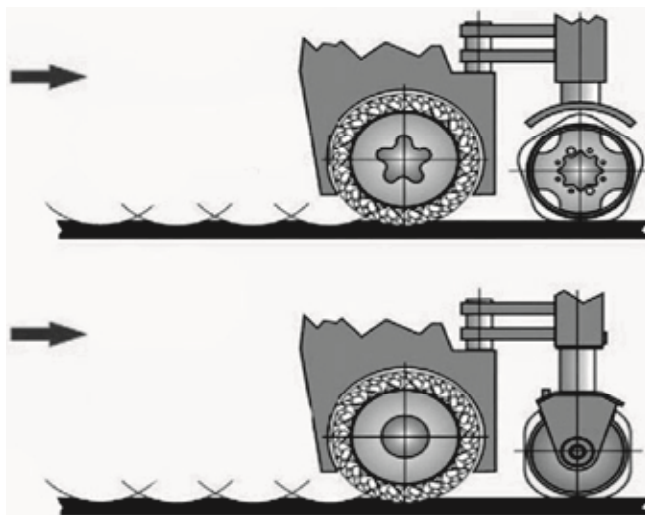


Рис. 2. Схема нанесения шумовой полосы методом фрезерования

### Конструкторская часть

Предлагаемый способ установки резиновых шумовых полос вместо нанесения их фрезерованием позволит сохранить целостность дорожного покрытия. При использовании фрезы, несущий слой дорожной одежды теряет прочностные свойства и в процессе эксплуатации дороги появятся усталостные трещины. Чтобы избежать таких последствий разрабатываются другие менее разрушительные методы установки шумовых полос. Одним из примеров такой разработки является прицепное устройство, которое включает в себя агрегаты для установки резиновых шумовых полос (рис. 3).

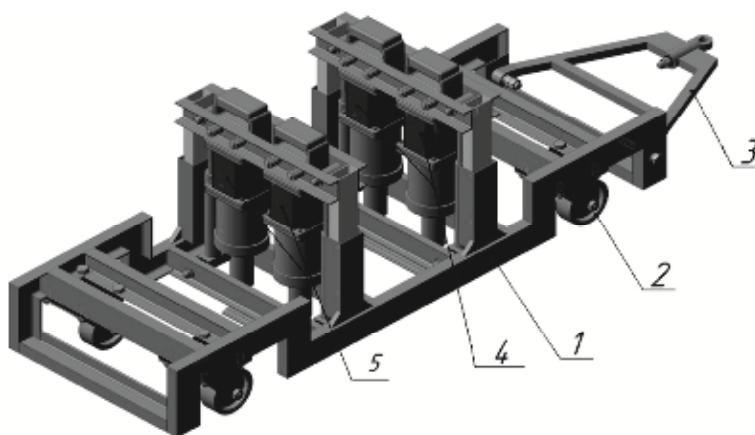


Рис. 3. Прицепное устройство для установки резиновых шумовых полос:

- 1 – рама; 2 – колесная установка; 3 – дышло;  
4 – пара гидравлических гайковертов для просверливания отверстий на дорожной поверхности;  
5 – пара гайковертов для установки анкерных болтов

Данное прицепное оборудование предназначено для реализации сравнительно нового метода установки резиновых шумовых полос.

Прицепное оборудование представляет собой сварную рамную конструкцию. Для транспортировки установлены колеса на поворотной основе. В качестве буксирующего автомобиля будет использоваться «ГАЗель» бортового типа или другие подобные автомобили. Используемые две пары гидравлических гайковертов будет устанавливать полосы на поверхность.

Прицеп будет передвигаться вдоль разметки, которая контролируется с помощью GPS приемников.

Управление рабочим процессом осуществляется с помощью навигационной системы, устанавливаемой на прицепе, а данные будут отображаться на бортовом компьютере в кабине автомобиля.

### **Принцип работы предлагаемого устройства**

Работу прицепного устройства для установки шумовых полос рассмотрим по этапам.

#### Первый этап.

Прицеп прицепляется к транспортному средству (ТС) – тягачу (рис. 4). Для обеспечения работы пневматические гайковерты подсоединяются через штуцер к воздушному компрессору, расположенному на кузове ТС. Перед каждой рабочей сменой проверяются целостность и работоспособность оборудования и сцепки.

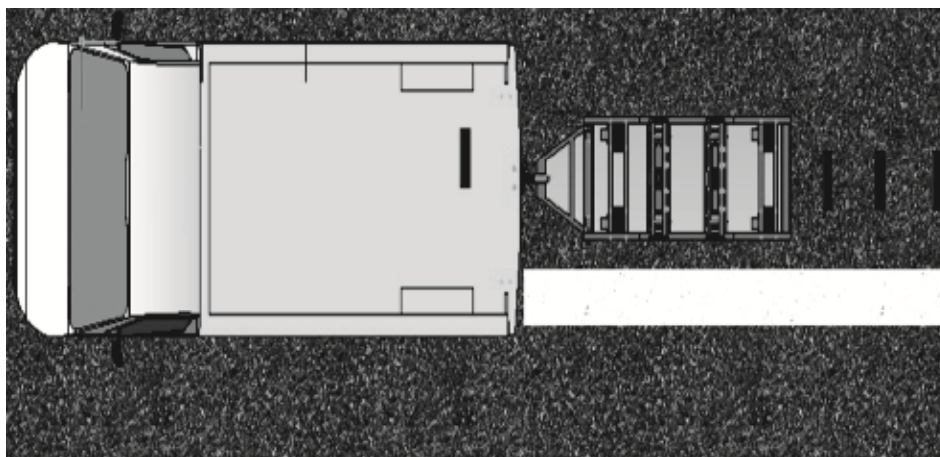


Рис. 4. Схема установки резиновых шумовых полос

#### Второй этап.

Транспортное средство в сцепке с прицепом следует рабочий участок. После прибытия на место установки шумовых полос для определения местоположения и построения карты местности включается навигационная система. В бортовой компьютер загружаются в цифровом виде проектные данные по данному участку дороги. Роботизированный тахеометр устанавливается на рабочей зоне и привязывается по двум или трем опорным точкам к местной строительной системе координат. После включения системы слежения, тахеометр автоматически находит активный отражатель, установленный на прицепе, и постоянно отслеживает его перемещение. Координаты позиции будут передаваться в бортовой компьютер через радиомодем, установленный в кабине машины.

Использование метода геопозиционирования позволяет устанавливать шумовые полосы строго по заданной траектории. Таким образом, минимизируется непосредственное участие водителя в работе по установке шумовых полос.

#### Третий этап.

Один из рабочих (состав бригады 3 человека) подает из кузова автомобиля шумовые полосы второму рабочему, который будет устанавливать их под прицеп. Первая пара пневматических гайковертов будет сверлить отверстия на дороге, а вторая пара – крепить в эти отверстия резиновые полосы с помощью анкерных болтов.

#### Четвертый этап.

После рабочей смены ТС с прицепом возвращается в гараж, где производится визуальный осмотр технического состояния оборудования. Потом прицеп, либо отсоединяется, если ТС будет использоваться в других целях, либо остается в сцепке до следующей смены.

У этого метода есть свои преимущества и недостатки.

К несомненным преимуществам необходимо отнести быструю установку на поверхность дороги и минимальное разрушение поверхности дорожной одежды. Благодаря установке полос с помощью анкерных болтов при необходимости можно произвести их замену или снятие. На шумовых полосах будут установлены световозвращающие элементы, которые будут отражаться с расстояния 300...500 метров, уведомляя водителя о наличии на обочине искусственной неровности (рис. 5).

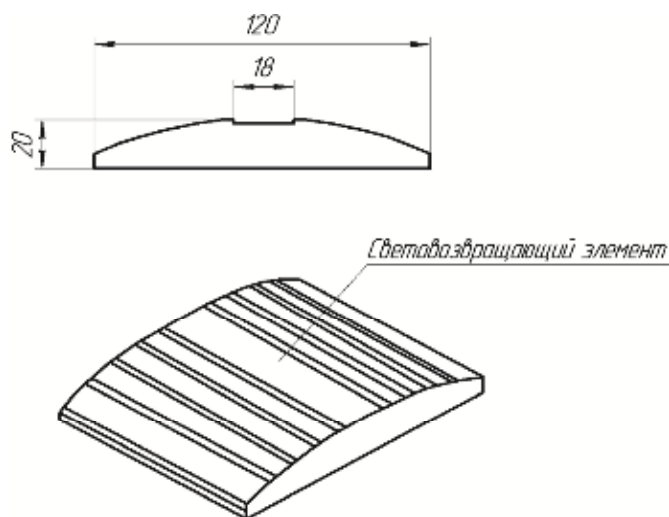


Рис. 5. Резиновая шумовая полоса со световозвращающим элементом

К недостаткам можно отнести возможное негативное влияние на конструкцию транспортного средства при наезде на больших скоростях. За счет сильных вибраций, передаваемых на колеса, подвеска автомобиля испытывает большие нагрузки. При многократном наезде, резиновые шумовые полосы окажут негативное влияние узлам ходовой части или. Но результат выбора между безопасностью водителя и техническим состоянием транспортного средства всегда должен быть в пользу водителя.

#### Экономическая целесообразность

Определение экономической целесообразности предлагаемого оборудования для нанесения резиновых шумовых полос было проведено методом сравнения нескольких наиболее широко применяемых методов и способов установки шумовых полос – метода установки шумовых полос методом фрезерования и установки резиновых искусственных дорожных неровностей с проектируемым прицепным оборудованием [5].

Сравниваемые исходные величины сведены в табл. 1.

Таблица 1

#### Показатели технического уровня и качества сравниваемых изделий

№	Наименование показателя	Ед. изм.	Метод фрезерования	Резиновые ИДН	Проектируемое оборудование
1	Производительность установки	м <sup>2</sup> /час	100	38	180
2	Периодичность обслуживания	месяцы	6	8-9	8-9
3	Сложность реализации	баллы	4/10	7/10	5/10
4	Сложность конструкции	баллы	2/5	5/5	5/5
6	Надежность	баллы	3/5	4/5	4/5
7	Срок службы шумовых полос	лет	3	3	2-3
8	Общая себестоимость	руб. на м <sup>2</sup>	1800000	150000	1200000

При этом была проведена оценка технической целесообразности применения спроектированного оборудования, рассчитана его производительность, фондоемкость (трудоемкость, энергоемкость и себестоимость изготовления).

Результаты всех вышеприведенных расчетов сведены в табл. 2.

Таблица 2

#### Технико-экономические показатели эффективности конструкции

Показатель	Числовые значения показателя	
	Для существующего варианта	Для предлагаемого варианта
Стоимость конструкции, руб.	1800000	1200000
Энергоемкость процесса, кВт-ч/ед.	250	38,46
Металлоемкость процесса, кг/ед.	0,82	1,1
Фондоемкость процесса, руб./ед.	6747,6	6228,5
Трудоемкость процесса, чел.-ч/ед.	38	31
Затраты на оплату труда, руб./ед.	248,36	202,61
Затраты на ТСМ и электроэнергию, руб./ед.	4375	432,69
Затраты на ремонт и техническое обслуживание конструкции, руб./ед.	539,81	498,82
Амортизационные отчисления, руб./ед.	910,93	840,85
Себестоимость работы, руб./ед.	6681,5	2109,4
Уровень приведенных затрат на работу конструкции, руб./ед.	7693,6	3043,6
Годовая экономия, руб.	-	880860,7
Годовой экономический эффект, руб.	-	700860,7
Срок окупаемости, лет	-	1,3

#### Заключение

Безопасность дорожного движения ориентирована, на защиту жизни и здоровья участников дорожного движения. Вся дорожно-транспортная система – автодороги, магистрали, элементы обустройства придорожных территорий, транспортные средства и другие – должна быть построена таким образом, чтобы, с одной стороны, в случае ДТП водители и пассажиры транспортных средств получали минимальный вред своему здоровью, с другой стороны, чтобы транспортные средства получали не существенные повреждения. Установка на поверхности предлагаемых в данной статье резиновых шумовых полос отвечают данным требованиям и будут способствовать снижению травматизма и смертности на всех дорогах [3].

#### Список библиографических ссылок

1. Министерство Транспорта РФ // Автомобильные дороги. 2017. № 3 (1024).
2. Пугин К. Г., Юшков В. С. Современные материалы нанесения дорожной разметки : материалы международной научно-практической конференции «Проблемы функционирования систем транспорта», г. Тюмень 18-19 ноября 2010 г. С. 275–278.
3. Разметка автомобильных дорог с применением шумовых полос. Технические науки – от теории к практике : сб. ст. по матер. VI междунар. науч.-практ. конф. / СибАК. Новосибирск, 2012.
4. Габдуллин Т. Р., Зимдеханов М. М. Разработка демаркировщика с гидродинамическим рабочим органом кавитационного типа // Известия КГАСУ, 2014, № 4 (30). С. 464–469.
5. Абрамов А. Т. Экономическое обоснование инженерных задач в дипломных проектах: методические рекомендации. Барнаул : АГАУ, 2002. 68 с.
6. Шарапов Р. Р., Уваров В. А., Орехова Т. Н. Теория наземных транспортно-технологических машин / БГТУ им. В. Г. Шухова. Белгород, 2014. 160 с.

7. Романович А. А., Харламов Е. В. Техническая эксплуатация подъемно-транспортных строительных, дорожных и коммунальных машин / БГТУ им. В.Г. Шухова. Белгород, 2009. 127 с.
8. Махмутов М. М., Сахапов Р. Л. Влияние исследуемых факторов на мощность фрезерования // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2015. Том 17. № 2 (4). С. 896–900.
9. David J. I. White, Pavana K. R. Vennapusa, Mark J. Thompson. Validation of Intelligent Technology, Department of Transportation Federal Highway Administration. 2012. P. 12.
10. Sakhapov R. L., Nikolaeva R. V., Gatiyatullin M. H., Makhmutov M. M. Modeling the dynamics of the chassis of construction machines. Journal of Physics: Conference Series. 2016. T. 738. № 1. С. 012119.
11. Hunter R. F. Asphalt in road construction. London : ICE Publishing, 2014. 588 p.

**Gabdullin Talgat Rivgatovich**

candidate of technical sciences, associate professor

E-mail: [talgat2204@mail.ru](mailto:talgat2204@mail.ru)

**Kazan State University of Architecture and Engineering**

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

**Noise strips on the road surface**

*Problem statement.* The purpose of the study is to improve the method of applying noise strips to the road surface. To solve the task, it is necessary to design equipment for installing rubber noise strips by anchoring them without noticeable damage to the road surface and damage to the environment.

*Results.* The main results of the research are to offer a more perfect way of fixing noise strips to the road surface based on the use of the designed equipment providing installation of rubber noise strips at the same intervals without damage to the road surface. When solving the research problems, known methods of applying and creating noise bands on the surface of a road surface were studied, their advantages and disadvantages were revealed.

*Conclusions.* The significance of the results obtained for the road construction industry is to develop a new method of application and new trailer equipment – an installer of rubber noise strips on the surface of the road surface.

**Keywords:** vehicles, driver's sleep, road surface, rubber noise strips, design and operating principle of the device.

**References**

1. Ministry of Transport of the Russian Federation // Avtomobil'nyye dorogi. 2017. № 3 (1024).
2. Pugin K. G., Yushkov V. S. Modern materials of road marking application : materials of the international scientific and practical conference «Problems of the functioning of transport systems», Tyumen November 18-19, 2010. P. 275–278.
3. Marking of highways using noise strips. Engineering – from theory to practice : sat. art. by mater. VI Intern. Scientific-practical Conf. / SibAK. Novosibirsk, 2012.
4. Gabdullin T. R., Zimdekhanov M. M. Development of a demarcator with a hydrodynamic working body of the cavitation type // Izvestiya KGASU. 2014. № 4 (30). P. 464–469.
5. Abramov A. T. Economic justification of engineering problems in the graduation projects: methodological recommendations. Barnaul : ASAU, 2002. 68 p
6. Sharapov R. R., Uvarov V. A., Orekhova T. N. Theory of land transport-technological machines / BSTU after V.G. Shukhova. Belgorod, 2014, 160 p.

7. Romanovich A. A., Kharlamov E. V. Technical operation of lifting and transporting construction, road and municipal machines / BSTU after V.G. Shukhova. Belgorod, 2009. 127 p.
8. Makhmutov M. M., Sakhapov R. L. Influence of the factors under study on the milling power // Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiyskoy akademii nauk. 2015. Vol. 17. № 2 (4). P. 896–900.
9. David J. I. White, Pavana K. R. Vennapusa, Mark J. Thompson. Validation of Intelligent Technology, Department of Transportation Federal Highway Administration. 2012. P. 12.
10. Sakhapov R. L., Nikolaeva R. V., Gatiyatullin M. H., Makhmutov M. M. Modeling the dynamics of the chassis of construction machines. Journal of Physics: Conference Series. 2016. T. 738. № 1. C. 012119.
11. Hunter R. F. Asphalt in road construction. London : ICE Publishing, 2014. 588 p.



УДК 625.7+519.2+519.85

**Майстренко Игорь Юрьевич**

кандидат технических наук, доцент

E-mail: [igor\\_maystr@mail.ru](mailto:igor_maystr@mail.ru)

**Зиннуров Тагир Альмирович**

кандидат технических наук, доцент

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

**Казанский государственный архитектурно-строительный университет**

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

**Султангирова Айназ Айратовна**

инженер-проектировщик

E-mail: [tyls\\_tyls@mail.ru](mailto:tyls_tyls@mail.ru)

**Майстренко Татьяна Игоревна**

специалист по промышленной безопасности

E-mail: [maystrenko1496@mail.ru](mailto:maystrenko1496@mail.ru)

**ООО Научно-производственный центр «Строй-Экспертиза»**

Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Калинина, д. 48, офис 506А

### **Статистическое моделирование доминирующих параметров транспортного потока для оценки числа расчетных циклов нагружений за период эксплуатации технической системы**

#### **Аннотация**

*Постановка задачи.* Цель исследования – разработать принципиальный алгоритм и основные процедуры обработки доступных статистических данных о параметрах транспортного потока на подходах к автодорожному мосту, позволяющих с заданным уровнем достоверности дать оценку приспособленности основных конструктивных элементов автодорожного моста к явлению усталости в условиях нестационарного нагружения моста подвижной нагрузкой.

*Результаты.* Основные результаты исследования состоят в разработке концепции статистического описания системы «автомобиль-мост», включающей описание основных процедур и приемов практического использования доминирующих параметров транспортного потока в условиях ограниченности исходных параметров.

*Выводы.* Значимость полученных результатов для строительной отрасли состоит в совершенствовании и оптимизации процедур расчета стальных конструкций автодорожных мостов на выносливость.

**Ключевые слова:** автодорожный мост, стальная конструкция, выносливость, имитационный, статистический, моделирование, транспортный поток, доминирующий параметр.

#### **Введение**

Для сложных технических систем, работающих в условиях их нестационарного нагружения подвижной нагрузкой, с количеством циклов нагружения  $10^5$  и более, определяющим показателем сохранения несущей способности элементов стальных конструкций и их соединений является показатель приспособленности системы к явлению усталости. Широкий спектр теоретических разработок и натурных исследований, направленных на оптимизацию расчета стальных конструкций на выносливость [1, 2], показал, что одним из наиболее значимых факторов является количество циклов нагружений за период эксплуатации технической системы.

Разработке статистических моделей транспортного потока посвящены работы А.Г. Барченкова [3], А. Валанчюнас [4] и А.А. Изюмского, С.Л. Надирына, И.С. Сенина [5] других авторов [6, 7, 8]. При этом отмечено, что транспортные потоки отличаются своей нестационарностью в силу непрерывных изменений скорости и интервала между автомобилями, различных размеров и динамических свойств транспортных средств, влияния дорожных помех, ограждений, колонн автомобилей попутного и встречного направлений, неровностей, погодных условий и т.п., что затрудняет создание адекватной модели потока.

На современном этапе развития вычислительной техники (персональных ЭВМ, автоматизированных систем контроля и др.) и при оптимальном использовании накопленной статистической информации об основных функциональных взаимодействиях в системе «автомобиль-мост», представляется возможным модифицировать систему расчета на выносимость стальных конструкций автодорожных мостов на основе статистического моделирования доминирующих параметров транспортного потока. Процесс модификации предусматривает использование статистических входных параметров (оценок математических ожиданий и дисперсий), обладающих заданными требованиями к надежности (уровень достоверности, вероятностная мера опасности по критерию отказа, степени точности и др.), предъявляемыми к сложной технической системе на соответствующей стадии жизненного цикла.

### **Основные процедуры статистического моделирования доминирующих параметров транспортного потока**

Для получения статистических характеристик транспортного потока, имеющих определяющее значение для последующего расчета на выносимость стальных конструкций автодорожных мостов, потребуется выполнить задачи четырех основных этапов.

Задачей первого этапа является выполнение расчета минимального объема числовых множеств, необходимого для достижения требуемого уровня достоверности доминирующих параметров. Для решения задачи первого этапа следует определиться с требуемым уровнем надежности, предъявляемым к технической системе. При этом следует учитывать общие правила назначения нормативных значений [9], допустимый уровень конструктивной безопасности системы (например, по критерию отказа), а также максимально допустимое различие между выборочным средним и генеральным средним – для достижения требуемой степени точности имитационной модели. В последующем предусматривается процедура расчета приемлемых характеристик имитационного (статистического) моделирования: приемлемый объем отдельных числовых множеств расчетных параметров и приемлемого числа прогонов имитационной модели. Одной из значимых процедур данного этапа является интегрирование в среду моделирования генераторов случайных чисел [10], обладающих статистическим соответствием законам распределения, предполагаемых к дальнейшему использованию.

Задачей второго этапа является ввод/расчет статистических характеристик входных параметров. Предусматривается ряд процедур, объем которых зависит от наличия/отсутствия достоверной статистической информации об общих параметрах, характеризующих транспортный поток, о физических характеристиках мостового сооружения, численности населения в корреспондирующих населенных пунктах (районах), об установленных объектах регулирования движения и др. Для расчета статистических оценок процесса изменчивости транспортного потока по однородному участку дороги предусматривается использование функции распределения случайной величины по закону Рэлея [10]. Для проверки адекватности выбранных моделей, генераторов, других входных параметров предусматривается выполнение пробных прогонов с последующим статистическим анализом параметров отклика.

Задачей третьего этапа является оценка числа циклов возможных нагружений путем многократных прогонов имитационной статистической модели транспортного потока с последующим выполнением доверительной оценки событий в условиях нестационарного напряженно-деформированного состояния конструктивных элементов. Основные процедуры данного этапа включают: первая группа – создание с помощью генераторов случайных чисел массива псевдослучайных реализаций скорости движения транспортного потока по однородному участку дороги, расстояния между автомобилями в потоке (без столкновения); вторая группа – вычисление статистических характеристик (оценок математических ожиданий и дисперсий) числа автомобилей, которые могут одновременно находиться на расчетном отрезке, и вероятности попадания определенного числа автомобилей на расчетный отрезок при движении в свободном потоке и с учетом эффекта стеснения [2], а также моделирование числа ожидаемых событий одновременного нахождения определенного числа автомобилей на расчетном отрезке с учетом эффекта стеснения за установленный промежуток времени. Указанные выше

процедуры третьего этапа проводятся для определенной стадии жизненного цикла (времени эксплуатации) технической системы. В том случае, если плотности распределения доминирующих параметров, для которых вычислены оценки математических ожиданий и дисперсий, не будут подчиняться нормальному закону распределения случайной величины, оценку вероятностей больших отклонений предполагается проводить с помощью неравенства П.Л. Чебышева [11, 12].

Задачей четвертого этапа является проверка статистической значимости и доверительных пределов выходных параметров модели, а также соответствие имитационной модели вычислительным возможностям персональных (серийных) компьютеров и приемлемости времени, затраченного на процедуры имитационного моделирования.

### **Приемы практического использования процедур статистического моделирования доминирующих параметров транспортного потока**

Для рассмотрения описанных выше основных процедур статистического моделирования доминирующих параметров транспортного потока, выбран объект исследования – автодорожный мост с физической длиной  $L_{\Sigma} = 200$  м на дороге общего пользования категории ИБ по ГОСТ Р 52398-2005, соединяющий два корреспондирующих внутригородских района, расположенных в крупном населенном пункте с численностью населения более 1,2 млн. человек.

На первом этапе выполнены расчеты минимальных объемов числовых множеств, необходимых для достижения требуемого уровня достоверности доминирующих параметров: требуемый уровень достоверности  $\beta$  с учетом общих правил назначения нормативных значений принимался от 0,95 до 0,999; вероятностная мера опасности по критерию отказа  $[Q]$  назначена от  $10^{-4}$  до  $10^{-6}$ ; степень точности  $\alpha$ , учитывающая максимальное различие между выборочным средним и генеральным средним, принята равной 0,05 и 0,1.

Расчеты приемлемого объема отдельных числовых множеств  $N_{\Omega}$  расчетных параметров, требуемое число прогонов  $n_{\Omega}$  статистической модели и  $t$  – статистики (для неравенства Чебышева) выполнен по формулам:

$$N_w = \frac{\ln(1 - b)}{\ln(1 - [Q])}, \quad (1)$$

$$n_w = \frac{1 + b}{1 - b}, \quad (2)$$

$$t_{\alpha} = \alpha^{-1/2}. \quad (3)$$

Для интегрирования в среду моделирования алгоритма генерирования случайных величин с непрерывным равномерным распределением в интервале  $[a, b]$  и распределением Вейбулла  $F(x) = 1 - e^{-(x/\beta)^{\alpha}}$  с параметром формы  $\alpha = 2$  (распределение Релея) и масштабным параметром  $\beta$  – использован метод обратного преобразования:

а) Для генерирования значений случайной величины  $X$  с функцией распределения  $U(a, b)$ , необходимо решить уравнение:  $u = F(x)$ , для  $0 \leq u \leq 1$ ,  $x = F^{-1}(u) = a + (b - a)u$ . Решение: генерируем  $U \sim U(0, 1)$ ; возвращаем  $X = a + (b - a)U$ , здесь  $(b - a)$  – константа, вычисляемая и сохраняемая заранее для использования в данном алгоритме.

б) Для генерирования значений случайной величины  $X$  с функцией распределения  $Weibull(2, \beta)$ , необходимо решить уравнение:  $x = F^{-1}(u) = \beta[-\ln(1 - u)]^{1/2}$ . Решение: генерируем  $U \sim U(0, 1)$ ; возвращаем  $X = \beta(-\ln U)^{1/2}$ .

На втором этапе осуществлен ввод в среду моделирования нормированных и статистических характеристик входных параметров. На первой ступени данного этапа определены общие нормированные характеристики транспортного потока для рассматриваемой категории автомобильной дороги общего пользования – использованы нормативные требования СП 34.13330.2012: расчетной скорости движения  $v_{tr}$ , средней скорости свободного движения грузовых автотранспортных средств  $v_{gr}$ , расчетной интенсивности движения  $u_{tr}$ , числа полос движения  $n_{tr}$  и других определяющих параметров. На второй ступени, с использованием известных статистических и аналитических зависимостей транспортных потоков [3, 11], выполнены расчеты:

суммарной приведенной численности населения в корреспондирующих населенных пунктах (районах)  $N_{\Sigma V}$ , средней скорости движения по однородному участку дороги  $v_m$ , приведенной длины мостового сооружения  $L_{ef}$ , параметров изменчивости размеров автотранспорта  $l_{tr}$ , плотности движения транспортного потока  $d_{tr}$ :

$$N_{SV} = N_{V,\min} \times \ln \frac{v_{V,\max}}{v_{V,\min}} + 2 \frac{v_{V,\max}}{v_{V,\min}} \quad (4)$$

где  $N_{V,\min}$ ,  $N_{V,\max}$  – наименьшая и наибольшая численность населения в корреспондирующих районах соответственно по результатам статистических исследований;

$$v_{\mu} = v_{gr} \cdot d_R \cdot d_V, \quad (5)$$

где  $d_R$ ,  $d_V$  – показатели снижения скорости движения вследствие наличия объектов регулирования движения и обращения внутреннего транспорта в населенном пункте соответственно [3];

$$L_{ef} = L_{sc} \frac{1}{d_R \cdot d_V}, \quad (6)$$

$$l_{tr} \sim f(\mu_{tr}, D_{tr}), \quad (7)$$

где  $\mu_{tr}$ ,  $D_{tr}$  – оценки математических ожиданий и дисперсий параметров изменчивости размеров автотранспорта.

На следующей ступени второго этапа выполнен расчет статистических оценок процесса изменчивости скорости движения транспортного потока по однородному участку объекта исследования: мода  $u_s = \frac{u_m}{\sqrt{p/2}} = 44,076 \text{ км/ч}$ ; медиана

$$u_d = u_s \sqrt{\ln(4)} = 51,895 \text{ км/ч}; \text{ стандарт } u_D = \sqrt{u_s^2 (2 - p/2)} = 28,876 \text{ км/ч}.$$

Пробные прогоны и статистический анализ параметров отклика моделей, генераторов и других входных параметров показали приемлемость использования генераторов случайных чисел, интегрированных в среду вычислительной системы MathCad, в соответствии с требуемой точностью и ожидаемой трудоемкостью задачи исследования.

На третьем этапе проведены основные процедуры данного этапа, описанные выше, для входных параметров, соответствующих определенному времени эксплуатации технической системы: по истечении 6, 8 и 10 лет с начала эксплуатации в проектном режиме. Фрагменты прогонов имитационной статистической модели транспортного потока для рассматриваемого объекта исследования показаны на рис. 1.

Для имитационного моделирования и оценки числа ожидаемых событий  $I_j$  одновременного нахождения  $j$  автомобилей на расчетном отрезке с учетом эффекта стеснения за  $t = 1$  час, (рис. 2), использована гипотеза закона распределения – стационарного пуассоновского потока событий, а также функций взаимодействия расчетных параметров, предложенных в работе [3]. Применительно к рассмотренной имитационной модели, с учетом дискретно-переменной интенсивности и скорости движения автомобилей во времени на расчетном участке и усеченного закона Пуассона, корректирующего стеснение транспортного потока, для множества возможных загружений моста автомобилями, обусловленного принятым объемом отдельных числовых множеств  $N_Q$  расчетных параметров и числом прогонов  $n_Q$  статистической модели, можно записать:

$$I_j(N_i, n_k) = P_{tr,c}(N_i) \cdot n_{tr,c}(N_i) | n_k, \quad (8)$$

где  $P_{tr,c}(N_i)$  – массив случайных реализаций  $N_i=1 \dots N_Q$  вероятности попадания  $j$  автомобилей ( $j \neq 0$ ) на расчетный отрезок с учетом коррекции на стеснение;

$n_{tr,c}(N_j)$  – массив случайных реализаций числа возможных загружений расчетного отрезка автомобилями за промежутки времени  $t = 1$  час с учетом эффекта стеснения;

$$n_k = 1 \dots n_Q.$$

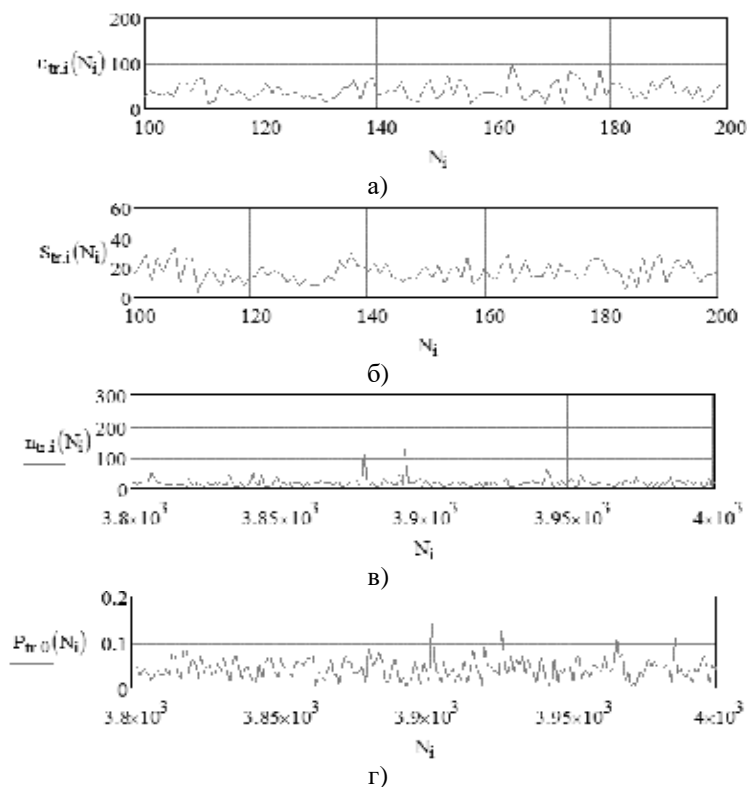


Рис. 1. Фрагменты прогонов имитационной статистической модели транспортного потока. Массивы псевдослучайных реализаций: а) скорости движения транспортного потока;

- б) расстояния между автомобилями в потоке (столкновение исключается);
- в) числа автомобилей, которые могут одновременно находиться на расчетном отрезке при движении в свободном потоке;
- г) вероятности попадания  $j$  автомобилей на расчетный отрезок при движении в свободном потоке (обгон автомобилей на мосту исключается, влияние соседних и встречных колонн не учитывается)

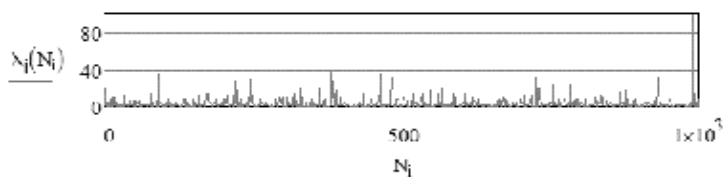


Рис. 2. Фрагменты прогонов имитационной статистической модели для получения числа ожидаемых событий одновременного нахождения  $j$  автомобилей на расчетном отрезке за промежуток времени  $t = 1$  час с учетом эффекта стеснения

С использованием аналитической модели взаимодействия между расчетными параметрами, выраженной формулой (8), проведен комплекс имитационных экспериментов с целью выявления изменчивости событий одновременного нахождения  $j$  автомобилей на расчетном отрезке с учетом эффекта стеснения за 1 час – в качестве выходных характеристик использованы оценки математических ожиданий  $\bar{m}_j$  и дисперсий  $S_j$ , вычисленных по формулам:

$$\bar{m}_j = \frac{\prod_{i=1}^{N_W} \prod_{k=1}^{n_W} a_{i,j}(N_i, n_k)}{N_W \times n_W}, \tag{9}$$

$$\bar{S}_1 = \frac{\sum_{i=1}^{N_W} \sum_{k=1}^{n_W} (\bar{m}_1 - I_j(N_i, n_k))^2}{N_W \times n_W} \tag{10}$$

Вычисление выходных статистических характеристик модели проводилось по формулам (9) и (10) для различных уровней достоверности  $\beta$  и меры опасности по критерию отказа  $[Q]$ , при этом использованы достоверные статистические данные по численности населения в корреспондирующих населенных пунктах (районах) в соответствующие моменты времени эксплуатации технической системы.

Таблица 1

**Результаты комплекса имитационных экспериментов  
по оценке статистических характеристик числа расчетных циклов нагружений  
объекта исследования**

b	[Q]	N <sub>W</sub> / n <sub>W</sub>	N <sub>V,min</sub> / N <sub>V,max</sub>	I <sub>j</sub> (N <sub>i</sub> , n <sub>k</sub> )		t <sub>i</sub> , час	t <sub>k</sub> , час
				$\bar{m}_1$	$\bar{S}_1$		
0,950	1·10 <sup>-4</sup>	29956 / 39	85451 / 131096 <sup>[1]</sup>	3,689	31,492	0,03	1,17
	1·10 <sup>-5</sup>	299572 / 39		2,494	14,981	0,23	8,97
	1·10 <sup>-6</sup>	2995731 / 39		2,456	14,415	2,92	113,88
	1·10 <sup>-4</sup>	29956 / 39	87183 / 131338 <sup>[2]</sup>	3,694	31,612	0,03	1,17
	1·10 <sup>-5</sup>	299572 / 39		2,622	17,105	0,23	8,97
	1·10 <sup>-6</sup>	2995731 / 39		2,457	14,525	2,93	114,27
	1·10 <sup>-4</sup>	29956 / 39	88293 / 132074 <sup>[3]</sup>	3,705	32,099	0,03	1,17
	1·10 <sup>-5</sup>	299572 / 39		2,863	19,583	0,24	9,36
	1·10 <sup>-6</sup>	2995731 / 39		2,459	14,914	2,95	115,05
0,990	1·10 <sup>-4</sup>	46049 / 199	85451 / 131096 <sup>[1]</sup>	3,435	28,202	0,05	9,95
	1·10 <sup>-5</sup>	460515 / 199		2,864	19,586	0,37	73,63
	1·10 <sup>-6</sup>	4605168 / 199		1,913	8,777	4,79	953,21
	1·10 <sup>-4</sup>	46049 / 199	87183 / 131338 <sup>[2]</sup>	3,478	28,448	0,05	9,95
	1·10 <sup>-5</sup>	460515 / 199		2,904	19,874	0,38	75,62
	1·10 <sup>-6</sup>	4605168 / 199		2,129	10,863	4,80	955,20
	1·10 <sup>-4</sup>	46049 / 199	88293 / 132074 <sup>[3]</sup>	3,523	28,955	0,05	9,95
	1·10 <sup>-5</sup>	460515 / 199		2,953	20,111	0,40	79,60
	1·10 <sup>-6</sup>	4605168 / 199		2,397	13,777	4,83	961,17
0,995	1·10 <sup>-4</sup>	52981 / 399	85451 / 131096 <sup>[1]</sup>	2,912	20,279	0,05	9,95
	1·10 <sup>-5</sup>	529829 / 399		2,679	17,269	0,46	183,94
	1·10 <sup>-6</sup>	5298315 / 399		2,378	13,558	5,30	2114,70
	1·10 <sup>-4</sup>	52981 / 399	87183 / 131338 <sup>[2]</sup>	3,108	22,032	0,05	9,95
	1·10 <sup>-5</sup>	529829 / 399		2,707	18,002	0,47	187,53
	1·10 <sup>-6</sup>	5298315 / 399		2,381	13,664	5,32	2122,68
	1·10 <sup>-4</sup>	52981 / 399	88293 / 132074 <sup>[3]</sup>	3,215	24,388	0,05	9,95
	1·10 <sup>-5</sup>	529829 / 399		2,855	19,589	0,48	191,52
	1·10 <sup>-6</sup>	5298315 / 399		2,398	13,800	5,38	2146,62
0,999	1·10 <sup>-4</sup>	69074 / 1999	85451 / 131096 <sup>[1]</sup>	3,091	22,768	0,05	99,95
	1·10 <sup>-5</sup>	690772 / 1999		2,419	14,090	0,63	1259,37
	1·10 <sup>-6</sup>	6907752 / 1999		2,375	13,514	6,25	12493,75
	1·10 <sup>-4</sup>	69074 / 1999	87183 / 131338 <sup>[2]</sup>	3,116	23,307	0,05	99,95
	1·10 <sup>-5</sup>	690772 / 1999		2,442	14,109	0,64	1279,36
	1·10 <sup>-6</sup>	6907752 / 1999		2,430	13,715	6,29	12573,71
	1·10 <sup>-4</sup>	69074 / 1999	88293 / 132074 <sup>[3]</sup>	3,200	24,823	0,05	99,95
	1·10 <sup>-5</sup>	690772 / 1999		2,465	14,323	0,65	1299,35
	1·10 <sup>-6</sup>	6907752 / 1999		2,415	13,925	6,35	12693,65

Примечания: <sup>[1]</sup>, <sup>[2]</sup>, <sup>[3]</sup> – численность населения по истечении 6, 8 и 10 лет с начала эксплуатации соответственно.

В качестве меры трудоемкости использован показатели времени, затраченные на один прогон имитационной модели  $t_i$  и на всю группу плана  $t_k$ , при этом использовался

персональный (серийный) компьютер с процессором Intel®Core™ i7-4770, ОЗУ 16,0 ГБ. Результаты проведенного комплекса имитационных экспериментов приведены в табл. 1.

Полученные результаты комплекса имитационных экспериментов, представленные в табл. 1, показали, что при выборе плана эксперимента его трудоемкость может оказать решающее значение наряду с уровнем требований, предъявляемых к надежности технической системы на соответствующей стадии её жизненного цикла. Оптимальными входными показателями плана эксперимента ( $t_k < 200$  ч) для рассматриваемого объекта исследования, относящегося к высоконадежным техническим системам ( $\beta \geq 0,95$ ,  $[Q] \leq 1 \cdot 10^{-5}$ ), можно считать сочетания требований: первое –  $\beta = 0,95$ ,  $[Q] = 1 \cdot 10^{-6}$ ; второе –  $\beta = 0,99$ ,  $[Q] = 1 \cdot 10^{-5}$ ; третье –  $\beta = 0,995$ ,  $[Q] = 1 \cdot 10^{-5}$ . Для выбранных оптимальных сочетаний проследим изменчивость (табл. 2) числа расчетных циклов нагружений  $l_j(N_i, n_k)$  за период эксплуатации технической системы с использованием оценок  $\bar{m}_l$  и  $\bar{S}_l$ , вероятностной меры опасности по критерию отказа  $[Q]$  и степени точности  $\alpha$ :

$$l_j(N_i, n_k) | t_Q \sim F \left[ l_{b,[Q],a}^{\inf}; l_{b,[Q],a}^{\sup} \right] | t_Q, \tag{11}$$

где  $l_{b,[Q],a}^{\inf} = \bar{m}_l - t_a \times \sqrt{\bar{S}_l}$  и  $l_{b,[Q],a}^{\sup} = \bar{m}_l + t_a \times \sqrt{\bar{S}_l}$  – соответственно нижняя и верхняя граница доверительного интервала, покрывающего неизвестный параметр (число событий одновременного нахождения  $j$  автомобилей на расчетном отрезке с учетом эффекта стеснения) в соответствующий момент времени эксплуатации технической системы  $t_Q$ .

Анализ выходных данных табл. 2 показал, что рассмотренные планы имитационных моделей по сочетаниям 1, 2 и 3 имеют логичные результаты, не противоречащих физическому смыслу процесса функционирования технической системы в условиях роста интенсивности транспортного потока. При этом имеется возможность дать оценку приращения выходной функции числа событий одновременного нахождения  $j$  автомобилей на расчетном отрезке с учетом эффекта стеснения, в зависимости от приращения аргумента – времени эксплуатации технической системы.

Таблица 2

**Изменчивость числа расчетных циклов нагружений за период эксплуатации системы**

План сочетаний $\beta, [Q]$	$\frac{a}{t_a}$	$t_Q$ , годы	$l_j(N_i, n_k)$		$l_{b,[Q],a}^{\inf} \approx 0$	$l_{b,[Q],a}^{\sup}$
			$\bar{m}_l$	$\bar{S}_l$		
Сочетание 1: $\beta = 0,95$ , $[Q] = 1 \cdot 10^{-6}$	0.10 3,162	6	2,456	14,415	0	14,461
		8	2,457	14,525	0	14,508
		10	2,459	14,914	0	14,670
	0.05 4,472	6	2,456	14,415	0	19,435
		8	2,457	14,525	0	19,501
		10	2,459	14,914	0	19,729
Сочетание 2: $\beta = 0,99$ , $[Q] = 1 \cdot 10^{-5}$	0.10 3,162	6	2,864	19,586	0	16,858
		8	2,904	19,874	0	17,000
		10	2,953	20,111	0	17,133
	0.05 4,472	6	2,864	19,586	0	22,655
		8	2,904	19,874	0	22,840
		10	2,953	20,111	0	23,008
Сочетание 3: $\beta = 0,995$ , $[Q] = 1 \cdot 10^{-5}$	0.10 3,162	6	2,679	17,269	0	15,819
		8	2,707	18,002	0	16,123
		10	2,855	19,589	0	16,850
	0.05 4,472	6	2,679	17,269	0	21,263
		8	2,707	18,002	0	21,681
		10	2,855	19,589	0	22,648

Выполним обработку полученных выходных данных с целью проведения относительного сравнения альтернативных конфигураций системы (сочетания 1, 2 и 3).

Сравнение выполняется посредством регрессионного анализа выборок параметров отклика, полученных в соответствующих точках времени эксплуатации технической системы  $t_q$  по верхней границе доверительного интервала  $I_{b, [Q], a}^{\sup}$ . Результаты регрессионного анализа представлены в табл. 3.

Таблица 3

**Результаты регрессионного анализа выборок параметров отклика, полученных в соответствующих точках времени эксплуатации технической системы**

План сочетаний	Степень точности	Уравнение регрессии	Индексы корреляции детерминации	Средняя ошибка аппроксимации, %
Сочетание 1: $\beta = 0,95,$ $[Q] = 1 \cdot 10^{-6}$	0,05	линейная $\hat{y} = 0,0735 \cdot x + 18,967$	$\frac{0,9529}{0,9081}$	0,1842
		степенная $\hat{y} = 18,4384 \cdot x^{0,0286}$	$\frac{0,9291}{0,8633}$	0,2240
		показательная $\hat{y} = 18,9761 \cdot 1,0038^x$	$\frac{0,9536}{0,9093}$	0,1830
		экспоненциальная $\hat{y} = e^{2,9432 + 0,0038 \cdot x}$	$\frac{0,9536}{0,9093}$	0,1830
	0,10	линейная $\hat{y} = 0,0522 \cdot x + 14,1283$	$\frac{0,9531}{0,9083}$	0,1758
		степенная $\hat{y} = 13,7515 \cdot x^{0,0273}$	$\frac{0,9292}{0,8635}$	0,2139
		показательная $\hat{y} = 14,1345 \cdot 1,0036^x$	$\frac{0,9537}{0,9095}$	0,1747
		экспоненциальная $\hat{y} = e^{2,6486 + 0,0036 \cdot x}$	$\frac{0,9537}{0,9095}$	0,1747
Сочетание 2: $\beta = 0,99,$ $[Q] = 1 \cdot 10^{-5}$	0,05	линейная $\hat{y} = 0,0882 \cdot x + 22,1283$	$\frac{0,9996}{0,9992}$	0,0165
		степенная $\hat{y} = 21,4591 \cdot x^{0,0302}$	$\frac{0,9991}{0,9982}$	0,0254
		показательная $\hat{y} = 22,1386 \cdot 1,0039^x$	$\frac{0,9995}{0,9991}$	0,0179
		экспоненциальная $\hat{y} = e^{3,0973 + 0,0039 \cdot x}$	$\frac{0,9995}{0,9991}$	0,0179
	0,10	линейная $\hat{y} = 0,0687 \cdot x + 16,447$	$\frac{0,9998}{0,9996}$	0,0118
		степенная $\hat{y} = 15,9279 \cdot x^{0,0316}$	$\frac{0,9987}{0,9973}$	0,0320
		показательная $\hat{y} = 16,4554 \cdot 1,0041^x$	$\frac{0,9998}{0,9995}$	0,0132
		экспоненциальная $\hat{y} = e^{2,8007 + 0,004 \cdot x}$	$\frac{0,9998}{0,9995}$	0,0132
Сочетание 3: $\beta = 0,995,$ $[Q] = 1 \cdot 10^{-5}$	0,05	линейная $\hat{y} = 0,3462 \cdot x + 19,094$	$\frac{0,9748}{0,9502}$	0,5595
		степенная $\hat{y} = 17,0423 \cdot x^{0,1209}$	$\frac{0,9585}{0,9187}$	0,7114
		показательная $\hat{y} = 19,2649 \cdot 1,0159^x$	$\frac{0,9768}{0,9541}$	0,5376
		экспоненциальная $\hat{y} = e^{2,9583 + 0,0158 \cdot x}$	$\frac{0,9768}{0,9541}$	0,5376
	0,10	линейная $\hat{y} = 0,2577 \cdot x + 14,202$	$\frac{0,9731}{0,9469}$	0,5795
		степенная $\hat{y} = 12,6773 \cdot x^{0,1209}$	$\frac{0,9563}{0,9145}$	0,7315
		показательная $\hat{y} = 14,3296 \cdot 1,0159^x$	$\frac{0,9751}{0,9508}$	0,5577
		экспоненциальная $\hat{y} = e^{2,6623 + 0,0158 \cdot x}$	$\frac{0,9751}{0,9508}$	0,5577



### Заключение

1. Сравнительный регрессионный анализ альтернативных конфигураций системы и выборок параметров отклика, полученных в соответствующих точках времени эксплуатации технической системы, показал, что для выбранного объекта исследования наиболее оптимальным оказался план имитационной модели, предусматривающей основные функциональные взаимодействия в системе «автомобиль-мост» при уровне достоверности 0,99, степени точности 0,1 и вероятностной меры опасности по критерию отказа на уровне  $1 \cdot 10^{-5}$ .

2. Проведенное исследование позволило апробировать на конкретном примере концепцию статистического описания системы «автомобиль-мост», включающей основные процедуры и приемы практического использования доминирующих параметров транспортного потока в условиях ограниченности исходных данных.

3. Полученные результаты позволяют оптимизировать процессы оценки числа расчетных циклов нагружений за период эксплуатации технической системы, что, в свою очередь, позволяет оптимизировать процедуры расчета стальных конструкций на выносливость для соответствующей стадии её жизненного цикла.

### Список библиографических ссылок

1. Манапов А. З. Расчет надежности и ресурса строительных конструкций методом статистического моделирования. Казань : КГАСУ, 2010. 131 с.
2. Мыщик В. С. Анализ методов расчета на выносливость элементов проезжей части стальных автодорожных мостов. М.: ОАО ЦНИИС, 2007. Вып. 238. С. 24–34.
3. Барченков А. Г. Динамический расчет автодорожных мостов. М. : Транспорт, 1976. 199 с.
4. Valinevicius A., Balsys K., Eidukas B. Imitation model of traffic // Electronics and electrical engineering. Kaunas : technologija. 2011. № 6 (112). P. 65–68.
5. Изюмский А. А., Надирян С. Л., Сенин И. С. Применение имитационного моделирования в сфере моделирования транспортных потоков // Наука. Техника. Технология (Политехнический вестник). 2016. № 1. С. 52–54.
6. Treiber M., Kesting A. Traffic Flow Dynamics. Data, Models and Simulation. Springer, 2013. 506 p.
7. Elefteriadou L. An Introduction to Traffic Flow Theory. Springer Science+Business Media New York, 2014. 251 p.
8. Sakhapov R. L., Nikolaeva R. V., Gatiyatullin M. H., Makhmutov M. M. Risk management model in road transport systems // Journal of Physics: Conference Series. 2016. Vol. 738. № 1. P. 1–10.
9. Шпете Г. Надежность несущих строительных конструкций. М. : Стройиздат, 1994. 288 с.
10. Кельтон В. Д., Лоу А. М. Имитационное моделирование. Классика CS. 3-е изд. СПб. : Питер, 2004. 847 с.
11. Майстренко И. Ю. Оценка выносливости элементов стальных конструкций автодорожных мостов на основе метода имитационного статистического моделирования // Известия КГАСУ, 2013. № 3 (25). С. 115–124.
12. Димов Э. М., Маслов О. Н., Трошин Ю.В. Снижение неопределенности выбора управленческих решений с помощью метода статистического имитационного моделирования // Информационные технологии. 2014. № 6. С. 51–57.

**Maystrenko Igor Iurevich**

candidate of technical sciences, associate professor

E-mail: [igor\\_maystr@mail.ru](mailto:igor_maystr@mail.ru)**Zinnurov Tagir Almirovich**

candidate of technical sciences, associate professor

E-mail: [leongar@mail.ru](mailto:leongar@mail.ru)**Kazan State University of Architecture and Engineering**

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

**Sultangirova Ainaz Airatovna**

project engineer

E-mail: [tyls\\_tyls@mail.ru](mailto:tyls_tyls@mail.ru)**Maystrenko Tatiana Igorevna**

specialist on industrial safety

E-mail: [maystrenko1496@mail.ru](mailto:maystrenko1496@mail.ru)**LTD Scientific and production center «Stroy-Expertiza»**

The organization address: 420043, Russia, Kazan, Kalinina st., 48, off., 506A

**Statistical modeling of the transport stream dominant parameters  
for estimating the number of design load cycles  
for the period of the technical system operation**

**Abstract**

*Problem statement.* The purpose of the study is to develop a basic algorithm and basic procedures for processing available statistical data on the parameters of the transport flow on approaches to the road bridge, which allow assessing the fitness of the main structural elements of the road bridge to the fatigue phenomenon under conditions of unsteady loading of the bridge by a mobile load.

*Results.* The main results of the research consist in the development of the "car-bridge" system statistical description concept, which includes a description of the basic procedures and techniques for the practical use of the transport stream dominant parameters in conditions of limited initial parameters.

*Conclusions.* The results significance obtained for the design of road bridges is to improve and optimize the procedures for calculating steel structures for endurance.

**Keywords:** road bridge, steel construction, endurance, imitation, statistical, modeling, traffic flow, dominant parameter.

**References**

1. Manapov A. Z. Calculation of reliability and life of building structures by statistical modeling. Kazan : KGASU, 2010. 131 p.
2. Mytcik V. S. Analysis of methods for calculating the endurance of elements of the carriageway of steel road bridges. M. : JSC CKIIS, 2007. Vol. 238. P. 24–34.
3. Barchenkov A. G. Dynamic calculation of road bridges. M. : Transport, 1976. 199 p.
4. Valinevicius A., Balsys K., Eidukas B. Imitation model of traffic // Electronics and electrical engineering. Kaunas : technologija. 2011. № 6 (112). P. 65–68.
5. Iziumskii A. A., Nadirian S. L., Senin I. S. The use of simulation modeling in the field of modeling traffic flows // Nauka. Tehnika. Tehnologija (Politehnichskii vestnik). 2016. № 1. P. 52–54.

6. Treiber M., Kesting A. Traffic Flow Dynamics. Data, Models and Simulation. Springer, 2013. 506 p.
7. Elefteriadou L. An Introduction to Traffic Flow Theory. Springer Science+Business Media New York, 2014. 251 p.
8. Sakhapov R. L., Nikolaeva R. V., Gatiyatullin M. H., Makhmutov M. M. Risk management model in road transport systems // Journal of Physics: Conference Series. 2016. Vol. 738. № 1. P. 1–10.
9. Shpete G. Reliability of load-bearing building structures. M.: Stroisdat, 1994. 288 p.
10. Kelton V. D., Loy A. M. Imitation modeling. Classika CS. 3-rd vol. SPb. : Piter, 2004. 847 p.
11. Maystrenko I. Y. Estimation of endurance of elements of steel structures of road bridges on the basis of the method of simulation statistical modeling // Isvestia KGASU № 3 (25), 2013. P. 115–124.
12. Dimov Ia. M., Maslov O. N., Troshin Y. V. Reduction of uncertainty in the choice of management decisions using the method of statistical simulation // Informacionnye tehnologii. № 6. 2014. P 51–57.

УДК 711.73, 625.71

**Нарбеков Марат Фаридович**

аспирант

E-mail: [narbekov.m.f@gmail.com](mailto:narbekov.m.f@gmail.com)

**Казанский государственный архитектурно-строительный университет**

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

### **Классификация автомобильных дорог в СНГ и странах Запада**

#### **Аннотация**

*Постановка задачи.* Цель исследования – определить различия и сходства в классификации дорожных систем стран Запада (Канада, Австралия, Новая Зеландия, Соединенное Королевство, Франция, США) Российской Федерации и Азербайджана по характерным критериям, в частности по значению, скорости движения транспорта, числу полос, доступности к прилегающим территориям, наличию дорожных знаков, регулируемых перекрестков и переходов, пропускной способности и т.д.

*Результаты.* Основные результаты исследования состоят в выявлении дифференциации признаков, а также предоставлении итоговой характеристики каждой категории автодорог в исследуемых странах.

*Выводы.* В статье приводится фактический материал, который может быть востребован специалистами при обсуждении новой редакции СП 42.13330.2011 «Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений».

**Ключевые слова:** городские и сельские автодороги, дорожно-транспортная сеть, магистральные дороги, автомагистраль, скоростная дорога, автострада.

#### **Введение**

Сегодня в странах СНГ ведется работа по редактированию и обновлению существующей базы нормативно-технической документации с учетом новых потребностей и запросов общества. В частности специалистами в области архитектуры и градостроительства проводятся консультации по вопросу внесения поправок в существующий свод правил – СП 42.13330.2011 «Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений», один из разделов которого посвящён транспортно-градостроительному планированию. В этой связи результаты исследовательской работы по анализу типологии дорог и систематизации фактического материала могут быть востребованы разработчиками нормативной базы в сфере архитектуры, урбанистики и планировке объектов транспортной инфраструктуры.

#### **Классификация автомобильных дорог в странах СНГ**

Понятия «дорога» определяется законами РФ:

1) Федеральный закон от 10.12.1995 № 196-ФЗ «О безопасности дорожного движения»;

2) Федеральный закон от 08.11.2007 № 257-ФЗ «Об автомобильных дорогах и о дорожной деятельности в Российской Федерации и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».

Подробная информация по классификации и требованиям проектирования дорог представлена в следующих нормативных документах: ГОСТ Р 52398-2005 «Классификация автомобильных дорог. Основные параметры и требования», СП 42.13330.2011 «Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений». Актуализированная редакция СНиП 2.07.01-89\*, Рекомендации по проектированию улиц и дорог городов и сельских поселений, составленных к главе СНиП 2.07.01-89.

Согласно постановлению № 91 Кабинета Министров «Классификация автомобильных дорог Азербайджанской Республики» и «Правила наименования, индексации и регистрации автомобильных дорог общего пользования» от 1.07.2004 г. и последующих поправках, внесенных 2.02.2015 г., автомобильные дороги

Азербайджанской Республики по значению можно классифицировать следующим образом: дороги республиканского значения; дороги общегородского значения, дороги районного значения и местного значения.

Дороги общего пользования по назначению и юрисдикции подразделяются на следующие категории:

1. Международные транспортные коридоры (МТК) – дороги республиканского значения.

2. Дороги специального назначения – дороги республиканского и местного значения; городские дороги и проезды.

3. Платные автодороги.

4. Государственные дороги – дороги республиканского и местного значения; городские дороги, связывающие населенные пункты (НП) и госучреждения.

5. Муниципальные дороги – МТК, дороги республиканского и местного значения, городские дороги и проезды, частные автодороги, проходящие в границах муниципальных образований; улицы, проезды и прочие дороги, находящиеся в собственности муниципальных образований и расположенные на территории дворовых участков в городах и республиканских районных центрах, а также на территории сельских НП и поселков.

6. Частные автодороги – дороги, построенные без участия государственных капиталовложений, за счет частных инвестиций, находящиеся в собственности юридических либо физических лиц; приватизированные автодороги.

7. Дороги республиканского значения: автомобильные дороги соединяющие столицу Азербайджанской Республики (АР) – г. Баку с приграничными государствами; соединяющие столицу АР – г. Баку с городами АР и республиканскими районными центрами; непосредственно соединяющие друг с другом города АР и республиканские районные центры; непосредственно соединяющие ж/д станции, аэропорты и морские порты с дорогами республиканского значения; непосредственно соединяющие дороги республиканского значения друг с другом.

Дороги общего пользования республиканского и местного значения, находящиеся в государственной собственности, вносятся на баланс Министерства Транспорта Азербайджанской Республики.

Классификация дорог прочих стран входящих в состав СНГ определяется в соответствии с местным законодательством.

### **Классификация автомобильных дорог в странах Запада (Канада, Австралия, Новая Зеландия, Соединенное Королевство, Франция, США)**

Городские и сельские дороги в англоязычных странах в соответствии с градостроительной иерархией делятся на три основные категории: дороги городского значения – магистрали (*arterials*), дороги районного значения (*collectors*), дороги местного значения (*local roads*).

**Arterials.** Данный вид улиц в России соответствует магистральным улицам городского значения (проспектам) высокой пропускной способности – связывающим между собой районы и социально-значимые объекты города, обеспечивающим подъезд к внешним автомобильным дорогам скоростного движения (*freeways, expressways*). На них приходится основной поток движения общественного транспорта в городе. Существует ограниченный доступ к прилегающим территориям. Организовано регулируемое движение на перекрестках, пересечение проезжей части осуществляется строго на пешеходных переходах регулируемых перекрестков. Скорость движения – 80-110 км/ч.

**Minor arterials** по классификации дорог Австралии соответствует *major collectors* по канадской классификации.

**Collectors** – дороги регулируемого движения, служат для транспортного сообщения между дорогами местного значения (*locals*) с магистральными улицами городского значения (*arterials*). Скорость движения, как правило, 50-90 км/ч.

**Locals** – дороги местного значения относятся к самой низкой категории автомобильных дорог городов и сельских НП, обладают низкой пропускной способностью и скоростью транспортного движения, обеспечивает доступ с дорог общего пользования к

примыкающим участкам (местам проживания, приложения труда, отдыха, коммерческим зданиям и т.д.). Дороги местного значения могут быть как с асфальтовым покрытием, так и с грунтовыми. Скорость движения, как правило, 30-70 км/ч.

***Bypass roads, trucks.*** Отдельно следует упомянуть об еще одном виде автодорог под названием *bypass* или *truck route*. По типологии дорог Российской Федерации может быть определено как «объездная дорога» («шоссе»). Данный вид дорог предназначен для объезда наиболее загруженных участков ДТС городов либо сельских НП, с целью предотвращения заторов, осуществления грузоперевозок (рис. 1).

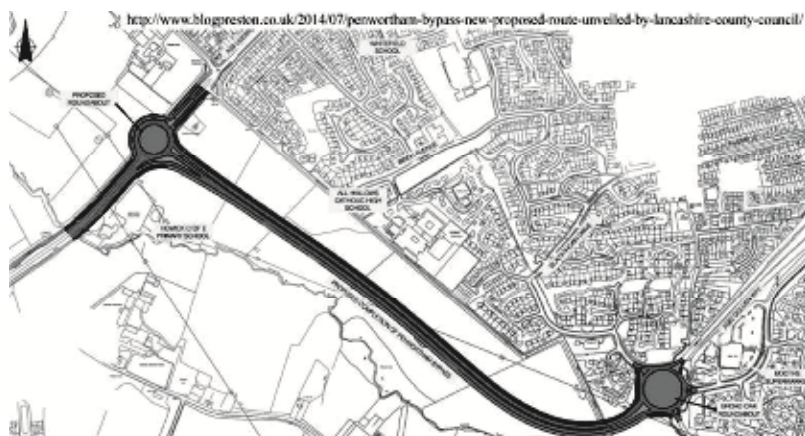


Рис. 1. Проект объездной дороги (*Bypass*), г. Пенвортам, СК

***Highway*** – скоростные дороги (магистральные улицы) регулируемого либо непрерывного движения (по классификации дорог РФ), проходящие через крупные города, сельские НП; являются высшей категорией дорог (улиц). Также как и другие виды скоростных дорог, имеют ограниченный доступ к близлежащим территориям. Может употребляться как общее название скоростных дорог (автомагистралей) (рис. 2).



Рис. 2. Одноуровневое пересечение на скоростной магистрали, Канада

***Parkways*** – платные дороги или магистрали.

Скоростные автомагистрали в странах запада можно разделить на три вида: *expressways, freeways, highways*.

***Expressways*** – один из типов дорог скоростного движения, скорость движения, как правило, 90-120 км/ч.

***Freeways (controlled-access highway, или limited-access highways)*** – один из видов дорог скоростного движения с контролируемым (ограниченным) либо отсутствием доступа к прилегающей территории. Терминология для данного типа дорог, принятых в разных странах: Россия – автомагистраль, (автострада, автобан); Италия – *autostrada*;

США, Канада, Австралия, СК – *interstate highway, freeway, motorway*; Германия – *Autobahn*; Франция – *autoroute*.

Скоростные автомагистрали данных типов характеризуются отсутствием светофоров (регулируемого движения), наличием разноуровневых развязок, отсутствием либо ограничением доступа к прилегающим территориям, отсутствием пешеходных переходов, наличием подземных либо наземных пешеходных переходов, отсутствием пересечений в одном уровне с линиями ж/д, прочими дорогами, пешеходными переходами либо велодорожками. Переход к дорогам других типов, осуществляется через съезды (рампы, спуски). Число полос, как правило, не менее 4-ех, разделительная линия движений в разных направлениях, обычно представляет собой полосу озеленения либо, барьер. Скорость движения обычно варьируется в пределах 80-120 км/ч.

Пешеходная и велосипедная доступность к прилегающим территориям, обратно пропорциональна интенсивности движения, скорости транспортного потока и пропускной способности дорог. Дороги местного значения (*locals*) обеспечивают наибольшую территориальную доступность, автомагистрали (*freeways, expressways*) – наименьшую (рис. 3).



Рис. 3. Зависимость территориальной доступности от пропускной способности различных категорий автомобильных дорог

Таблица 1

**Классификация дорог Канады [1, с. 68] [2, с. 9], Австралии [3, с. 2] и Новой Зеландии (курсив) [4]**

Категории улиц и дорог	Основная функция улиц и дорог	Второстепенная функция
<b>City freeways, expressways / Regional, National</b> Скоростные автомагистрали (автострады)	Обеспечение передвижения между двумя пунктами без прямого доступа с автомагистрали к прилегающей территории	Отсутствует. Прямой доступ к прилегающим территориям запрещен
<b>Arterial road / Major arterials / Arterials</b> Магистральные дороги либо улицы городского значения	Обеспечивают передвижение через город; связаны с другими дорогами	Существует ограниченный доступ к прилегающим территориям
<b>Major collector roads / Minor arterials / Primary collectors</b> Главные дороги либо улицы городского значения (ДГЗ)	Обеспечивают передвижение между дорогами районного значения и автомагистралями	Существует прямой доступ к прилегающей территории
<b>Collector roads / Secondary collectors</b> Второстепенные дороги и улицы районного значения (ДРЗ)	Обеспечивают передвижение на территории района между дорогами местного значения и главными дорогами районного значения либо автомагистралями	То же
<b>Local roads / Access</b> Дороги и улицы местного значения	Обеспечивают прямой доступ к прилегающим территориям	Обеспечивают передвижение по территории района к/от ДРЗ или ДГЗ
<b>Lanes</b> Проезды	Обеспечивают второстепенный доступ с дорог общего пользования к примыкающим участкам	Отсутствует

Таблица 2

## Классификация дорог Соединенного Королевства [5]

Категории улиц и дорог		Основная характеристика дорог
Principal Road Основные дороги	<b>Strategic Road Network (SRN)</b> Стратегическая дорожная сеть (СДС)	Национальные дороги либо автострады, служащие для перевозки пассажиров, грузов и в качестве туристических автомаршрутов; находятся под юрисдикцией Государственного секретариата автотранспорта. На карте, обычно, обозначаются синим цветом.
	<b>Primary Road Network (PRN)</b> Основная дорожная сеть (ОДС)	Дороги регионального значения, соединяющие между собой национальные дороги, в ОДС не могут входить дороги ниже класса «А». Дороги обеспечивают движение основных транспортных потоков, а также соединяют города и регионы страны. На карте, обычно, обозначаются зеленым цветом.
	<b>A Road</b> Дороги «А» класса	Высшая категория автодорог, которым присуждается идентификационный номер. Все дороги не являющимися автострадами, которые входят в СДС и ОДС, являются дорогами класса «А». Служат для связи между функциональными зонами города. На карте, дороги этого класса, не входящие в ОДС и СДС, обычно обозначаются красным цветом.
Secondary Road Второстепенные дороги	<b>B Road</b> Дороги «В» класса	Дороги более низкой категории, следующие за дорогами «А» класса. Дорогам этого класса также присуждается идентификационный номер, служат для связи дорог класса «А» друг с другом, а также соединяют различные функциональные зоны в городе. На карте, как правило, обозначены розовым цветом
	<b>Classified Unnumbered Road</b> Классифицированные безномерные дороги	Третий класс дорог (неофициально «С» класс), служит для соединения неклассифицированных дорог с дорогами класса «А» и «В», связывает жилые зоны города, поселки, сельские НП с общей дорожной сетью. Как правило, обозначаются желтым цветом.
	<b>Unclassified Road</b> Неклассифицированные дороги	Дороги местного значения, 60 % дорог в СК входят в эту категорию. Неофициально имеют класс «D»; на карте, как правило, обозначаются тонкими линиями.

Неофициально все дороги класса «А» и автострады имеют общее название – «Главные дороги», дороги класса «В», «С» и «D» – второстепенные дороги. Дороги СДС и ОДС носят название – *motorways*.

Таблица 3

## Классификация дорог в США [6, с. 2] [7, с. 6] [8] (рис. 4)

Категории улиц и дорог	Основная характеристика дорог
<b>Principal Arterials:</b> 1. Interstate 2. Other Freeways & Expressways (OF&E) 3. Other (OPA)	Служат для автотранспортного сообщения между городами либо иными муниципальными образованиями, обладают высокой пропускной способностью, большими объемами пассажиро и грузоперевозок. Скорость движения на магистралях федерального значения (Interstate): 90-120 км/ч. На прочих магистралях: около 80-110 км/ч.
<b>Minor Arterials</b>	Магистрали второго порядка, служат для сообщения между различными районами города. Соединяют между собой магистральную сеть скоростного движения первого порядка. Соединяет между собой НП сельской местности.
<b>Категории улиц и дорог</b>	<b>Основная характеристика дорог</b>
<b>Collectors</b> 1. Major Collector 2. Minor Collector	Главные и второстепенные дороги соединяют дороги местного значения с магистральную сеть. Скорость движения: около 60-90 км/ч. Главные дороги отличаются от второстепенных по следующим признакам: обслуживание селитебных, промышленных и коммерческих зон разной плотности застройки, радиус обслуживания, протяженность маршрутов, скорость движения транспорта и количество регулируемых перекрестков.
<b>Locals</b>	Дороги местного значения, обеспечивающие доступ к прилегающей территории и к городской сети более высокой категории. Скорость движения: около 30-70 км/ч. Движение ОТ на дорогах местного значения, как правило, не предусмотрено.



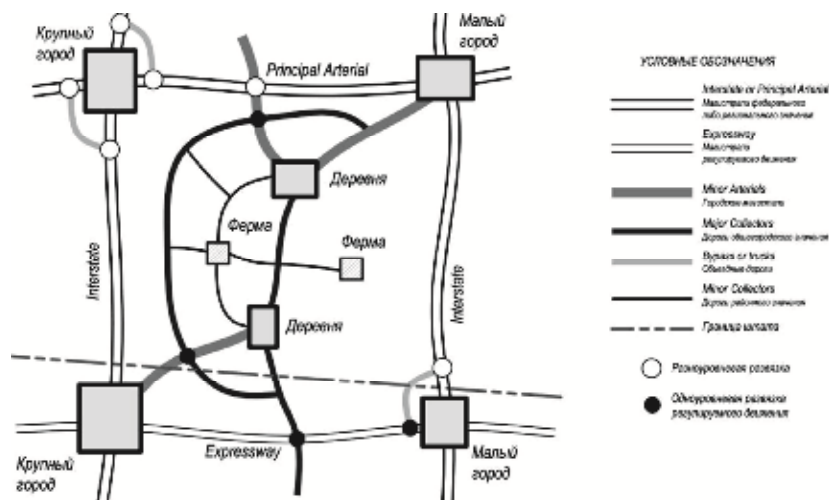


Рис. 4 Схема категоризации дорог США

Таблица 4

Классификация дорог во Франции [9, с. 3] [10]

Категории улиц и дорог	Основная характеристика дорог
<b>Les autoroutes</b> Автоматрираль	Минимальные количество полос движения – 2×2, 2×3. Максимальная скорость движения 130 км/ч. Тротуары отсутствуют. Пересечение в разных уровнях. Не проходит через населенный пункт (НП). Обеспечение передвижения на дальнее расстояние (между агломерациями и отдаленными городами).
<b>Les 2×2 interurbaines</b> автодороги междугороднего сообщения	Полосы движения – 2×2. Максимальная скорость движения 110 км/ч. Тротуары отсутствуют. Возможно пересечение в одном уровне. Обеспечение передвижения на среднее или дальнее расстояние (в пределах агломерации).
<b>Les 2×2 en zone urbaine et péri urbaine</b> городские и пригородные дороги	Минимальные количество полос движения – 2×2. Скорости движения 110, 90, 80, 70 км/ч. Проходит через НП, в случае необходимости. Обеспечение передвижения на среднее расстояние (между районами города и населёнными пунктами агломерации).
<b>Категории улиц и дорог</b>	<b>Основная характеристика дорог</b>
<b>Les routes à grande circulation</b> Дороги интенсивного движения	Минимальные количество полос движения – 3, либо 2/3. Максимальная скорость движения 90 км/ч. Пересечение в одном уровне. Проходит через НП. Обеспечение передвижения на малое или среднее расстояние (между районами и в пределах района города).
<b>Les petites routes</b> Второстепенные дороги	Полосы движения – обычно 2. Максимальная скорость движения 90 км/ч. Доступ к прилегающей территории не ограничен. Обеспечение передвижения на малое расстояние (в пределах района города).

Также дороги междугороднего сообщения во Франции классифицируются по юрисдикции:

- Национальные дороги (*Route Nationale*);
- Департаментальные дороги (*route Départementale*);
- Коммунальные дороги (*voie communale*).

По эксплуатационным параметрам:

- объему автомобильного потока, скорости движения транспорта (130, 110, 90, 70, 50, 30, 20);
- характеру связи путей сообщения и типу сетей (например, сеть экологических способов мобильности).

Классификацию городских дорог, помимо вышеперечисленных категорий, можно дополнить следующими пунктами:

- а) функциональному назначению:
- главные дороги (структурообразующие – формирующие опорный каркас улично-дорожной сети);
  - второстепенные дороги (распределяющие транспортные потоки),
  - третьеразрядные дороги (вспомогательные – служат для обеспечения доступа на территорию застройки);
- б) типологии:
- градостроительное назначение (городские дороги скоростного движения, бульвары, проспекты, улицы, проезды);
- в) по типу застройки прилегающей к дороге территории (расположение зданий на удалении от проезжей части, вплотную к проезжей части; высотная застройка и т.д.);
- г) по социальной (исторической) значимости;
- д) по функциональному назначению общественных пространств [11].

### Категориальное соответствие автодорог

Категориальное соответствие автодорог в Азербайджане, РФ и странах Запада, а также условная международная классификации дорог приведены в табл. 5-6.

Таблица 5

#### Категориальное соответствие автодорог в Азербайджане, РФ и странах Запада

Страна	Категория автодороги				
АР	Magistral avtomobil yolları Магистрали междугородного сообщения	Magistral avtomobil yolları Городские магистрали	Ümumşəhər əhəmiyyətli prospekt, küçə və yollar Проспекты, улицы и дороги общегород. значения	Rayon əhəmiyyətli prospekt, küçə və yollar Проспекты, улицы и дороги районного значения	Поселковые и сельские дороги и улицы, в том числе внутриквартальные городские дороги, находящиеся в ведомстве муниципалитета
Австралия	Freeway/expressway	Major arterials	Minor arterials	Collectors	Locals
Канада	Freeway/expressway	Arterials	Major collectors	Collectors	Locals
Новая Зеландия	Regional, National	Arterials	Primary collectors	Secondary collectors	Access
РФ	Магистрали скоростного нерегулир. движения	Магистраль регулир. движения (скоростные дороги)	Дороги и улицы городского значения (нескоростн. дороги)	Дороги и улицы район. значения	Дороги и улицы местного значения
СК	Strategy Road Network – SRN (Motorway)	«А» road	«В» road	Classified Unnumbered Road («С» road)	Unclassified Road («D» road)
США	Principal arterials (Interstate, Other Freeways & Expressways, Other)	Minor arterials	Major collectors	Minor collectors	Locals
Франция	Les autoroutes, Les 2×2 interurbaines	Les 2×2 en zone urbaine et périurbaine	Les routes à grande circulation	Les petites routes	Les routes locales

Таблица 6

## Условная международная классификации дорог

Характеристика	Категории дорог				
	I	II	III	IV	V
Значение	страна	регион	город	район	квартал
Характеристика	Категории дорог				
	I	II	III	IV	V
Дальность поездок, км	межрегион.	междугород.	между районами города	в пределах района города	к местам первичного обслуж.
Скорость движения, км/ч	80-130	50-110	40-100	40-90	20-50
Минимальное число полос	4	4	2	1-2	1-2
Пешеходная доступность (ПД) vs движение транспорта (ДТ)	ПД отсутствует	ПД ограничена	ПД незначит. ограничена	равнопр. функции	ПД основная функция
Характер пересечения с другими дорогами	в разных уровнях*	допускается одноур. на регулир. перекр.	допускается одноур. на регулир. перекр.	допуск. одноур.	допускается одноур.
Характер движения	непрерыв.	частично непрерывное	частично непрерывное	с останов. на светофор.	возможны остановки
Расчетная пропускная способность (кол-во машин, тыс. в день в обоих направлениях)	свыше 10	свыше 10	свыше 5	свыше 2	около 2,5
Наличие маршрутов общественного транспорта	междугор.	междугор.	предусм.	предусм.	как правило, не предусм.
Общая протяженность сети (% от общей протяженности)	ок. 1 %	ок. 3 %	ок. 7 %	ок. 20 %	более 65 %
Наличие тротуаров	не предусм.	не предусм.	по обе стороны	по обе стороны	по обе либо по одну сторону
Регулируемость	отсутствует	допускается обеспечение	обеспечена	обеспеч.	отсутствует
Велосипедное и пешеходное движение	в разных уровнях	только на регулир. перекрестках	только на регулир. перекрестках	разрешено	разрешено
Вид покрытия	асфальт	асфальт	асфальт	асфальт, грунт	асфальт, грунт
Движение грузового транспорта	не ограничено	как правило, не ограничено	как правило, не ограничено	возможно огранич.	возможно огранич.
Наличие разделительных полос	обязательна	обязательна	допускается отсутствие	не требуется	не треб.

\*Примечание: согласно СП 42.13330.2011 Транспортная связь между районами города на отдельных направлениях и участках преимущественно грузового движения, осуществляемого вне жилой застройки, выходы на внешние автомобильные дороги, пересечения с улицами и дорогами, как правило, в одном уровне.

Магистралей, дорог, улицы и проспекты общего пользования в исследуемых странах можно условно поделить на пять категорий, которые отличаются друг от друга по следующим признакам:

- значение (масштаб страны, региона, города, района города, квартала);
- протяженность маршрутов (дальние, средние, короткие маршруты);
- скорость движения транспорта;
- число полос;
- доступность к прилегающим территориям (наличие тротуаров);
- характер пересечения с другими дорогами;
- характер движения;
- пропускная способность, объем пассажироперевозок и грузоперевозок;
- наличие маршрутов общественного транспорта;
- общая протяженность и плотность сети;
- наличие тротуаров;
- регулируемость (наличие дорожных знаков, регулируемых перекрестков и переходов);
- пересечение с пешеходными переходами и велодорожками;
- вид покрытия (асфальт, грунт);
- движение грузового транспорта;
- наличие разделительных полос.

### **Заключение**

По итогам исследовательской работы составлена таблица соответствия дорог в Азербайджане, Австралии, Канаде, Новой Зеландии, России, Соединенного Королевства, США и Франции согласно градостроительной иерархии; представлена условная международная классификация автомобильных дорог в вышеперечисленных странах.

Проведена работа по структурированию и синтезу данных нормативно-технической документации, в которой представлена характеристика и функциональные параметры автодорог в различных странах мира.

Результаты исследования могут быть использованы при разработке нормативно-технической документации по градостроительству и проектированию дорожно-транспортной инфраструктуры.

### **Список библиографических ссылок**

1. Ottawa Transportation Master Plan / City of Ottawa. November 2013. 130 p.
2. Road Classification System. Summary Document / Toronto Transportation Services. Toronto, August 2013. 34 p.
3. Assessing the Feasibility of a National Road Classification. Report to ICSM on National Road Classification Developments (version 2.0) / Intergovernmental Committee on Surveying and Mapping. October 2006. 42 p.
4. One Network Road Classification // NZ Transport Agency: сайт Транспортного агентства Новой Зеландии. URL: <https://nzta.govt.nz/roads-and-rail/road-efficiency-group/onrc/> (дата обращения: 22.01.2018).
5. Guidance on Road Classification and the Primary Route Network / Department for Transport. January 2012. 26 p.
6. Highway Functional Classification: Concepts, Criteria and Procedures / US Department of Transportation, Federal Highway Administration. 2013. 63 p.
7. Functional Classification Comprehensive Guide / Virginia Department of Transportation. June 6, 2014. 23 p.
8. A Guide to Functional Classification, Highway Systems and Other Route Destinations in Montana / State of Montana Department of Transportation. March 2017. 6 p.
9. Comprendre les principaux paramètres de conception géométrique des routes / Service d'Études techniques des routes et autoroutes. Janvier 2006. 28 p.
10. Hiérarchisation des voies urbaines et modération des vitesses. Enjeux et méthodologie / Direction départementale des Territoires de l'Ain. 12 p.

11. Sécurité et hiérarchie des voies urbaines Centre d'études sur les réseaux, les transports, l'urbanisme et les constructions publiques. Fiche № 11. Decemder 2008. 3 p.

**Narbekov Marat Faridovich**

post-graduate student

E-mail: [narbekov.m.f@gmail.com](mailto:narbekov.m.f@gmail.com)

**Kazan State University of Architecture and Engineering**

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

**Road Classification in the CIS and Occident**

**Abstract**

*Problem statement.* The purpose of the research is to determine the differences and similarities in the classification of road systems in the Occident (Canada, Australia, New Zealand, the United Kingdom, France, the United States), the Russian Federation and Azerbaijan by specific criteria, particularly, jurisdiction, speed of traffic, number of lanes, accessibility to adjacent territories, traffic regulation and flow volume, etc.

*Results.* The main results of the study are: to identify the differentiation of characteristics and summarize the features of each category of roads in the investigated countries.

*Conclusions.* The article contains factual material that could be referred by specialists in discussion on a new version of CR 42.13330.2011 «Urban development. Urban and rural planning and development».

**Keywords:** urban and rural roads, road network, arterials, collectors, highway, expressway, motorway, freeway.

**References**

1. Ottawa Transportation Master Plan / City of Ottawa. November 2013. 130 p.
2. Road Classification System. Summary Document / Toronto Transportation Services. Toronto, August 2013. 34 p.
3. Assessing the Feasibility of a National Road Classification. Report to ICSM on National Road Classification Developments (version 2.0) / Intergovernmental Committee on Surveying and Mapping. October 2006. 42 p.
4. One Network Road Classification // NZ Transport Agency: New Zealand Transport Agency website. URL: <https://nzta.govt.nz/roads-and-rail/road-efficiency-group/onrc/> (reference date: 22.01.2018).
5. Guidance on Road Classification and the Primary Route Network / Department for Transport. January 2012. 26 p.
6. Highway Functional Classification: Concepts, Criteria and Procedures / US Department of Transportation, Federal Highway Administration. 2013. 63 p.
7. Functional Classification Comprehensive Guide / Virginia Department of Transportation. June 6, 2014. 23 p.
8. A Guide to Functional Classification, Highway Systems and Other Route Destinations in Montana / State of Montana Department of Transportation. March 2017. 6 p.
9. Comprendre les principaux paramètres de conception géométrique des routes / Service d'Études techniques des routes et autoroutes. Janvier 2006. 28 p.
10. Hiérarchisation des voies urbaines et modération des vitesses. Enjeux et méthodologie / Direction départementale des Territoires de l'Ain. 12 p.
11. Sécurité et hiérarchie des voies urbaines Centre d'études sur les réseaux, les transports, l'urbanisme et les constructions publiques. Fiche № 11. Decemder 2008. 3 p.

---

---

**ПРАВИЛА ПРЕДСТАВЛЕНИЯ СТАТЕЙ  
ДЛЯ ПУБЛИКАЦИИ В НАУЧНОМ ЖУРНАЛЕ  
«ИЗВЕСТИЯ КАЗАНСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО  
АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНОГО УНИВЕРСИТЕТА»**

Статья должна быть набрана в программе Microsoft Word (версия не ранее MS Word 97). Файл, названный именем автора статьи, представить с расширением RTF.

**Параметры страницы:**

- размер страницы – 297×210 мм (формат А4);
- поля: сверху – 20 мм, снизу – 20 мм, слева – 30 мм, справа – 30 мм;
- ориентация страницы – книжная.

**Параметры форматирования текста:**

- шрифт – Times New Roman;
- размер шрифта – 11 пт;
- абзацный отступ – 10 мм (не задавать пробелами);
- выравнивание – по ширине;
- заголовки полужирным шрифтом, с выравниванием по центру;
- междустрочный интервал – одинарный.

При наборе статьи исключить автоматический перенос слов. Запрещено уплотнение интервалов шрифта.

Объем публикации – не менее 5 полных страниц и не более 10 страниц самого текста. Иллюстративный материал не должен перегружать статью (не более 4 рис.).

Таблицы создать средствами Microsoft Word и присвоить им имена: Таблица 1, Таблица 2 и т.д. Название таблицы с порядковым номером (или номер таблицы без названия) располагается над таблицей. Текст таблицы должен быть набран шрифтом размером 10 пт с одинарным междустрочным интервалом.

Иллюстрации представить в основных графических форматах (tif, jpg, bmp, gif) с именами Рис. 1, Рис. 2 и т.д. Все объекты должны быть черно-белыми (градации серого), четкого качества. Выравнивание – по центру. Рекомендуемое разрешение – 300 dpi. Названия иллюстраций и подписи к ним набираются шрифтом размером 10 пт с одинарным междустрочным интервалом. **Не допускается** выполнение рисунков в редакторе Microsoft Word. Минимальный размер иллюстраций – 80×80 мм, максимальный – 170×240 мм.

**Все формулы и символы набирать только в Microsoft Word.** Для набора тех формул, которые невозможно набрать в Word, использовать встроенный в Microsoft Word редактор формул Microsoft Equation или Math Type. Формулы в статье, подтверждающие физическую суть исследования (процесса), представляются без развернутых математических преобразований. Формулы компонуются с учетом вышеуказанных полей (при необходимости использовать перенос формулы на следующую строку), помещаются по центру строки, в конце которой в круглых скобках ставится порядковый номер формулы (формулы и их порядковые номера – в таблицах с невидимыми границами). Ссылку на номер формулы в тексте также следует брать в круглые скобки. Следует применять физические величины, соответствующие стандарту СТ СЭВ 1052-78 (СН 528-80).

Иллюстрации, формулы, таблицы и ссылки на цитированные источники, встречающиеся в статье, должны быть пронумерованы в соответствии с порядком цитирования в тексте. При этом, ссылка на литературные источники берётся в квадратные скобки.

Уникальность текста статьи должна составлять не менее 75 %.

**ОБРАЗЕЦ ОФОРМЛЕНИЯ СТАТЬИ**

УДК 691.33

**Иванов Иван Иванович**

кандидат технических наук, доцент

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

**Казанский государственный архитектурно-строительный университет**

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

разделительный интервал

**Современные строительные материалы**

разделительный интервал

**Аннотация**

**Текст аннотации** (15-20 строк)

**Ключевые слова:** теплоизоляционные материалы, карбамидные пенопласты, модификация.

разделительный интервал

**Текст статьи**

разделительный интервал

**Список библиографических ссылок**

разделительный интервал

**Ivanov Ivan Ivanovich**

candidate of technical sciences, associate professor

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

**Kazan State University of Architecture and Engineering**

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

разделительный интервал

---

---

## Modern building material

разделительный интервал

### Abstract

Текст abstract (15-20 строк)

**Keywords:** thermal insulating materials, of carbamide foams, updating.  
разделительный интервал

### References\*

\*Перечень ссылок, переведённый на английский язык (названия издательств, журналов и фамилии не переводить – писать в латинской транскрипции).

**Перечень библиографических ссылок обязателен!**

**Библиографические ссылки представить в соответствии с ГОСТ Р 7.0.5-2008.**

### Примеры:

1. Благовещенский Ф. А., Букина Е. Ф. Архитектурные конструкции. М. : Архитектура-С, 2011. 232 с.
2. Строганов В. Ф., Сагадеев Е. В. Введение в биоповреждение строительных материалов. Казань, 2015. С. 156–161.
3. Рахимов Р. З., Рахимова Н. Р., Гайфуллин А. Р., Морозов В. П. Дегидратация глин различного минерального состава при прокаливании // Известия КГАСУ. 2016. № 4 (38). С. 388–394.
4. Тезисы докладов : сб. научных трудов 68-й Всероссийской научной конференции, Казань, 2016. 357 с.
5. Абдрахманова Л. А., Ашрапов А. Х., Низамов Р. К., Хозин В. Г. Структурные факторы деформирования и разрушения нанокompозитов на основе поливинилхлорида : сб. ст. VIII академических чтений РААСН – Международной научно-технической конференции / КГАСУ. Казань, 2014. С. 8–11.
6. Способ изготовления стальной опоры многогранного сечения : пат. 2556603 Рос. Федерация. № 2014121172/03 ; заявл. 26.05.14 ; опубл. 10.07.15, Бюл. № 19. 5 с.
7. Доклад начальника Главного управления по делам печати Н. Татищева министру внутренних дел, 1913 г. // РГИА, Ф. 785. Оп. 1. Д. 188. Л. 307.
8. Гущин Б. П. Журнальный ключ : статья // ПФА РАН. Ф. 900. Оп. 1. Ед. хр. 23. 5 л.
9. Теория машин // PROGNOSIS.RU : ежедн. интернет-изд. 2010. URL: <http://www.prognosis.ru/logos.html> (дата обращения: 02.12.2016).

### Примеры перевода перечня ссылок на английский язык:

1. Blagoveshchenskiy F. A., Bukina Ye. F. Architectural construction. M. : Architectura-C, 2011. 232 p.
2. Stroganov V. F., Sagadeyev Ye. V. Introduction to biodamage of building materials. Kazan, 2015. P. 156–161.
3. Rakhimov R. Z., Rakhimova N. R., Gayfullin A. R., Morozov V. P. Dehydration of clay of different mineral composition on ignition // Izvestiya KGASU. 2016. № 4 (38). P. 388–394.
4. Thesises of reports : proceedings of the 68<sup>th</sup> All-Russian scientific conference, Kazan, 2016. 357 p.
5. Abdrakhmanova L. A., Ashrapov A. Kh., Nizamov R. K., Khozin V. G. Structural factors of deformation and destruction of nanocomposites based on polyvinylchloride : dig. of art. VIII academic readings of RAACS – International scientific-technical conference / KGASU. Kazan, 2014. P. 8–11.
6. A method of making steel support of multi-faceted cross-section : patent 2556603 of the Rus. Federation. № 2014121172/03 ; decl. 26.05.2014; publ. 10.07.2015. Bull. in № 19. 5 p.
7. Report of chief of Central administrative of the Press N. Tatischev to the Minister of Internal Affairs, 1913 y. // RGIA, F. 785. Op. 1. D. 188. L. 307.
8. Guschin B. P. Journal key : article // PFA RAS. F. 900. Op. 1. St. un. 23. 5 sh.
9. Theory of machines // PROGNOSIS.RU : daily. internet-edit. 2010. URL: <http://www.prognosis.ru/logos.html> (reference date: 02.12.2016).

В список библиографических ссылок 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 должна 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.

Подробные требования размещены на сайте журнала!

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;
- Электронный вариант (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;
- Сопроводительное письмо в предлагаемой форме (см. сайт).

**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.

**Журнал «Известия КГАСУ»** выходит 4 раза в год, тиражом 500 экз. Журнал является подписным изданием и включен в общероссийский каталог ОАО Агентства «РОСПЕЧАТЬ», индекс издания – 36939.

Авторы, являющиеся членами редколлегии и (или) подписчиками журнала, имеют преимущественное право на опубликование своих статей.

**СТАТЬИ ПУБЛИКУЮТСЯ БЕСПЛАТНО.**

Научная статья в полном объеме будет также размещена на официальном сайте «Известия КГАСУ» – электронном научном издании (ЭНИ) <http://izvestija.kgasu.ru/> (Свидетельство о регистрации средства массовой информации Эл № ФС 77-31046 от 25.01.2008).

**Все материалы направлять по адресу:** 420043, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1, ОПИР, комн. 79. Телефон (843) 510-46-39, 236-26-88 (тел./факс). E-mail: [patent@kgasu.ru](mailto:patent@kgasu.ru).

**Банковские реквизиты:**

КГАСУ

420043, г. Казань, ул. Зеленая, 1

ИНН 1655018025 КПП 165501001

Сч. 40501810292052000002

в ГРКЦ НБ РТ Банка России г. Казань

БИК 049205001

Л/с 20116Х06860

**Указать назначение платежа:** Код дохода: 0000000000000000130 реализация изд. деэт-ти.



---

---

**Известия КГАСУ**  
2018 г., № 1 (43)

Гл. редактор: Низамов Р.К.  
Учредитель и издатель:  
ФГБОУ ВО «Казанский государственный архитектурно-строительный университет»

Макет и редактирование: Бибикина А.Р.

Адрес редакции: 420043, г. Казань, ул. Зеленая, 1  
Тел. для справок: (843) 510-46-39

Журнал зарегистрирован: Регистр. ПИ № ФС77-25136  
Электронное периодическое издание: <http://izvestija.kgasu.ru> Регистр. Эл № ФС 77-31046  
Федеральная служба  
по надзору за соблюдением законодательства в сфере массовых коммуникаций  
и охране культурного наследия.  
Индекс издания – 36939  
Общероссийский каталог ОАО Агентства «РОСПЕЧАТЬ»

Подп. к печати 22.03.2018  
Заказ 52  
Усл.-печ. л. 34,1

Формат 60×84/8  
Бумага тип. № 1  
Уч.-изд. л. 34,6

Тираж 500 экз.  
I завод-100

Отпечатано в Издательстве КГАСУ, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1