

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ
КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
МИНИСТЕРСТВО СТРОИТЕЛЬСТВА, АРХИТЕКТУРЫ
И ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОГО ХОЗЯЙСТВА РТ
МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА И ДОРОЖНОГО ХОЗЯЙСТВА РТ

Известия КГАСУ 2020 г., № 1 (51)

ББК 38
И 33
УДК 69

Главный редактор: д-р техн. наук, проф. чл.-корр. АН РТ Р.К. Низамов
Зам. главного редактора: канд. техн. наук, доц. Е.А. Вдовин

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Айдарова Г.Н., д-р арх., проф. советник РААСН;	Мирсаяпов Илизар Т., д-р техн. наук, проф.;
Гагарин В.Г., д-р техн. наук, проф. чл.-корр. РААСН;	Мирсаяпов Ильшат Т., д-р техн. наук, проф.;
Горячев М.Г., д-р техн. наук, проф.;	Стрелков А.К., 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.;	Тунакова Ю.А., д-р хим. наук, проф.;
Кичигин В.И., д-р техн. наук, проф.;	Углова Е.В., д-р техн. наук, проф.;
Королев Е.В., д-р техн. наук, проф.;	Хозин В.Г., д-р техн. наук, проф.;
Кочев А.Г., д-р техн. наук, проф.;	Шагидуллин Р.Р., д-р хим. наук, чл.-корр. АН РТ;
Логачев К.И., д-р техн. наук, проф.;	Яковлев Г.И., д-р техн. наук, проф.

МЕЖДУНАРОДНЫЙ РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ:

Рольф Катценбах, д-р техн. наук, проф. (Германия);	Фишер Х.-Б., доктор-инженер (Германия);
Фиговский О.Л., д-р техн. наук, проф., член Европейской АН, иностранный член РААСН (Израиль);	Хассан Абдалла, д-р наук (PhD), проф. (Великобритания);
	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 Сайт: <http://izvestija.kgasu.ru>

MINISTRY OF SCIENCE AND HIGHER EDUCATION
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 2020, № 1 (51)

BBC 38
I 33
UDC 69

Editor-in-Chief: Dr. tech. sci., prof. corr.-m. AS RT Nizamov R.K.
Deputy Editor-in-Chief: Cand. tech. sci., associate prof. Vdovin E.A.

EDITORIAL BOARD:

Aidarova G.N. Dr. arch. sci., prof., advisor of RAACS;	Mirsayapov Ilizar T., Dr. tech. sci., prof.;
Gagarin V.G., Dr. tech. sci., prof. corr.-m. of RAACS;	Mirsayapov Ilshat T., Dr. tech. sci., prof.;
Goriachev M.G., Dr. tech. sci., prof.;	Strelkov A.K., Dr. tech. sci., prof.;
Esaulov G.V., Dr. arch. sci., prof., member of the Academy of RAACS;	Stroganov V.F., Dr. chem. sci., prof., honorary m. of RAACS;
Ilichev V.A., Dr. tech. sci., prof., First Vice President of RAACS;	Suleimanov A.M., Dr. tech. sci., prof. corr.-m. AS RT;
Kayumov R.A., Dr. phys-mat. sci., prof.;	Tunakova Iu.A., Dr. chem. sci., prof.;
Kichigin V.I., Dr. tech. sci., prof.;	Uglova E.V., Dr. tech. sci., prof.;
Korolev E.V., Dr. tech. sci., prof.;	Khozin V.G., Dr. tech. sci., prof.;
Kochev A.G., Dr. tech. sci., prof.;	Shagidullin R.R., Dr. chem. sci., corr.-m. AS RT;
Logachev K.I., Dr. tech. sci., prof.;	Iakovlev G.I., Dr. tech. sci., prof.

INTERNATIONAL EDITORIAL BOARD:

Rolf Katzenbach, Dr. tech. sci., prof. (Germany);	Fischer H.-B., Dr.-Ing (Germany);
Figovskiy O.L., Dr. tech. sci., prof., member of EAS, foreign member of RAACS (Israel);	Hassan Abdalla, PhD, prof. (Great Britain);
	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, 20th, 2006). It is included in the all-Russian catalogue of JSC «ROSPECHAT» Agency; subscription number 36939.

EDITORIAL ADDRESS:

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



ТЕОРИЯ И ИСТОРИЯ АРХИТЕКТУРЫ, РЕСТАВРАЦИЯ И РЕКОНСТРУКЦИЯ ИСТОРИКО-АРХИТЕКТУРНОГО НАСЛЕДИЯ	
Закирова Т.Р., Асадуллин Э.З. Развитие типов общественных зданий Казани во второй половине 1930-х-первой половине 1950-х годов и поиски национального своеобразия	7
Мухитов Р.К., Миннегулова З.Н. «Музей Реки» – как новая форма сохранения этнического историко-культурного наследия народов	18
Тихова Ю.Л., Кулеева Л.М. Построение системы классификаций открытых архитектурных пространств	27
Фазлеев М.Ш., Шакирова А.Ф. Архитектурно-планировочная организация научно-промышленной выставки 1890 года в городе Казани	36
АРХИТЕКТУРА ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ. ТВОРЧЕСКИЕ КОНЦЕПЦИИ АРХИТЕКТУРНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ	
Рябов Н.Ф., Грачёв П.В. Казанский Анатомический театр в рамках аналогии «архитектура – литература»	45
ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО, ПЛАНИРОВКА СЕЛЬСКИХ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ	
Арсентьева Ю.П., Латыпова М.С., Гафурова С.В. Анализ редевелопмента планировочной структуры района ZAC Seguin – Rives de Seine округа Булонь-Бийанкур во Франции	55
Зиятдинов З.З., Михалчева С.Г., Зиятдинов Т.З. Влияние второго жилища на социальную эффективность жилой застройки	66
СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ, ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ	
Замалиев Ф.С., Фекир Эль Кахина. Особенности оценки прочности сталебетонного изгибаемого элемента с напрягаемой арматурой без сцепления с бетоном	76
Кузнецов И.Л., Гайнетдинов Р.Г. Болтовой узел соединения тонкостенных холодногнутых профилей с трапециевидной стенкой с применением сплошных втулок	85
Мирсаяпов Илизар Т., Гарифуллин Д.Р. Уравнения выносливости арматуры изгибаемого железобетонного элемента при режимном многократно повторяющемся нагружении	93
ОСНОВАНИЯ И ФУНДАМЕНТЫ, ПОДЗЕМНЫЕ СООРУЖЕНИЯ	
Мирсаяпов Илизар Т., Айсин Н.Н. Развитие вертикальных деформаций здания в зоне влияния глубокого котлована	101
ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ, ВЕНТИЛЯЦИЯ, КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ ВОЗДУХА, ГАЗОСНАБЖЕНИЕ И ОСВЕЩЕНИЕ	
Байдюсенов Г.Н., Абильдинова С.К., Елеманова А.А., Садыков Р.А. Эффективность пенополиуретановых труб при модернизации теплосетей	109
ВОДОСНАБЖЕНИЕ, КАНАЛИЗАЦИЯ, СТРОИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ОХРАНЫ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ	
Хафизов А.Р., Камалетдинов Ф.Ф., Якушкина А.Б., Недосеко И.В. Строительные регуляционные системы для защиты берегов реки Уфы в районе водозаборов города Уфы	118
СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ	
Гайфутдинов Р.Ф., Хафизов Э.Р. Исследование абразивного износа щебня для автомобильных дорог	128
Потапова Л.И., Фурер В.Л., Коваленко В.И. Изучение конформаций p-1-адамантилкаликс[8]арена методом ИК-спектроскопии – основа для создания полимерных материалов нового поколения	138
Смирнов Д.С., Гараев Т.Р., Гарипова Д.Р. Моделирование свойств стеновой керамики методами регрессионного анализа	146
Фурер В.Л., Коваленко В.И. Спектроскопическое исследование комплексообразования золота с фосфорсодержащим дендримером	154
ТЕХНОЛОГИЯ И ОРГАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА	
Богданов Р.Р., Ибрагимов Р.А., Давлятшин Б.И. Совершенствование технологии устройства малозаглубленных энергоэффективных фундаментов	163
Медяник Ю.В., Хафизов Р.Р. Инжиниринг в строительстве	172
ПРОЕКТИРОВАНИЕ И СТРОИТЕЛЬСТВО ДОРОГ, МЕТРОПОЛИТЕНОВ, АЭРОДРОМОВ, МОСТОВ И ТРАНСПОРТНЫХ ТОННЕЛЕЙ	
Габдуллин Т.Р., Кашипов Р.Ф. К вопросу совершенствования ремонта трещин дорожных покрытий	181
Петропавловских О.К., Ибрагимова А.А., Садыков Р.Р., Габитова Л.И. Эффективность управления проектами при строительстве искусственных сооружений	189

СТРОИТЕЛЬНАЯ МЕХАНИКА	
Мудров А.Г., Мудрова А.А. Исследование коэффициента полезного действия пространственных механизмов с особой структурой	199
Правила представления материалов для публикации в научном журнале «Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета»	207



CONTENTS

ARCHITECTURE THEORY AND HISTORY, HISTORICAL AND ARCHITECTURAL HERITAGE RESTORATION AND RECONSTRUCTION	
Zakirova T.R., Asadullin E.Z. The development of types of public buildings in Kazan in the second half of the 1930s-the first half of the 1950 ^s and the search for national identity	7
Mukhitov R.K., Minnegulova Z.N. «The River Museum» as a new form of preservation of the historical and cultural heritage of peoples	18
Tikhova Y.L., Kuleeva L.M. Building a classification system for open architectural spaces	27
Fazleev M.Sh., Shakirova A.F. Architectural and planning organization of scientific and industrial exhibition of 1890 in Kazan	36
HOUSES ARCHITECTURE. THE CREATIVE CONCEPT OF ARCHITECTURAL ACTIVITIES	
Ryabov N.F., Grachev P.V. Kazan Anatomical Theater in the framework of the analogy «architecture – literature»	45
URBAN DEVELOPMENT, RURAL SETTLEMENTS PLANNING	
Arsenteva Y.P., Latypova M.S., Gafurova S.V. Analysis of redevelopment of district's planning structure of ZAC Seguin – Rives de Seine, Boulogne-Billancourt region, France	55
Ziyatdinov Z.Z., Mihalcheva S.G., Ziyatdinov T.Z. The influence of the second home on the social efficiency of housing	66
BUILDING STRUCTURES, HOUSES	
Zamaliyev F.S., Fekir El Kahina. Features of strength assessment of a steel-concrete bending element with prestressing reinforcement without adhesion to concrete	76
Kuznetsov I.L., Gainetdinov R.G. Bolt assembly for connecting thin-walled cold-formed profiles with a trapezoidal wall using continuous sleeves	85
Mirsayapov Ilizar T., Garifullin D.R. Equations of the endurance of the reinforcement of a bending reinforced concrete element under regime repeated loading	93
FOUNDATIONS, UNDERGROUND STRUCTURES	
Mirsayapov Ilizar T., Aysin N.N. Growth of vertical deformations of building in an influence zone of deep pit	101
HEATING, VENTILATION, AIR CONDITIONING, GAS SUPPLY AND LIGHTING	
Baidyusenov G.N., Abildinova S.K., Elemanova A.A., Sadykov R.A. Efficiency of polyurethane foam pipes in the modernization of heating systems	109
WATER SUPPLY, SEWERAGE, WATER CONSERVATION CONSTRUCTION	
Khafizov A.R., Kamaletdinov F.F., Yakushkina A.B., Nedoseko I.V. Construction regulatory systems to protect the banks of the Ufa river in the area of Ufa water intake	118
BUILDING MATERIALS AND PRODUCTS	
Gayfutdinov R.F., Khafizov E.R. Research of abrasive wear of crushed stone for highways	128
Potapova L.I., Furer V.L., Kovalenko V.I. The study of conformations of p-1-adamantylcalix[8]arene by IR-spectroscopy is the basis for the creation of a new generation of polymeric materials	138
Smirnov D.S., Garaev T.R., Garipova D.R. Modelling the properties of wall ceramics by regression analysis	146
Furer V.L., Kovalenko V.I. Spectroscopic study of the complexation of gold with a phosphorus-containing dendrimer	154
CONSTRUCTION TECHNOLOGY AND ORGANIZATION	
Bogdanov R.R., Ibragimov R.A., Davlyatshin B.I. Improving the device technology of shallow energy-efficient foundations	163
Medyanik Y.V., Khafizov R.R. Engineering in construction	172
ROADS, SUBWAYS, AIRPORTS, BRIDGES AND TUNNELS DESIGN AND CONSTRUCTION	
Gabdullin T.R., Kashipov R.F. On the issue of improving the repair of cracks in pavements	181
Petropavlovskikh O.K., Ibragimova A.A., Sadykov R.R., Gabitova L.I. The effectiveness of project management in the construction of engineering structures	189

CONSTRUCTION MECHANICS	
Mudrov A.G., Mudrova A.A. Study of the efficiency of spatial mechanisms with a special structure	199
Rules of representation of materials for the publication in scientific journal «Kazan State University of Architecture and Engineering news»	207



УДК 72.036

Закирова Татьяна Рифгатовна

кандидат архитектуры, доцент

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

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

Асадуллин Энвер Закиевич

E-mail: env60@yandex.ru

кандидат технических наук, доцент

Казанский кооперативный институт

Адрес организации: 420061, Россия, г. Казань, ул. Ершова, д. 58

**Развитие типов общественных зданий Казани
во второй половине 1930-х-первой половине 1950-х годов
и поиски национального своеобразия**

Аннотация

Постановка задачи. Цель статьи – показать процесс формирования различных типов общественных зданий Казани с середины 1930-х до середины 1950-х годов, а также раскрыть достаточно интересный поиск национальной образности в архитектуре столицы Советской Татарии в очень сложный для всей страны период предвоенных, военных и послевоенных лет.

Результаты. В указанный период в связи с отсутствием единых норм и правил в Казани происходила отработка функционально-планировочных схем общественных зданий. В высших учебных заведениях складывается состав помещений, расширенный по отношению к предыдущему периоду, обеспечивающий более удобную и функционально развитую схему учебного процесса. Во Дворцах и Домах культуры Казани появляются новые тенденции обогащения пространства, направленные на достижение выразительности среды и, впоследствии, развитые в принципы переливающихся пространств. Кроме совершенствования существующих типов зданий в Казани в 1935 году происходит попытка создания нового полифункционального типа учреждения – Центра культуры города.

Общая тенденция поиска национального своеобразия республик нашей страны в рассматриваемый период, а также многовековое обращение зодчих Казани к национальным истокам и появление в городе первых архитекторов-татар, способствовали развитию национальных традиций в городской архитектуре. В соответствии с общей направленностью советского зодчества, в большинстве случаев, это выражалось в механистическом использовании уже сложившихся традиционных форм и декора. В Казани эти поиски шли либо по пути создания более или менее органичного сплава форм русского классицизма с национальным татарским декором, либо использовались местные архитектурные формы прошлых эпох – древних Болгар и аналогичные им формы мусульманского Востока. При этом совершаются попытки стилизовать и стандартизировать формы болгарской архитектуры, это могло быть использовано в будущей индустриализации архитектурных форм. В то же время пытались использовать не только архитектурные формы прошлого, но и планировочные, а также формообразующие принципы, свойственные татарской народной усадьбе.

Выводы. Значимость полученных результатов для архитектуры Казани состоит в том, что в типологии общественных зданий города ярко проявился новый характер советской архитектуры. Это выразилось в возникновении в Казани новых типов общественных зданий, способствующих началу реализации принципов социализма, началу формирования единой системы культурно-бытового обслуживания, предназначенной для всего народа. Соответственно общесоюзным тенденциям получили новое осмысление татарские национальные традиции, которые в 1920-е-первой половине 1930-х годов были едва заметны, а во второй половине 1930-х-первой половине 1950-х годов получили свое широкое развитие, что является полезным примером для развития современной архитектуры Казани.

Ключевые слова: общественные здания, национальные традиции, советская архитектура.

Введение

В последние годы интерес к истории города Казани и её архитектуре все более возрастает, так как Казань стала местом проведения мировых спортивных состязаний. Казань выбрана местом проведения первых Игр стран СНГ, которые состоятся летом 2020 года, В 2020 году Казань станет столицей мирового плавания и в этом же году мы будем одним из городов-организаторов чемпионата мира по волейболу. Казань стала общепризнанным центром международного туризма.

В связи с этим история развития архитектуры города имеет большое значение. Настоящая исследовательская работа является продолжением статьи авторов, рассматривающей предыдущий период развития архитектуры Казани [1], а также продолжает статью авторов, посвященную рассматриваемому периоду (Развитие архитектуры общественных зданий Казани в период с середины 1930-х до середины 1950-х годов // Известия КГАСУ, 2019 № 2 (48) С. 48-55). Данная статья заостряет внимание на формировании типов общественных зданий и на сложном поиске их национальной образности, которая после победы в Великой Отечественной войне обрела особое значение.

Необходимо отметить, что исследовательские публикации таких ученых как С.С. Айдаров, Г.Н. Айдарова, В.В. Егерев, С.В. Кузнецов, Х.Г. Надырова [2] и др. посвящены истории развития архитектуры Казани досоветского периода. Работа Н.Х. Халитова, рассматривающая советский период, отражает в основном национальную пластику фрагментов и деталей [3]. Тему, рассматриваемую авторами, очень коротко освещает в своей книге С.П. Саначин [4]. Вопросам будущего градостроительства Казани посвящена статья А.А. Дембича, Ю.А. Закировой, С.Р. Хуснутдиновой [5].

Таким образом, затрагиваемая авторами, тема должна быть освещена и может быть использована в современном проектировании, учитывая значение национального своеобразия в облике города, а также будет полезной для обобщающих работ по истории архитектуры Казани.

Совершенствование типов общественных зданий Казани

В годы предвоенного и послевоенного строительства в нашей стране происходит совершенствование типов общественных зданий: дворцов и домов культуры, клубов, кинотеатров, высших учебных заведений и др. Больше внимания стали уделять уточнению состава помещений (Былинкин Н.П., Калмыкова В.Н., Рябушкин А.В. – М.: Стройиздат, 1985, 256 с., Сергеева Г.В. История советской архитектуры. 1917-1954 г. / Под общ. ред. Н.П. Былинкина и А.В. Рябушкина).

Развитие высшего и среднего образования вызвало строительство в Казани большого числа зданий средних и высших учебных заведений. К 1940 году в Казани уже насчитывалось 97 школ, открылась детская музыкальная школа с тремя отделениями в разных районах города, организуются три детские технические станции, расширяется сеть высших учебных заведений. Создаются институты: учительский, медицинский, авиационный, финансово-экономический, юридический, стоматологический, инженеров коммунального хозяйства, которые размещаются большей частью в старой культурно-просветительной зоне, на верхней террасе Казани, и, соответственно общесоюзной тенденции, оформляют основные магистрали. В конце 1930-х годов в Казани уже функционируют 68 библиотек, 7 кинотеатров, 5 театров, 6 музеев, разместившихся в основном в существующих старых зданиях (Калинин Н.Ф. Казань. Исторический очерк. – Казань : Таткнигоиздат, 1955. 414 с.).

В 30-е годы неналаженность быта, неразвитость материальной базы досуга, нехватка свободного времени создавали объективные причины для отставания культурных потребностей людей, поэтому главной задачей этого периода была ликвидация неграмотности и политическое просвещение. Этим целям служили Дворцы культуры при предприятиях или в рабочих районах, построенные по принципу

комплексного обслуживания рабочих одной профессии. Таким образом, клуб по своей программе во многом совмещал функции различных общественных зданий.

В Казани были созданы клубы путем реконструкции старых и строительства новых зданий. Это Клуб Меховщиков (арх. И.Г. Гайнутдинов, 1935 г., ул. Тукаевская, 91), Дом учителя (арх. Р.М. Муртазин, 1939 г., ул. Профсоюзная, 15), Дворец пионеров (повторный проект, ул. Галактионовская, 24), Дом ученых (использовано старое здание).

При всем многообразии общественных зданий, появившихся в 30-е годы в столице Татарии, в городе не было благоустроенного театра, хорошего музея, специализированных выставочных залов. Именно поэтому в ознаменование пятнадцатилетия Татарской республики в 1935 году Совнарком СССР и XVI-й Всероссийский съезд Советов вынесли решение о строительстве в Казани Дома культуры «величественного архитектурного сооружения, иллюстрирующего культурный рост трудящихся орденоносной Татарии», являющегося своеобразным культурным центром республики. Дом культуры должен был представлять собой новый тип учреждения – полифункциональный комплекс, состоящий из театра, музея, выставочных залов, библиотеки, помещений спортивного комплекса и других культурных учреждений. Для Дома культуры был выбран очень интересный и значимый участок в центре города, на берегу озера Кабан на пересечении главнейших магистралей города – улиц Свердлова и Куйбышева, где и в настоящее время мог бы разместиться культурный центр города [6, с. 119-123]. На проектирование Дома культуры в 1935 году был проведен конкурс. Ограниченность материальных ресурсов не позволила осуществить строительство Дома культуры. Подобные полифункциональные культурные центры начали разрабатываться в нашей стране только с середины 1970-х годов.

В 1950-е годы в нашей стране происходит дальнейшее совершенствование типов общественных зданий. Если в 1920-1930-е годы клубы, выполняющие основную задачу по ликвидации неграмотности и политическому просвещению по своей программе, были рассчитаны на комплексное обслуживание посетителей одной профессии и большей частью размещались в центральном районе города, то в 1950-е годы успехи социально-экономического развития в нашей стране привели к тому, что труд значительной части общества уже нуждался в определенных культурных предпосылках и основной задачей учреждений культуры стало наиболее полное удовлетворение культурных потребностей людей по всей территории города. В связи с этим начали появляться зачатки дифференцированной ступенчатой системы обслуживания. Культурные учреждения стали стремиться равномерно и дифференцировано размещать по территориальному признаку во всех районах города (Бархин Ю.Б. Методологические и теоретические проблемы организации системы учреждений культуры и её нового элемента, центра общения и информации в крупном городе: Автореферат дис. ... канд. архитектуры. – М. : МАРХИ, 1957. 32 с.).

В военные и послевоенные годы в Казани, в связи с освоением новых территорий при промышленных предприятиях, проектируются и строятся соцгородки, являющиеся цельным социальным организмом, обеспечивающим комплексное обслуживание населения и имеющие свои общественные центры, в состав которых входили Дома и Дворцы культуры, административные и торговые учреждения (соцгород в Дербышках, соцгород в Ленинском районе), по возможности комплексно застраиваются и остальные территории города.

В районах, на новых площадях, в парках, скверах, на основных магистралях города строятся Дома и Дворцы культуры, кинотеатры. Например, такие сооружения, как Дворец культуры им. В.И. Ленина в Заречье (арх. А.А. Акирилов, 1956-1961 гг.), Дворец культуры им. С.М. Кирова недалеко от Ометьевой горы (повторный проект, 1954 г.), Дворец культуры им. Саид-Галиева в поселке Дербышки (арх. И.А. Валеев, 1957 г.), кинотеатры «Мир» (арх. В.А. Петров, 1959 г.), «Победа» (арх. М.К. Игламов, 1957 г.), «Салям» (арх. Р.М. Муртазин, 1959 г.).

В перечисленных Дворцах и домах культуры Казани тех лет, соответственно общей тенденции, уже нет, как в клубах 1920-1930-х годов, строгой дифференциации внутренних помещений, а наоборот, появились тенденции взаимосвязи пространств, развившиеся впоследствии в принципы переливающихся пространств, направленные на

создание условий для более активного общения людей, а также повышение выразительности среды. Наряду с этим расширился состав помещений, в который, как правило, входили зрительный зал с разлитой сценической частью, спортзал, выставочные залы, библиотека с читальным залом, кружковые комнаты, помещения для отдыха и др.

В просветительных учреждениях этого периода продолжала использоваться планировочная схема дореволюционных учебных заведений, имеющих коридорную систему с двухсторонним расположением аудиторий, как, например, в главном корпусе медицинского института (арх. М.К. Игламов, 1959 г.). Отсутствие твердых норм приводило иногда к чрезмерной протяженности коридоров и отсутствию их естественной освещенности. Но в некоторых зданиях высших учебных заведений Казани наблюдается одностороннее размещение аудиторий, как, например, в здании инженерно-строительного института (ул. Зеленая, 1, 1939 г., арх. А.Г. Бикчентаев), что позволило полностью осветить коридоры. В состав помещений были введены спортзал, столовая, конференц-зал, что не было присуще просветительным учреждениям предыдущего периода.

Таким образом, в этот период в Казани происходило постепенное совершенствование типов общественных зданий, направленное на более полное удовлетворение потребностей людей, складывается расширенный по сравнению с предыдущим периодом состав помещений.

Совершенствование типов общественных зданий Казани происходило в связи с общими тенденциями нашей страны. Характерным примером являются высшие учебные заведения, клубы и Дворцы культуры Казани. Весьма важным фактором можно считать всесоюзный конкурс 1935 года на строительство в Казани Дома культуры в ознаменование пятнадцатилетия Татарской республики. Типологические особенности Дома культуры, и прежде всего его полифункциональность, представляются интересным моментом в развитии общественных зданий. Этот Дом культуры явился как бы прототипом современных полифункциональных центров культуры.

Архитектурно-художественная жизнь Казани середины 1930-х-середины 1950-х годов

С середины 30-х годов культура Татарии переживает ощутимый подъем. Выросла национальная интеллигенция, вышедшая из рядов простых рабочих и крестьян, которым Советская власть дала возможность получить образование. Татарская художественная литература выдвинула новых писателей, поэтов, драматургов, среди них Г. Кугуй, А. Файзи, М. Джалиль, Ш. Камал. Татарская музыкальная молодежь получила образование в Московской консерватории. Ее выпускником, талантливым молодым композитором Н. Жигановым была написана первая татарская опера «Качкын», премьера которой прошла как народное торжество.

Во второй половине 1930-х годов в архитектурную деятельность Казани активно вступают молодые татарские архитекторы И.Г. Гайнутдинов, окончивший аспирантуру Академии архитектуры СССР, и в 1944 году успешно защитивший кандидатскую диссертацию; Р.М. Муртазин и А.Г. Бикчентаев – выпускники архитектурного факультета Ленинградского института инженеров коммунального строительства 1937-1938 гг. и др. Они ставят перед собой серьезные задачи: овладение архитектурным мастерством, решение проблем монументальной архитектуры, проблем архитектурного образа, проблем ансамбля и архитектурной выразительности и т.д.

Большую роль в консолидации творческих сил Казани сыграли решение ЦК ВКП(б) от 23 апреля 1932 г. «О перестройке литературно-художественных организаций» и организация в связи с этим Союза советских архитекторов СССР. В 1934 г. было организовано Татарское отделение ССА СССР, которое стало играть важную роль в архитектурно-художественной жизни Татарии.

Немалое значение в архитектурно-художественной жизни Казани этого периода имели конкурсы. Архивные материалы Татарского отделения ВСХВ СССР показывают, что значительное влияние на создание повышенного интереса к национальной культуре играли конкурс на проект павильона ТАССР на ВСХВ в Москве и работы, связанные с

подготовкой к декаде Татарского искусства в Москве. Проведению декады помешала Великая Отечественная война.

В военные годы вместе с эвакуированными предприятиями в Казань приезжает более тридцати архитекторов из Москвы и Ленинграда. В связи с этим архитектурно-художественная жизнь Казани становится наиболее активной. В эти годы в Казани работают такие известные советские архитекторы как В.Н. Симбирцев (впоследствии, лауреат Государственных премий 1950-1951 гг., Народный архитектор СССР), Л.И. Баталов (впоследствии, лауреат Государственной премии РСФСР 1973 г., Заслуженный архитектор РСФСР), Ю.С. Яралов (впоследствии, Народный архитектор СССР, доктор архитектуры), профессор М.М. Синявер и др. Они работают в основном над промышленными объектами, а также планировкой отдельных жилых районов Казани, активно участвуют в деятельности Татарского отделения СА СССР. В военный период в Казани стали часто проводиться конкурсы на проектирование жилища для строительства в условиях военного времени. Несмотря на экономические трудности, в конкурсах большое внимание уделяли образной стороне архитектуры и поиску национального своеобразия. Об этом свидетельствует протокол № 24 заседания Татарского отделения СА СССР от 7 октября 1941 года, посвященного конкурсу на проект жилого дома в «национальном стиле». Первую премию получил арх. Р.М. Муртазин. К сожалению, в военные годы происходит вынужденный отказ от строительства общественных зданий. В конце войны был объявлен конкурс на проект мемориального здания – памятника героям Великой Отечественной войны, который должен был быть поставлен в Казани. Первую премию получил неосуществленный проект московского архитектора Е.Е. Мерхельс и архитектора из Одессы М.Д. Липовецкой. Таким образом, в условиях военного времени архитекторы из разных городов плодотворно, в тесном содружестве, работали в Казани, что способствовало подъему профессионального мастерства казанских архитекторов (Лугвинёва (Закирова) Т.Р., Муртазин Р.М. Архитектура Казани в период Великой Отечественной войны // Архитектура и строительство Казани : Материалы научно-практической конференции. – Казань : ТатЦНТИ, 1977. – С. 40-44.).

Важным звеном в архитектурно-художественной жизни Казани этого периода являлись выставки, которые теперь проводились наиболее активно. В период с середины 1930-х до середины 1950-х годов было проведено несколько архитектурных выставок, они явились своего рода итогом творческих исканий на отдельных этапах деятельности архитекторов Казани и служили стимулом к дальнейшему их росту и движению. В 1935 г. в помещениях КИИКСа была проведена выставка проектов на первой конференции Татарского отделения СА СССР, отразившая переломный момент в творческой направленности архитектуры (Выставка проектов к I-й конференции Татарского отделения Союза Советских архитекторов: Каталог. – Казань : Полиграфшкола, 1935. – 12 с.). В 1942 г. в здании Драматического театра была проведена архитектурная выставка, посвященная 25-летию Великой Октябрьской Социалистической революции (Протокол № 16-18 заседания Татарского отделения СА СССР от 12 ноября 1942 г.). В 1944 г. в Москве состоялась выставка и творческий отчет Татарского отделения СА СССР за 10 лет с момента его организации (Протокол № 11 заседания Татарского отделения СА СССР от 2 августа 1944 г.). В 1954 г. в форме выставки был представлен творческий отчет архитекторов Казани за послевоенный период (Выставка работ архитекторов Татарии: Каталог. – Казань: Татполиграф Министерства культуры ТАССР, 1954. 28 с.). Кроме того, ежегодно устраивались выставки студенческих работ в Казанском институте инженеров коммунального строительства, и с 1937 г. по 1941 г. издавалась серия отчетных иллюстрированных сборников (Каталог выставки студенческих работ института инженеров коммунального строительства. – Казань: КНИИКС, 1937. 26 с.).

Если в первой половине 1930-х годов в связи с изменением творческой направленности и перестройкой творческих организаций ни художественные, ни архитектурные выставки не проводились, то с середины 1930-х годов художественные выставки устраиваются ежегодно и наиболее активно, по 3-4 выставки в год, в военные и послевоенные годы (Выставки советского изобразительного искусства. 1917-1932 гг.: Справочник. Т. I. – М.: Советский художник, 1965. 557 с.; Выставки советского

изобразительного искусства. 1933-1940 гг.: Справочник. Т.2. – М.: Советский художник, 1967. 582 с.; Выставки советского изобразительного искусства. 1941-1947 гг.: Справочник. Т.3. – М.: Советский художник, 1973. 544 с.; Выставки советского изобразительного искусства. 1948-1953 гг.: Справочник. Т. 4. – М.: Советский художник, 1975. 717 с.).

Конкурсы, выставки, подготовка к декаде Татарского искусства в Москве играли важную роль в формировании творческой направленности этого периода и последовательно отражали постепенный переход архитекторов к освоению архитектурного наследия.

Вместе с обращением к культурному наследию прошлого в связи с подъемом национального самосознания народов СССР, с ростом национальных кадров художественной интеллигенции в национальных республиках нашей страны возникает стремление к отражению национальных особенностей в искусстве, в том числе и в архитектуре, что способствовало возникновению новой тенденции в творческой направленности советских архитекторов. Основой творчества становится метод социалистического реализма, ориентированный на создание архитектуры национальной по форме и социалистической по содержанию. Этот процесс происходит и в Татарии.

Поиски национального своеобразия в архитектуре общественных зданий Казани

К середине 1930-х годов вопрос о происхождении казанских татар оставался мало изученным и спорным. Одни ученые поддерживали теорию золотоордынского происхождения казанских татар, другие – болгарскую гипотезу происхождения. Только к середине 1940-х гг. болгарская гипотеза была положена в основу выводов о татарском этногенезе (Халиков А.Х. Происхождение татар Поволжья и Приуралья – Казань: Таткнигоиздат, 1978. 160 с.). Постройки дороссийского периода в Казани не сохранились, поэтому поиски национального своеобразия архитектуры Казани 1930-х годов были скорее интуитивны и стихийны и не имели твердой научной базы. Так, например, во всесоюзном конкурсе 1935 года на проект Дома культуры в ознаменование пятидесятилетия Татарской республики проектировщики, стремившиеся отразить национальное своеобразие, взяли за основу национальных форм памятники древневосточного зодчества. В проекте под руководством академика И.А. Фомина центральный объем композиции Дома культуры напоминал мрачную гробницу древнего рабовладельческого Востока; в проекте, выполненном под руководством академика А.В. Щусева, заложена идея статического ступенчатого сооружения, так же присущего древней восточной архитектуре; в работе мастерской профессора М. Крюкова были использованы формы итальянской архитектуры XV века, умело сочетавшей в своих постройках мотивы Востока и Запада (уже упоминавшиеся ранее статьи Дульского П.М. и Попова В.П.).

В эти годы для зодчества Казани наиболее характерными становятся обращения к сочетанию форм русского классицизма с татарским монументально-прикладным искусством и национальным декором предшествующих эпох, а также использование архитектурных форм средневекового болгарского периода, которые казанские архитекторы, несмотря на слабую изученность наследия, все же считали истоком татарской архитектуры. И.Г. Гайнутдинов пишет в 1935 году: «Изучение архитектуры древних Болгар, как истока татарской архитектуры, имеет особое значение» (Гайнутдинов И.Г. К вопросу об архитектуре памятников Древнего Болгара // Труды Казанского института инженеров коммунального строительства. – Казань : Таткнигоиздат, 1935. Вып. II. – С. 117-118).

Использование форм древнеболгарской архитектуры и аналогичных им форм мусульманского Востока можно увидеть в архитектуре кинотеатра «Родина» (арх. П.С. Борисов, 1938 г.), кинотеатра «Саям» (арх. Р.М. Муртазин, 1950 г.), в которых авторы применяют либо стрельчатые ниши и имитацию порталных входов, либо традиционный орнаментальный декор и капители колонн, напоминающие капители восточных храмов.

В Летнем театре ЦПКиО им. Горького (арх. П.С. Борисов, 1938-1948 гг.), в здании «Татэнерго» на ул. Куйбышева (арх. И.А. Валеев, П.А. Саначин, Г.К. Солдатов, инж. О.И. Берн, 1949 г.) проявилась другая тенденция в поиске национального своеобразия – это

сочетание форм русского классицизма с традиционным татарским декором и формами местных памятников архитектуры средних веков.

Талантливо, в рамках трактовки национального своеобразия того времени, творчество татарского архитектора И.Г. Гайнутдинова. В конце войны и после ее окончания И.Г. Гайнутдиновым разрабатываются (неосуществленные) проекты: проект мавзолея татарскому поэту Г. Тукаю (1944 г.), проект величественной монументальной арки Победы для Казани (1945 г.) и проект монументального памятника для Казани (1944-1946 гг.) в честь победы советских войск в Великой Отечественной войне. В формах этих сооружений он использует, в одних случаях, мотивы средневекового болгарского зодчества, в других случаях – формы древнеегипетской архитектуры (что уже встречалось ранее в архитектуре памятника павшим воинам в г. Казани архитектора Н.Ф. Алферова, построенного в 1813-1823 гг.), отводя большую роль синтезу искусств с использованием традиционной майолики и керамики, которые органично вошли в художественную композицию памятников. Этим работам во многом способствовало диссертационное исследование И.Г. Гайнутдинова, которое было посвящено майолике и керамике (Гайнутдинов И.Г. Керамические материалы в архитектуре: Дисс ... канд. архитектуры. – М. : Академия архитектуры СССР, 1944. 144 с.).

В здании театра Оперы и Балета им. М. Джалиля И.Г. Гайнутдинов прибегает к сочетанию форм классицизма с татарским орнаментальным декором. В пояснительной записке к проекту театра Гайнутдинов пишет: «...архитектура нового театра в своей композиции построена на принципах классики, но с соответствующим введением в детали элементов татарского орнаментального декора, органичное и художественное единение которых, имеющее свою историю и народную традицию в зодчестве казанских татар, стало своего рода закономерным явлением». Таким образом, И.Г. Гайнутдинов считал сочетание формы классицизма с татарским декором закономерным и органичным для Казани решением, приемлемым и необходимым в данный момент.

И.Г. Гайнутдинов в поиске национального своеобразия современных построек обращался не только к излюбленным национальным формам и декору. Он глубоко изучил вопросы традиций в композиции татарских народных жилых построек и использовал их в своих сооружениях (Гайнутдинов И.Г. Национальные черты жилища казанских татар // Архитектурное наследие: Сборник статей. – М.: Издательство литературы по строительству, 1975. – Вып. 23. – С. 144-158). В архитектуре Выставочного павильона ТАССР в Москве (1939 г.) мастер обратился к композиционно-пространственному построению традиционной татарской усадьбы, где центром композиции является двор, в который раскрываются главное и второстепенные сооружения. И как следствие такой композиции усадьбы, всегда воспринимавшейся сквозь ограду и над оградой, более богатое решение фасадов, выходящих во двор, и фронтона, возвышающегося над оградой. Подобно принципам пластической проработки татарской усадьбы решено и пластическое построение павильона. Изысканно и насыщенно проработаны фасады павильона, обращенные во двор и хорошо просматриваемые через аркатуру входа, вызывающую ассоциации с оградой усадьбы. Более выразительно пластически завершается возвышающаяся над аркатурой венчающая часть основного объема павильона. В композиции плана, фасадов, фрагментов и деталей павильона зодчий применил принцип симметрии, как один из выразительных моментов народной традиции (используемый им и в других своих постройках (театр Оперы и Балета им. М. Джалиля, 1956 г., здание речного порта, 1962 г.). План павильона построен аналогично древним памятникам Булгар на пропорциональных элементах-квадратах и такого рода модулировку архитектурного сооружения можно считать для того времени (1939 г.) прогрессивным явлением в советской архитектуре, предпосылкой стандартизации строительных элементов. Формы выставочного павильона архаичны, но в его композиционном построении И.Г. Гайнутдинову удалось продолжить образ художественного мышления татарского народа, найти именно те черты, которые могут дать благодатную почву для поиска национального в современном зодчестве Татарской республики. В послевоенные годы, в связи с появившимися общими тенденциями украшения в архитектуре, павильон был реконструирован автором, и насыщен в еще

большей степени традиционным национальным декором, что привело к определенной утрате демократичности образа и его архаизации.

Интересное направление в поисках национального своеобразия архитектуры можно увидеть в неосуществленном проекте социалистического города в Дербышках (в 1940-е годы), где впервые пытаются теоретически осмыслить национальное наследие, найти те черты и традиции, которые могли бы отражать художественное мышление татарского народа и органично войти в прогрессивные приемы и формы современной архитектуры. Соцгород решался как единый ансамбль «в классическом ритме» с использованием татарских национальных мотивов. Руководитель проекта профессор М.М. Синявер так пишет о своей работе: «При решении объемных и пространственных образов города необходимо руководствоваться единым мотивом, приняв его как «ордер». «Ордер» должен являться стандартным элементом, он должен диктовать простоту решений всех соподчиненных элементов зданий». Профессор М.М. Синявер решил не замыкаться в рамках классического ордера, а создать новый ордер, новый мотив для архитектуры соцгорода, который бы отражал вкусы и традиции татарского народа. Профессор М.М. Синявер пишет: «Мотив этот мной усмотрен в аркаде, состоящей из пилонов, перекрытых треугольной перемычкой, которая принята за основу композиционного начала в решении зданий» [7, С. 16-18].

Наряду с мотивом «Татарского ордера», принятым за основу стиля социалистического города, применялись и другие национальные мотивы: стрельчатые ниши и наличники, татарский народный орнамент, резьба в камне, раскраска, исполненная в мозаике и цветном гипсе. Если прямое использование старых архитектурных форм и декора является архаичным моментом в архитектуре соцгорода, то попытка создать новый ордер, отображающий вкусы татарского народа и дающий возможность стандартизировать строительные элементы и детали, найти единый модуль, широко применить в будущем индустриальные методы строительства, являются положительными факторами татарской архитектуры. Эти проектные поиски, а также стремление использовать при этом традиционную резьбу в камне, мозаику, цветной гипс положили начало умелому сочетанию местных традиционных черт с прогрессивными приемами и формами современной архитектуры.

Необходимо отметить, что в зарубежной западной архитектуре этого периода были сильны интернациональные тенденции и обращение к местным традициям произойдет значительно позднее в 1970-1980-х гг. [8-10]. Архитекторы нашей страны значительно раньше поняли всю важность национальной образности в формировании духа патриотизма своего народа.

Заключение

Типология общественных зданий в Казани не отличалась от аналогичной типологии в других городах, но исследование показало, что в соотношении между типами зданий города приоритет был отдан учреждениям культуры и искусства, которые теперь в значительной степени формируют облик города и положили начало формированию единой системы культурно-бытового обслуживания.

Полифункциональность общественных зданий и принцип функциональной дифференциации помещений по зонам 1930-х годов нашли свое воплощение в современный период, а принцип обогащения пространства архитектуры 1940-х-первой половины 1950-х гг. также получил своё продолжение в принципах переливающихся пространств. Это способствовало появлению новых разнообразных планировочных структур с использованием приемов предшествующих этапов.

В данный период выделяются следующие этапы поиска национального своеобразия: довоенный (вторая половина 1930-х гг.), военный (первая половина 1940-х гг.), послевоенный (вторая половина 1940-х-первая половина 1950-х гг.). Для довоенного этапа характерен интуитивный подход в поиске национального своеобразия. На протяжении военного этапа начинается теоретическое осмысление национального культурного наследия. В послевоенное десятилетие отдается предпочтение украшательским декоративным тенденциям. На всех этапах наблюдалось прямое

перенесение форм прошлого в современную архитектуру, а также ориентация поисков национального на использование классицистических канонов, что, в целом, противоречило природе татарской архитектуры, и было привнесено в результате влияния русской культуры. Но, можно отметить, что наряду с негативными моментами, характерными для всей советской архитектуры тех лет, в архитектуре Казани был начат интересный поиск прогрессивных принципов татарской архитектуры, получивший в настоящее время развитие в архитектуре города.

Для архитектуры Казани в этот период имеет особое значение обращение архитекторов к национальным истокам, что способствовало возвращению в архитектуру города национальных традиций и формообразующих принципов, создающих неповторимое своеобразие облика города.

Список библиографических ссылок

1. Закирова Т. Р. Принципы размещения новых типов общественных зданий в архитектуре советской Казани в первые послереволюционные годы : сб. научных трудов международной конференции «Современные исследования основных направлений гуманитарных и естественных наук» / Казанский кооперативный институт, Казань, 2017. С. 95–99.
2. Надырова Х. Г. Градостроительное развитие средневековой Казани в контексте теории сложности городов. Казань : КГАСУ, 2012. 294 с.
3. Халитов Н. Х. Стили и формы Татарской архитектуры Казани 1920-х-начала 1960-х гг.: историко-архитектурное исследование. Казань : Татарское книжное издательство, 2016. 247 с.
4. Саначин С. П. Экскурс в архитектурную жизнь советской Казани: иллюстрированное повествование на стыке истории и градостроительства в 1918–1991 гг. Казань : Фолиант, 2014. 238 с.
5. Закирова Ю. А., Хуснутдинова С. Р., Дембич А. А. Полицентричность города Казань: Возможности и ограничения развития административных районов // Географический вестник (Экономическая, социальная и политическая география). 2018. № 2 (45). С. 62–71.
6. Дульский П. М., Попов В. П. Конкурс проектов Дома культуры в Казани. Труды Казанского института инженеров коммунального строительства. Вып. 2. Казань : Таткнигоиздат, 1935. С. 119–123.
7. Синявер М. М., Пути проектирования национального советского города Татарской АССР. Проектирование социалистического города при заводе. Издание 10. Казань : ГСПИ НКАП, 1945. С. 10–23.
8. Watkin David. A History of Western Architecture. Laurence King Publishing. London. 2015. 736 p.
9. Jacobus J. Philip Johnson: His work, his times. Progressive Architecture, 1984 February. P. 98.
10. Jencks Ch. Free-Style Classicism // Architecture Design. 1982. № 6. P. 34.

Zakirova Tatiana Rifgatovna

candidate of architecture, associate professor

Kazan State University of Architecture and Engineering

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

Asadullin Enver Zakievich

E-mail: env60@yandex.ru

candidate of technical sciences, associate professor

Kazan Cooperative Institute

The organization address: 420061, Russia, Kazan, Ershov st., 58

The development of types of public buildings in Kazan in the second half of the 1930^s-the first half of the 1950^s and the search for national identity

Abstract

Problem statement. The purpose of the article is to show the process of the formation of various types of public buildings in Kazan from the mid.-1930^s to the mid.-1950^s and to reveal a rather interesting search for national imagery in the architecture of the capital of Soviet Tataria during the very difficult period of the prewar, military and post-war years for the whole country.

Results During this period, due to the lack of uniform rules and regulations, the development of functional planning schemes for public buildings took place in Kazan. In higher educational institutions, the composition of the premises is more expanded compared to the previous period, providing a more convenient and functionally developed scheme of the educational process. In the Palaces and Cultural Houses of Kazan, there are new trends in the enrichment of space, aimed at achieving expressiveness of the environment and subsequently developed into the principles of iridescent spaces. In addition to improving the existing types of buildings in Kazan in 1935, an attempt is being made to create a new multifunctional type of institution – the City Culture Center.

The general tendency to search for the national identity of the republics of our country during the period under review, as well as the centuries-old appeal of Kazan architects to national sources and the appearance of the first architects and Tatars in the city, contributed to the development of national traditions in urban architecture. In accordance with the general thrust of Soviet architecture, in most cases, this was expressed in the mechanistic use of already existing traditional forms and decor. In Kazan, either these searches went along the path of creating a more or less organic alloy of the forms of Russian classicism with the national Tatar decor, or they used local architectural forms of past eras – the ancient Bolgars and similar forms of the Muslim East. At the same time, attempts are made to stylize and standardize forms of Bulgarian architecture; this could be used in the future industrialization of architectural forms. At the same time, they tried to use not only the architectural forms of the past but also the planning principles inherent in the Tatar national estate.

Conclusions. The significance of the results obtained for the architecture of Kazan was manifested in the fact that the new character of Soviet architecture was clearly manifested in the typology of public buildings of the city. This was expressed in the emergence in Kazan of new types of public buildings, contributing to the beginning of the implementation of the principles of socialism, the beginning of the formation of a unified system of cultural and public services intended for the whole people. Corresponding to the all-Union trends, the Tatar national traditions received a new understanding, which in the 1920^s-the first half of the 1930^s were barely noticeable, and in the second half of the 1930^s-the first half of the 1950^s they received their most widespread development, which is a useful example for the development of the modern architecture of Kazan.

Keywords: public buildings, national traditions, soviet architecture.

References

1. Zakirova T .R. Principles of placing new types of public buildings in the architecture of Soviet Kazan in the first post-revolutionary years : proceedings of the international conference «Modern Studies of the Main Directions of the Humanities and Natural Sciences» / Kazan Cooperative Institute, Kazan, 2017. P. 95–99.
2. Nadyrova Kh. G. Urban development of medieval Kazan in the context of the theory of the complexity of cities. Kazan : KGASU, 2012. 294 p.
3. Khalitov N. Kh. Styles and forms of the Tatar architecture of Kazan in the 1920^s-early 1960^s: a historical and architectural study. Kazan : Tatar book publishing house, 2016. 247 p.

4. Sanachin S. P. Tour of the architectural life of Soviet Kazan : Illustrated narrative at the junction of history and urban planning in 1918-1991. Kazan : Foliant, 2014. 238 p.
5. Zakirova Yu. A., Khusnutdinova S. R., Dembich A. A. The polycentricity of the city of Kazan: Opportunities and limitations of the development of administrative regions // *Geograficheskiy vestnik (Ekonomicheskaya, sotsial'naya i politicheskaya geografiya)*. 2018. № 2 (45). P. 62–71.
6. Dulsky P. M., Popov V. P. Project competition of the House of Culture in Kazan. Proceedings of the Kazan Institute of Public Utilities Engineers. Iss. 2. Kazan : Tatknigoizdat, 1935. P. 119–123.
7. Siniaver M. M. Ways of designing the national Soviet city of the Tatar ASSR. Design of the socialist city at the factory. Edition 10. Kazan : GSPI NKAP, 1945. P. 10–23.
8. Watkin David. A History of Western Architecture. London : Laurence King Publishing, 2015. 736 p.
9. Jacobus J. Philip Johnson: His work, his times. *Progressive Architecture*, 1984 February. P. 98.
10. Jencks Ch. Free-Style Classicism // *Architecture Design*. 1982. № 6. P. 34.

УДК 72.01

Мухитов Ринат Киямович

кандидат архитектуры, доцент

E-mail: mukhitov@list.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

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

Миннегулова Зайнап Наисовна

архитектор

E-mail: zainap95@mail.ru

ООО «Неолит-Дизайн»

Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, проспект Победы, д. 18а

«Музей Реки» – как новая форма сохранения этнического историко-культурного наследия

Аннотация

Постановка задачи. Основная задача данной статьи – раскрытие понятия «Музей Реки» и анализ существующих музеев мира, связанных с темой воды. В настоящее время подобных музеев уже множество, например, «Музей воды» (г. Штирум, Германия), Музей «Вселенная воды» (г. Санкт-Петербург, Россия), «Музей воды» (г. Нью-Йорк, США) и т.д. Они интересны и разнообразны по своей тематике, ориентированы на историю городского водопровода, авторы рассматривают этнографический аспект, который представляется актуальным на сегодняшний день.

Результаты. Основные результаты исследования состоят в раскрытии понятия «Музей Реки». Выявление музеев, связанных с темой воды, за рубежом и в России в содержании этнографии поселений. В статье выявляются этнографические деревни в структуре музея, музейного комплекса, как форма сохранения историко-культурного наследия народов. Анализируется современное состояние и структура музеев воды с выявлением отрицательных и положительных сторон.

Выводы. Значимость полученных результатов для архитектуры состоит в том, что «Музеи Реки» являются новой формой сохранения историко-культурного наследия народов. «Музей реки» представляет собой культурно-образовательное учреждение, объединяющее в себе несколько тематик, связанных с природными водоемами. Это музей под открытым небом, один из наиболее перспективных способов сохранения и изучения истории реки, а также презентация и популяризация памятников истории и культуры. «Музей Реки» не только показывает и знакомит с экспозицией и иллюстрациями, но и реализует возможность участия посетителей через интерактивные экспозиции.

Ключевые слова: музей воды, этнографические музеи, историко-культурное наследие.

Введение

Музей является центром сохранения культурного и исторического наследия и формирования культуры. Он служит местом хранения и передачи знаний и местом образовательной и рекреационной деятельности человека, связанным культурными, социальными и политическими процессами, происходящими в обществе. В последнее время их значимость, как транслятора определенных типов знания и образов, существенно увеличилась.

Экспозиции и выставки, создаваемые музеями, являются важным ресурсом для образования, воспитания, понимания традиционной культуры. Но в настоящий момент музеи сохраняют консервативный характер.

Музей любого профиля осуществляет отбор и хранение образцов культур, вывешивание экспонатов и передачу знаний на коммуникационном общении. Музеи не дают полного ознакомления с материалом, нет контакта и тактильной связи с экспонатами.

Музейные выставки включают в себя воплощение научных замыслов и идей сотрудников музея, способ коммуникации с посетителями на актуальные темы, и идеологические проекты. Интерактивные экспонаты также являются моделью выражения музейного знания.

В настоящее время музей начал выступать центром активной коммуникации. Музеи приобретают новые функции, становятся платформами для социального взаимодействия специалистов из разных научных областей, постепенно превращаются в пространство для экспериментов, нововведений и открытий. Следовательно, появляется потребность в современных формах организации музейного пространства. Больше внимания уделяется коммуникативной функции музея и его взаимодействию с разными аудиториями. Многие музеи вынуждены искать пути модернизации, для того чтобы увеличивать значимость музея среди его настоящих и будущих посетителей.

На сегодняшний день наиболее активно стали создаваться музеи воды, которые посвящены истории городского водопровода и водоснабжения. Они территориально располагаются в городах, в бывших зданиях и сооружениях, связанных с городским водопроводом.

Развитие тематики музея позволяет расширить культурную составляющую, так как они сегодня привлекают не только горожан, но и туристов в силу развития туристической инфраструктуры.

Формирование историко-архитектурных комплексов в загородной зоне на берегу рек неизбежно приводит к расширению музейных экспозиций. С этой целью естественным является выделение истории реки в отдельный музей.

Архитектура и планировочная структура зарубежных музеев «воды»

В зарубежных странах термин «посетитель» сегодня утрачивает значимость, в данном контексте применяется слово «клиент» [1], и этим подчеркивается тот факт, что современные музеи предоставляют продукт, обеспечивающий информационную, духовную эстетическую выгоду для человека.

В настоящее время, за рубежом, городские музеи воды обладают повышенной привлекательностью для туристов. К примеру, здание «Музей воды» в г. Лиссабоне в Португалии расположен в здании первой паровой насосной станции Барбадинош, построенном еще в 1880 году. Музей воды состоит из четырех тематических разделов – акведук 1746 года, Патриаршее водохранилище, водохранилище Амореираш и насосная станция. Среди огромного количества экспонатов музея есть паровые двигатели и насосы, и котлы XIX века. Некоторые приборы находятся в рабочем состоянии, и есть возможность посмотреть их в работе. В музее есть архив, где на обозрение посетителей выставлены документы и фотографии. Музей пользуется большой популярностью у местных жителей, а также завоевал признание и за пределами Португалии. В 1992 году при музее был создан выставочный зал, в котором проводятся временные художественные выставки и другие мероприятия культурно-социального характера [2].

По такому же принципу был построен «Музей воды» в Нидерландах. Это современный, интерактивный музей, посвященный всем аспектам, связанным с пресной водой, не только в Нидерландах, но и в мире. Музей находится в городе Арнеме. Пресная вода в мире становится все менее доступной. Поэтому в Музее воды убеждены, что каждый человек должен знать о проблемах, связанных с водой. Музей воды Нидерландов вносит свой вклад в расширение диапазона для посетителей интерактивным способом.

Музей состоит из 4 частей: лаборатория воды – акцент на обучение; водный мир – раскрывает историю воды; водный инновационный центр – знакомит с новыми технологиями, связанными с водой; кино воды – кинозал, где показывают документальные фильмы о воде [3].

«Музей воды» в г. Штурме в Германии (рис. 1) был обустроен в санированной водонапорной башне, в музее имеется смотровая площадка на высоте более 40 метров. Уникальным и особенным делает это место устройство лифта в резервуаре с 500 тоннами воды, в котором можно прокатиться.



Рис. 1. Музей воды, г. Штирум, Германия. Фотограф Михаил Аверкамп
(источник: <https://www.fotocommunity.de/photo>)

По своему размещению помимо городских музеев существуют и загородные, связанные с темой этнографии и экологии. Этнографические музеи отличаются своей масштабностью и тем, что они располагаются за пределами городов и поселков.

Загородный музейный комплекс «Биосфера» в г. Монреале в Канаде является природоведческим музеем, посвященным окружающей среде и водным ресурсам реки Святого Лаврентия. Тематика, оригинальна тем, что рассматривается и описывается природный водоем реки. Архитектура музея впечатляет. Внешняя «оболочка» музея представляет собой геодезический купол, высота которого 62 м, а диаметр – 76 м. Музей разместился на месте бывшего павильона США на Всемирной выставке «Экспо-67». Музейный комплекс расположен на холме с большим массивом деревьев. Вдоль комплекса протекает река. Природа вокруг комплекса активно участвует в экспозиции музея.

Этно-деревня «Музей Зердейзее» в Нидерландах уникальна разделением территории на три части: рыбацкая деревня, городской квартал и гавань. Все здания и судоходные строения, подлинны XIX века. В основу проектирования музея были положены фрагменты планов реальных городов и деревень этого региона.

Этнографическая деревня «Музей прибрежного рыболовства» (рис. 2) был открыт в поселке Баабе в Германии в 2001 году.



Рис. 2. «Музей прибрежного рыболовства» поселок Бааба Германия
(источник: <http://www.openarium.ru/poi>)

Жизнь местного населения издавна была связана с морем, с добычей и переработкой рыбы. По этой причине был создан данный музей. В музее собрана

большая коллекция старых лодок, разных по времени создания и по назначению. Их объединяет то, что все они были построены в Баабе [4]. Рыбацкие снасти: сети, ловушки, тралы – все это реальные орудия лова, отслужившие свой век. Здесь же находится машина для сортировки сельди, которая до сих пор является основным объектом рыбного промысла. На музейных стендах располагаются старые фото, исторические документы, изображения и описания промысловых пород рыб. В этом музее нет табличек «Не трогать руками», музей свободный для посещения и экспонаты являются тактильными.

В некоторых случаях существующие поселения, входящие в структуру этнографических деревень, могут превратиться в интересные музейные комплексы. Примерами таких музеев являются музей на воде на Охридском озере на полуострове Градиште в Македонии и Древний китайский город на воде в Китае т.д.

Есть ряд интересных по своему замыслу музеев, которые можно назвать условно нестандартными. Среди них «Музей европейских и средиземноморских цивилизаций» в Марселе. Архитектура музея состоит из двух параллелепипедов, вставленных один в другой. Ажурный внешний, отлитый из бетона, представляет собой защитную оболочку; внутренний – из стекла и бетонных колонн, и есть собственно музей с залами и прочими помещениями. Между внутренними и внешними объемами проложен пандус, начинающийся на первом этаже, плавно опоясывающий музей и выходящий на крышу. В коллекцию музея входит огромное количество различных экспонатов, рассказывающих о быте, истории и достижениях различных народов, обитавших (и обитающих) в Европе и на берегах Средиземного моря. Секции музея посвящены разным темам: религии, изобразительному искусству, истории гражданского общества, сельскому хозяйству и даже мореходству. Здесь нашли своё отражение все сферы жизни человека на протяжении веков: от позднего палеолита и вплоть до наших дней.

Существует плавающий музейный комплекс Amazon Jungle Palace (рис. 3), в Бразилии, который представляет собой объединение отеля и музея.



Рис. 3. Передвижной музейный комплекс Amazon Jungle Palace, Бразилия
(источник: <http://www.tourism.ru/2014>)

Комплекс передвигается по реке Амазонке, через самые красивые и памятные места, имеет причальную конструкцию, которая позволяет причаливать к берегу в любых местах. Это позволяет не только туристам, но и населению небольших городов и поселков, к которым он приплывает, так же пользоваться музейной экспозицией.

Существует небольшая группа музеев, расположенных под водой. К числу таких музеев можно отнести Музей «Atlantico Lanzarote» на Канарских островах и Музей под водой Карибского моря в Мексике. Основная экспозиция расположена под водой и представляет собой галерею скульптур из немасштабных человеческих фигур. Скульптуры под водой имеют свою композицию, они несут определенную мысль и идею в себе. Постановка элементов и размер скульптур привлекают туристов. Произведения

искусства выполнены из экологически чистых материалов и не причиняют ущерб экосистеме. Посетители Подводного музея могут увидеть экспозиции в специальной одежде с инструктором (дайвинг) или через прозрачное дно лодки.

Большое количество музеев, музейных комплексов, этнографических деревень, связанных с водой, можно разделить на несколько типов:

- 1) Городские музеи – это музей воды;
- 2) Этнографические музеи – это музейные комплексы, этнографические деревни, жилые поселения в составе этнографических деревень;
- 3) Нестандартные музеи – это подводные музеи, масштабные музейные комплексы: воды мира, передвижные музеи;

Архитектура и планировочная структура отечественных музеев «воды»

В России в последние годы также появился новый тип музея – «Музей Воды», который стал создаваться в крупных городах страны.

В городских музеях, связанных с темой воды, раскрываются все технические стороны «воды»: технология добывания воды, история и использование её. Экспозиции формируются из инструментов, оборудования, труб водопровода разных эпох и времен. Так же раскрывается история воды: время возникновения природных водоемов (озер, рек), выставляются исторические фотографии.

К числу таких музеев можно отнести выставочный павильон «Куб воды» – это первый объект, сданный в эксплуатацию, строящегося центра «Планета Океан».

Музей «Вселенная воды» в г. Санкт-Петербурге в России. Он состоит из 3-х частей:

1. «Мир воды Санкт-Петербурга» (историческая часть расположена в здании Водонапорной башни). Здесь представлена история водоснабжения в Санкт-Петербурге и история водопроводов у разных народов. Из числа экспонатов – инструменты, деревянные трубы, медные умывальники и гончарные рукомы, исторические фотографии и чертежи.

2. «Подземный мир Петербурга» (представлены мультимедийные экспозиции, расположенные в левой пристройке Водонапорной башни). Эта часть расположена под землей, она повторяет путь воды.

3. «Вселенная воды» (расположена в здании бывшего подземного резервуара воды основной водопроводной станции).

В музее рассказывается и раскрывается все о воде. Вода – как величайшая тайна, как лекарство, как разрушитель, как эталон, как музыка [5]. Музей «Вселенная воды» считается одним из самых новых и интересных музеев в Санкт-Петербурге. Его относят к современным интерактивным музеям и утверждают, что он нужный и познавательный для взрослых и детей.



Рис. 4. Музей реки Оби, г. Нефтеюганск, Ханты-Мансийский автономный округ
(источник: <http://geophoto.ru/?action=show&id=128447&view=medium>)

Помимо музея воды есть и пример музея реки. Музей реки Оби (рис. 4) является единственным в России и располагается в Тюменской области (Ханты-Мансийский

автономный округ) в городе Нефтеюганске. Музей реки Оби работает в форме некоммерческого учреждения со специализацией в области краеведения. Музей ведет, прежде всего, научную деятельность и решает задачи пополнения и систематизации фондов, проведения профильных исследований. Здесь изучаются все коллекции музейного комплекса. В выставочных залах работают постоянные выставки: «Югорское наследие», «Природа реки Оби», «История судоходства на Оби». Периодически организовываются фондовые сменные экспозиции.

По аналогии с зарубежными примерами существуют и этнографические музеи, как научные учреждения [6], осуществляющие сбор, сохранение, изучение и популяризацию коллекций, определяющих культуру, быт, уклад жизни, общественные взаимоотношения и общественный строй различных народов.

Этно-деревни разнообразны по своим функциям, специфике и целевому назначению. Можно отметить следующие цели создания этно-деревень: сохранение ценных, уникальных и типичных архитектурных сооружений, традиционных для данной местности; демонстрация планировочных и пространственно-организационных этнических традиций; демонстрация основных хозяйственных и промысловых особенностей этноса; проведение традиционных народных праздников; организация этнокультурного туризма [7].

Этнографический музей «Тальцы», расположенный между Иркутском и Листвянками. Этно-музей расположен на берегу реки, в нем раскрывается быт, культура, традиции народов этого края.

Этнографический парк «Музей реки Чусовой» (рис. 5). Музей под открытым небом расположен у подножия Арининой горы, на берегу реки Архиповки в России.



Рис. 5. Этнографический парк «Музей реки Чусовой»
(источник: https://otzovik.com/review_4483434.html)

Музей включает в себя жилые дома со всем убранством, хозяйственные блоки (мельница, сельская лавка, трактир, дом промысловика, пожарная каланча, кузница, гончарная мастерская), рабочие зоны. Особенность музея в том, что он интерактивный. На территории музея можно переночевать в настоящем деревенском домике.

Государственный историко-архитектурный и этнографический музей-заповедник в Кижях в России также располагается на берегу воды. Имеет большую популярность и является привлекательным для туристов.

Транспортная логистика является важным аспектом при рассмотрении этнографических музеев. Туристы могут добраться до музейных комплексов на личном автотранспорте, автобусом, речным транспортом и совсем новым – воздушным (вертолет). Если наземным и воздушным транспортом можно передвигаться круглый год, то речным – только в период навигации.

Основной поток посетителей приходится на весенне-летний туристический сезон. С наступлением осени и до весны поток туристов значительно снижается.

В последние годы в России появился нестандартный тип музея. Так, например, в 2018 году был организован первый передвижной музей (плавающий). В основе музея лежала выставка, посвященная проводимому в Казани Чемпионату мира по водным видам спорта. Экспозиция путешествовала по многим рекам России и Европы. С экспозицией «Солнце, воздух и вода» [8] жители и многочисленные отдыхающие могли ознакомиться непосредственно на берегу. Совместно с местным яхт-клубом и почетным членом плавания Италии – Антонио Лацци, была проведена интерактивная выставка советского времени, связанная с водными видами спорта. Также интерес публики к музею вызвал раздел, посвященный рыбалке и летнему отдыху на воде. Передвижная экспозиция стала новым форматом выставки в России.

К нестандартным типам музея в России можно отнести и «Музей под водой» в Крымском урочище Тарханкут. Подводный музей Тарханкута был образован 25 августа 1992 года. Необычный подводный музей со своей тематикой создал местный дайвер В. Боруменский. Все экспозиции подводного музея – это скульптуры деятелей власти и культуры: Ленина, Карла Маркса, Кирова, Зиновьева, Дзержинского, Сталина, Ворошилова, композитора Людвиг Ван Бетховена и других известных личностей. В подводном музее Тарханкута находится более пятидесяти экспонатов. Подводный музей в Крыму считается самым интересным, уникальным местом, но есть некоторые особенности посещения таких музеев. Туристы могут ознакомиться с подводным музеем в специальной одежде с инструктором или через прозрачное дно лодки.

Проектирование современных зданий музеев во многом определяет архитектурный образ [9]. Историческая и современная архитектура, трансформируясь, формирует новый смысл, форму и вид. Сложные формы разнообразных пространственных структур занимают в архитектуре современных музеев заметное место наряду с более простыми традиционными формами [10]. Увеличивая функциональное пространство, музей образует новый вид культурного центра. При модернизации современный музей должен не только сохранять свои основные функции, но и дополняться, быть интересным для разных категорий людей. В современном мире уникальность музеев становится определяющим фактором успеха.

Заключение

Проанализировав различные типы музеев можно сделать следующие выводы:

1. Музеи и музейные комплексы, связанные с темой воды, сегодня актуальны, поэтому имеют тенденцию к распространению, не только за рубежом, но и в России;
2. Большинство музеев построено по устаревшей типологической схеме, а музеи, функционирующие несколько лет, требуют усовершенствования, внедрения современных решений и оригинальности в архитектуре.
3. За рубежом музеи и музейные комплексы с современными интересными решениями – одни из самых популярных и востребованных объектов культуры.
4. Музей реки предлагается авторами как новый тип музея для России, который может быть потенциально интересным в загородной зоне существующих ландшафтных или историко-архитектурных комплексов.
5. Музей реки – может объединить несколько функциональных блоков:
 - в составе существующего историко-культурного заповедника;
 - в составе этно-деревни;
 - в составе туристического комплекса;
 - в составе самостоятельной передвижной системы.

На основе всех материалов можно сформулировать концепцию многофункционального современного комплекса, который даст возможность приспособить его к любой исторической местности с поселением непосредственно вблизи реки.

Список библиографических ссылок

1. Потюкова Е. В., Козиев В. Н. Музей и общество. СПб. : Алетейя, 2015. 240 с.

2. Зарубежный опыт использования прибрежных территорий // elima.ru : ежедн. интернет-изд. 2016. URL: <http://elima.ru/articles> (дата обращения: 14.11.2019).
3. Zhangjiagang Town River Reconstruction // archdaily.com : ежедн. интернет-изд. 2018. URL: <http://www.archdaily.com/563128> (дата обращения: 13.10.2019).
4. Monchgut Coastal Fishing Museum, Ruge // openarium.ru : ежедн. интернет-изд. 2016. URL: <http://www.openarium.ru/poi> (дата обращения: 14.12.2018).
5. Корякин О. О чем расскажет старая Волга. На острове Свяяжске появится уникальный Музей старой Волги // Российская газета недели. 2018. № 228 (7691). С. 23.
6. Нефёдов В. А. Ландшафтный дизайн и устойчивость среды. М. : Полиграфист, 2002. 295 с.
7. Айдарова Г. Н., Минязова А. Б. Архитектурная среда экопоселений как пример устойчивого развития : Архитектурное наследие: традиции и инновации – Материалы IX Всероссийской научно-практической конференции / СГТУ. Саратов, 2018. С. 106–111.
8. Казанская выставка «Солнце, воздух и вода» // muzeisb.ru : интернет-изд. 2018. URL: <http://muzeisb.ru> (дата обращения: 05.05.2019).
9. Федотова Н. Ю. Современные тенденции и музейной модернизации // Art & Cult. 2014. № 2227 (6165). С. 49.
10. Peshkova U. Museum of Civilizations of Europe and the Mediterranean in Marseille // AD. 2018. № 330 (832). С. 31.

Mukhitov Rinat Kiyamovich

candidate of architecture, associate professor

E-mail: mukhitov@list.ru

Kazan State University of Architecture and Engineering

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

Minnegulova Zainap Naisovna

architect

E-mail: zainap95@mail.ru

LLC «Neolit-Design»

The organization address: 420140, Russia, Kazan, prospect Pobedy, 19a

**«The River Museum» as a new form of preservation
of the historical and cultural heritage of peoples****Abstract**

Problem statement. In this article, the main task is to reveal the concept of the «Museum of the River», to consider and analyze the existing museums of the world related to the theme of water. Currently, there are many similar water museums: «The Water Museum», Styrum, Germany, «The Universe of Water» Museum, St. Petersburg, Russia, «The Water Museum», New York, USA, etc. They are interesting and diverse in their subjects, oriented to the history of the city water supply, but we are interested in the ethnographic aspect, which today seems to be relevant.

Results. The main results of the study lie in the disclosure of the concept of «The River Museum». Identification of museums related to the theme of water abroad and in Russia in the content of ethnography of settlements. The article identifies ethnographic villages in the structure of the museum, the museum complex, as a form of preservation of the historical and cultural heritage of peoples. The current state and structure of water museums are analyzed with the identification of negative and positive sides.

Conclusions. The Museum of the river is a cultural and educational institution, combining several topics related to natural reservoirs. This is an open-air museum as one of the most promising ways to preserve, study the history of the river, as well as the presentation and popularization of historical and cultural monuments, at the same time not only shows, lets in, but also converts the opportunity for visitors to participate through interactive expositions. The

goal of the study is to uncover the role of «The River Museum» for society, as a new form of preservation of the historical and cultural heritage of peoples.

Keywords: the water museum, ethnographic museums, historical and cultural heritage.

References

1. Potyukova E. V., Koziyev V. N. Museum and society. SPb. : Aleteia, 2015. 240 p.
2. Foreign experience in the use of coastal territories // elima.ru : daily internet publishing. 2016. URL: <http://elima.ru/articles> (reference date: 14.11.2019).
3. Zhangjiagang Town River Reconstruction // archdaily.com : daily internet publishing. 2018. URL: <http://www.archdaily.com/563128> (reference date: 13.10.2019).
4. Monchgut Coastal Fishing Museum, Ruge // openarium.ru : daily internet publishing. 2016. URL: <http://www.openarium.ru/poi> (reference date: 14.12.2018).
5. Koryakin O. What will the old Volga tell? A unique Museum of the old Volga will appear on the island of Sviyazhsk // Rossiyskaya gazeta nedeli. 2018. № 228 (7691). P. 23.
6. Nefyodov V. A. Landscape design and environmental sustainability. M. : Polygraphist, 2002. 295 p.
7. Aidarova G. N., Minayazova A. B. The architectural environment of eco-settlements as an example of sustainable development : Architectural heritage: tradition and innovation – Materials of the IX All-Russian Scientific and Practical Conference / SGTY. Saratov, 2018. P. 106–111.
8. Kazan exhibition «The sun, air and water» // muzeisb.ru : internet edition. 2018. URL: <http://muzeisb.ru> (reference date: 05.05.2019).
9. Fedotova N. Yu. Modern trends and museum modernization // Art & Cult. 2014. № 2227 (6165). P. 49.
10. Peshkova U. Museum of Civilizations of Europe and the Mediterranean in Marseille // AD. 2018. № 330 (832). P. 31.

УДК 72.05

Тихова Юлия Леонидовна

ассистент

E-mail: yulyaodintsova@mail.ru

Казанский федеральный университет

Адрес организации: 420008, Россия, г. Казань, ул. Кремлёвская, д. 18

Кулеева Ляйля Муратовна

кандидат архитектуры, профессор

E-mail: la_mur@rambler.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

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

Построение системы классификаций открытых архитектурных пространств

Аннотация

Постановка задачи. Цель исследования – построение классификаций открытых пространств, позволяющей проанализировать их в историческом аспекте, а также удовлетворяющей современным тенденциям устойчивого проектирования.

Результаты. Для построения классификации открытых пространств были проанализированы ведущие отечественные и зарубежные исследования, посвящённые данному вопросу. Затем, на основе данного анализа, а также существующей и исторической градостроительной ситуации, предложена авторская классификация открытых пространств в архитектурной среде. Подчеркивается, что текущие модели построены для индустриального строительства и не могут быть применены к анализу открытых пространств с позиции устойчивости. Устойчивый способ проектирования является не только современной тенденцией в архитектурной практике, но и рассматривается как метод решения многих профессиональных проблем. Именно поэтому появилась необходимость построения новой классификации, которая предложит новое решение существующей проблемы на основе анализа масштаба, типа, функции и формы.

Выводы. Значимость полученных результатов для архитектуры заключается в обосновании новых квалификационных признаков для решения практических задач архитектурного проектирования.

Ключевые слова: открытые пространства, архитектурная среда, устойчивая архитектурная среда, зеленая среда, экологичная архитектурная среда.

Введение

Открытые пространства являются важнейшими объектами культурной, политической и экономической жизни от ранних цивилизаций до наших дней. Построение типологии, которая основывалась бы на трансдисциплинарном подходе, удовлетворяет 2 требованиям: подходит для изучения эволюции открытых пространств, т.е. актуальна для всей городской истории, а также – для построения на ее основе матрицы, анализирующей принципы функционирования открытых пространств.

Междисциплинарное понимание истории архитектурной среды может дать ценные взгляды на современные города. Анализ конфигурации, использования и социального значения открытых пространств уравнивает переоценку зданий в городских исследованиях, хотя зачастую архитектура и открытое пространство разрабатываются и используются совместно, например, когда торговцы или домашние ремесленники используют уличное пространство, примыкающее к зданиям. Однако в рамках данного исследования подчеркиваются различия между открытым и общественным пространством. Общественное пространство включает в себя закрытые институциональные пространства, которые не являются предметом рассмотрения в рамках открытого пространства. Так же открытое пространство включает в себя частное открытое пространство, которое требует других норм проектирования.

Анализ существующих систем классификации архитектурных пространств

Первые попытки сформулировать типологии открытого пространства в современных городских исследованиях были сосредоточены на морфологии и археологическом подходе [1, 2]. Основы классификации городских площадей разработаны в фундаментальном труде Ситте [3] и расширены в рамках работы Цукера. В последней работе выделяется пять типов: закрытые, доминирующие, ядерные, сгруппированные и аморфные. Криер [4] сгруппировал все городские открытые пространства по двум типам – улица и площадь – и сопоставил их с основными геометрическими формами. После этого возникли другие строго функциональные подходы, такие как определение Карром [5], 11 функциональных типов городского пространства и пять категорий городских площадей Гея и Гемзо. Данные теории ознаменовали начало формирования изучения открытого пространства с позиции теории архитектуры и оказали сильнейшее влияние на последующие классификации.

Ю. Йанг, Ф. Чжан и Б. Ши вводят свою систему открытого пространства в городских центрах, основываясь на функциональных характеристиках. Они выделяют три типа: открытое пространство для отдыха, для торговли и для транспорта [6].

Открытое пространство для отдыха (Green Space) они приравнивают к зеленому пространству в рамках ткани города. Являясь незаменимой ландшафтной структурой, ткань города может не только украшать ландшафт, очищать воздух, улучшать местный микроклимат, предотвращать шумовое загрязнение и стихийные бедствия, но также предоставлять помещения и места для отдыха, развлечений и общения пешеходам. Зеленые пространства в основном включают парки зеленых насаждений, площади зеленых насаждений, зеленые пояса на набережной и водные поверхности, которые отличаются от общих зеленых насаждений.

Открытое пространство для торговли в городских центрах – это наружные коммерческие услуги, культурные и развлекательные объекты, которые встраиваются в пешеходное движение. Открытое пространство для торговли включает в себя коммерческие пешеходные улицы (районы), торговые площади и торговые односторонние улицы. Коммерческая пешеходная улица представляет собой комплекс открытого пространства, ориентированный на пешеходное движение, ограничивающий транспортировку автомобилей и велосипедов. Он состоит из группы предприятий розничной торговли в качестве основных объектов, группы предприятий общественного питания в качестве вспомогательных объектов и культурно-развлекательных учреждений в качестве связанных объектов. Торговая площадь выполняет основные функции коммерческих развлечений, расположена вблизи основных городских доминант. Коммерческая улица с односторонним движением представляет собой линейную прогулочную площадку для коммерческих и развлекательных мероприятий, образованную односторонним поворотом дороги, сохраняющей функцию движения транспортного средства.

Открытое пространство, обусловленное транспортной функцией, основано на необходимости организации дорожного движения, дополненное необходимостью включения в данный процесс экологической оценки и близлежащего ландшафта. В него включаются станции, зеленые островки и зеленая зона изоляции движения. На привокзальной площади, расположенной вокруг железнодорожного вокзала, предусмотрены такие функции как остановка, пересадка и развлечение для крупномасштабного распределения толпы. В основном это решает проблему распределения трафика и связи с городскими центрами, используя трехмерный режим движения для быстрого переключения, такого как подземные переходы и эстакады. Зеленая островная площадь – это зеленый островок безопасности, созданный при пересечении нескольких основных дорог для обеспечения безопасности дорожного движения.

Туним Ф. Ли и Лян Чжао в справочнике по устойчивой жилой застройке вывели типологию открытого пространства в архитектурной среде, основываясь на масштабе. По масштабам открытые пространства делятся на городское общественное открытое пространство, общественное открытое пространство, полуприватное открытое пространство и личное открытое пространство. Городское общественное пространство они определили как пространство, занимающее территорию площадью в 70-100 м. Основными критериями, влияющими на выделение открытого пространства в качестве общественного,

являются плотность окружающей среды и возможная прибыль, получаемая от создания пространств данного типа. Относительно полу частных открытых пространств подчёркивается необходимость близости к существующим зданиям и соразмерность с ними (открытое пространство не должно превышать площадь 1 строения).

Хотя многие теоретики предлагают причинно-следственные связи между открытым пространством и социально-политическими результатами, такие дисциплины как городское планирование, архитектура и археология часто ограничивают анализ формой и функцией городского пространства – более простую перспективу, которую мы принимаем для согласования крайних временных и пространственных масштабов [7, 8]. Например, Al-Hagla [9] классифицирует открытое пространство по физической форме, определяя «зеленое пространство» и «серое пространство». Под зеленым пространством он понимает подмножество открытого пространства, состоящее из любой растительности, земли, воды или геологических особенностей в городских районах. Под серым (иногда называемым «гражданским») пространством: подмножество открытого пространства, состоящее из городских площадей, торговых площадок или других мощенных, или мало озелененных районов с гражданской функцией.

В книге «Лица Урбанизированных пространств» Беверли А. Сандалак и Франциско Г. Аланиз Урибе [10] вывели классификацию исходя из эстетических и функциональных особенностей. Улицы он понимает, как пространство, на котором осуществляется движение транспорта и пешеходов. Он воспринимает их как важнейшим компонентом общественной городской жизни, отражающей дух городов. В коммерческих улицах подчеркивается важность учета экстерьера зданий, находящихся на ней. Подчеркивается необходимость соблюдения человеческого масштаба, защита от солнца и ветра. Они являются наиболее интенсивным типом городской среды.

В коммерческих улицах подчеркивается важность учета экстерьера зданий, находящихся на ней. Подчеркивается необходимость соблюдения человеческого масштаба, защита от солнца и ветра. Они являются наиболее интенсивным типом городской среды. Критерии успеха жилых улиц отличаются от критериев успеха для коммерческих. Здесь так же подчеркивается важность рассмотрения озеленения и взаимодействия дорожного движения и зон отдыха. Гражданские улицы рассмотрены в его работе недостаточно подробно. Так же указывается на необходимость разграничения людей от движения транспорта. Однако не даётся определение гражданских улиц, не определены их границы и особенности.

Площадь Беверли А. Сандалак и Франциско Г. Аланиз Урибе рассматривают как земельный участок, связанный с соседним зданием (например, с церковной площадью, площадью здания суда или коллегиальной площади), либо как отдельный земельный участок. Подобно улицам, проектирование площадей обуславливается характером и формой застроенного края, который состоит из общественных и частных компонентов, обычно зданий, которые определяют и формулируют общественное пространство. В работе не раскрываются подробности и характеристики каждого из структурных подвидов площадей. Этот же недостаток мы видим и в дальнейшем. В парковую зону включены официально зарегистрированные парки, а, так же, неформальные зоны отдыха, зеленые зоны в жилых помещениях и твердые поверхности, предназначенные для пешеходов.

Линейная система представляет собой связь основных транспортных узлов. Под спортивно-оздоровительным комплексом понимаются места, которые предназначены для активного спорта и отдыха. Отдельное рассмотрение отдается природным территориям. Подчеркивается ценность данных территорий в качестве катализатора экологических и социальных проблем.

В рамках проекта GreenSurge авторы [11] приводят определения и подробно разбирают каждый из элементов зеленых пространств. Разбор представляется нам достаточно полным, однако в нем учитывается только экологическая составляющая. Не показываются взаимосвязи присущие данным категориям.

В разрезе отечественной науки хочется отдельно подчеркнуть работы В.Т. Шимко [12] и А.В. Крашениникова [13]. Основу типологизации они видят в функциональной обусловленности пространств. При таком рассмотрении невозможно учесть социальные факторы, влияние данных пространств на экологию. Не принимается во внимание тот

фактор, что пространства, сопутствующие архитектурным сооружениям, при устойчивом проектировании, так же могут улучшить окружающую среду и, что, на данный момент, мы наблюдаем тенденцию к созданию многофункционального пространства, которое будет удовлетворять несколько функций. Существуют и новые подходы к типологизации общественных пространств. Так по отношению к социополитическим факторам инновационными являются работы Баталиной Т.С. и Паченкова О., Михайлова С.М., Крашенникова А.В., Дрибос Я.Д. [14-16].

Обзор исторических и современных классификаций открытого пространства в архитектурной среде показал, что ни одна из них не подходит для решения задачи рассмотрения эволюции древних и современных открытых пространств с позиции устойчивости.

Устойчивый подход к проектированию архитектурной среды

Решение глобальных проблем, обострившихся в 21 веке, требует незамедлительного вмешательства. Данные проблемы возникли не стихийно, они являются следствием долгосрочного нерационального использования ресурсов, возникшего в средневековье, с развитием наук и обострившегося в процессе индустриальной революции. Архитектурная среда имеет здесь ведущее значение, т.к., согласно статистике, на строительную отрасль приходится 30 % всех вредных выбросов в окружающую среду. Построение здоровой архитектурной среды невозможно без учета открытых пространств, окружающих нас повсеместно, и выполняющих важнейшие функции для социальной, экономической и экологической сфер. Решение было найдено через построение открытых пространств в архитектурной среде, удовлетворяющих принципам устойчивого проектирования.

Устойчивое проектирование является чрезвычайно актуальным направлением исследований. Однако, в разрезе открытых пространств, на данный момент, отсутствуют классификации, не сформирована теоретическая база, определяющая данный подход применительно к открытым пространствам. В связи с этим необходимо разработать собственный теоретический аппарат, на основе которого, в дальнейшем, можно будет рассмотреть принципы построения устойчивого подхода к проектированию открытых пространств и построить контрольный список параметров, предназначенный для каждого из них. Согласно авторскому видению устойчивый подход к проектированию открытых пространств – подразумевает собой такую проектную деятельность, в которой, при использовании возобновляемых материалов, прочной конструкции, соблюдая принцип защиты будущих поколений, создается элемент градостроительной системы, расположенный между зданиями, или являющееся его частью, работающий как соединение окружающей среды, подверженное прямым климатическим воздействиям, в котором часть реальных ограждений заменены условными.

Построение авторской классификации открытых пространств

В рамках данной работы все типы существующих открытых пространств были структурированы исходя из нескольких признаков (табл.). Первым уровнем был выдвинут масштаб. В рамках масштаба были выделены следующие группы: микроуровень, мезоуровень, макроуровень и гиперуровень.

Под микроуровнем была выделена среда, обладающая личными предпочтениями, а также среда, на которой люди имеют возможность непосредственно взаимодействовать, идентифицируя всех участников (различать лица людей можно на расстоянии не более 20 м).

Под мезоуровнем понимаются открытые пространства, имеющие районное значение. Обычно они ограничены размером в 1 гектар. Представляют собой единую концепцию. На данных территориях осуществляется более активная коммуникация, нежели на микроуровне, они выходят из границ личных пространств.

Макроуровень следует рассматривать как общественное пространство, служащее центром притяжения для всего города. Оно является доминантой в городской ткани, вокруг которой формируется вся общественная жизнь. Часто такие пространства имеют размытые границы и в плане не имеют правильных геометрических очертаний, что обусловлено как многофункциональностью данных пространств, так и необходимостью приспособления к

ландшафту. Состоят они из более мелких мезопространств, следовательно, при их проектировании необходимо рассматривать как правила проектирования более мелких единиц (например, детских площадок и остановок) так и принципы объединения данных пространств в единый архитектурный ансамбль. Сложно говорить про размерность ввиду ещё одного фактора. Некоторые открытые пространства удовлетворяют по величине, но не являются многофункциональными (например, открытые зоны для организации сельского хозяйства), они также имеют значение в рамках определенного района, поэтому их в данной классификации следует учесть в мезопространствах.

Таблица

Классификация открытых пространств

По типу	По масштабу			
	микроуровень	мезоуровень	макроуровень	гиперуровень
Прибрежные территории	Спуски к воде, частные пляжи	Пляжи, имеющие значение в рамках одного района, яхтклубы	Набережные, крупные общественные пляжи в курортных зонах, порты	Прибрежные города
Обеспечение транзитных потоков	Перекрестки, парклеты, остановки автобуса и трамвая, зеленые островки, пешеходные дороги	Тропы, аллеи, стоянки, дороги открытые станции метро	Ж/д станции; порты; аэропорты; мосты	Связь и разграничение в рамках транзитных потоков
Пространства, способствующие самостоятельным объемным сооружениям	Вход в дом (общественный и частный), зеленые коридоры	Пространство улиц	Центральные бульвары	Плотно урбанизированные городские ядра
Спортивно-оздоровительный комплекс на открытом воздухе	детские игровые площадки, спортивные площадки, бассейны	Поля для гольфа, скейтборд парки, школьные площадки; Университетские площади; Зоны санаториев	Стадионы, университетские городки	Пространства в разрезе всего городского планирования, помогающие повысить благосостояние, через устойчивую среду, ориентированную на распространение здорового образа
Социально-событийное общественное открытое пространство	Дворы, торговые точки под открытым небом	Площади, имеющие районное значение, рынок	Большие носящие официальный статус площади, крупные рынки	Организация социальной жизни общества в рамках взаимодействия открытых пространств
Зеленые зоны	Карманный парк, частные парки	Кладбища, скверы, дворцовые комплексы	Центральные парки	Зеленый каркас города
Области производства продуктов питания	Частные сады, дачные участки, малые садоводчества	Пастбища, посевные площади, товарищества	Фруктовые сады, сельскохозяйственные угодья	Обеспечение продуктов питания в рамках градостроительства

В рамках гиперуровня, охватывается пространство всей территориальной единицы (уровень генплана).

Следующим этапом в рамках сформированных групп были определены более детальные типы открытых пространств архитектурной среды. Разработка типологии

открытого пространства может обеспечить способ анализа существующих форм и стимулирует к появлению новых пространств.

Так же он необходим, в связи с недостатком исследований открытых пространств в рамках исторического аспекта. Типологизацию можно сравнивать с процессом выделения принципов, которые различны по своему внешнему виду, но имеющие общие характеристики. Основными критериями, руководящими выделением различных типов, тогда становятся не только функция, но и эстетика, и пространственный контекст. Таким образом, он не замыкается на рассмотрении одних функциональных особенностей открытых пространств. В рамках данного исследования подчёркивается, что открытые пространства, также как и закрытые не могут рассматриваться обособлено, а представляют собой сложную многогранную взаимосвязь.

Таким образом, функция может рассматриваться лишь как следующий уровень конкретизации типов.

Типология, предложенная авторами, выделяет семь основных типов открытого пространства: прибрежные территории, открытые пространства, обеспечивающие транзитные потоки (или так называемые, линейные структуры), пространства, которые способствуют самостоятельным объемным сооружениям, спортивно-оздоровительный комплекс на открытом воздухе, социально-событийное общественное открытое пространство, зеленые зоны, области производства продуктов питания. В рамках данного уровня классификации основной является взаимосвязь между формой и функцией. Такое многогранное построение необходимо для объединения исторического опыта (по функции) и современного (по форме и функции). Анализируя пространственный масштаб, следует отметить многогранность некоторых пространств. Например, большие по территории дворцовые резиденции нельзя рассматривать на макроуровне, так как основной идеей их функционирования и создания было обслуживание одной семьи. Однако их также нельзя рассматривать как микроуровень, т.к. в них функционируют различные типы микропространств, что позволяет отнести их к мезоуровню.

Первым рассматриваемым типом является прибрежная территория. Под прибрежными территориями будем понимать открытые архитектурные пространства, расположенные вдоль реки, озера, моря, океана или пограничную полосу, занимающую территорию между ними и характеризующуюся их непосредственным влиянием.

Обеспечение транзитных потоков представляет собой линейную систему, а также пространства, помогающие правильно функционировать данной системе, осуществляющие взаимосвязь движения в пространстве архитектурной среды.

Пространства, которые способствуют самостоятельным объемным сооружениям, подразумевают под собой открытые пространства при зданиях, или часть открытого пространства архитектурного объекта, находящуюся под прямым климатическим воздействием. Здесь необходимо рассматривать как частные, так и общественные пространства.

Спортивно-оздоровительный комплекс на открытом воздухе – открытое пространство, предназначенное для активного спорта и выполняющее рекреационную и оздоровительную функцию (улучшение физического и психологического здоровья сообщества).

Социально-событийное общественное открытое пространство определяется как многоцелевое общественное пространство, служащее для организации социальной, политической и экономической жизни, обрамлённое зданиями целиком или частично.

Зеленые пространства в архитектурной среде определяется как благоустроенные пространства, с большим процентом озеленения, предназначенные для выполнения рекреационных, общественных и эстетических функций. Зеленые зоны начинают формироваться только с появлением городов. Климатические особенности пустынь и полупустынь обусловили необходимость изобретения ирригационной системы. Не смотря на то, что они отличались на разных территориях, во всех данных странах это обусловило создание крупных восточных деспотий, необходимых для выживания.

Области производства продуктов питания – зеленые пространства, главной целью которых является обеспечение продуктовой безопасности. Данная категория имеет много

общего с предыдущей зеленой зоной, тем не менее, требуют отдельной категории различные функции данных пространств.

Заключение

Как было рассмотрено в основной части данной работы, открытые пространства предлагают множество экономических, социальных и экологических перспектив.

В рамках данного исследования была построена матрица, структурирующая основные, существующие на данный момент, типы открытых пространств. Авторы подчеркивают, что данное многогранное рассмотрение необходимо в виду различий, связанных как с масштабом, видимостью, социальными взаимосвязями, так и с функцией, и с эстетической составляющей различных открытых пространств. На данный момент в теории архитектуры существует большая проблема нехватки исследований открытых пространств, не разработан теоретический аппарат, классификации, инструменты измерения качественных, современных и устойчивых открытых пространств. В данной работе на основе широкого пространственного сравнения представлен исследовательский потенциал устойчивых открытых пространств, который, безусловно, поможет решить многие глобальные проблемы.

Список библиографических ссылок

1. Лавров Л. П., Краснопольский А. Ф., Молоткова Е. Г. Введение в типологию внутриквартальных открытых пространств исторического центра Санкт-Петербурга // Вестник гражданских инженеров. 2018. № 5 (70). С. 14–25.
2. Cavanagh W. Urbanism in the Aegean bronze age // Sheffield Studies in Aegean Archaeology. Vol. 4. Sheffield, UK: Sheffield Academic Press. 2002. P. 119–134.
3. Sitte C. City Planning According to Artistic Principles // London, UK : Phaidon. 1889. P. 91–104.
4. Krier R. Urban Space. NY : Rizzoli. 1979. 168 p.
5. Carr S., Francis M., Rivlin L. G., and Stone, A. M., Public Space. Cambridge, UK : Cambridge University Press. 1992. 420 p.
6. Junyan Yang, Fangyuan Zhang, Beixiang Shi Analysis of Open Space Types in Urban Centers Based on Functional Features // Proceedings of a meeting held 14-16 December 2018. Wuhan. 7 p.
7. Hyun-ah Kwon, Soomi Kim. Urban Sustainability through Public Architecture // Lisbon University: Sustainability. 2018. № 10 (4). 21 p.
8. Bovill C. Sustainability in Architecture and Urban Design; Routledge Tayer & Francis Group : Abingdon, UK, 2015. P. 199–216.
9. Al-Hagla. Towards a Sustainable Neighborhood: The Role of Open Spaces // Archnet-IJAR, International Journal of Architectural Research. Vol. 2. Iss. 2. July 2008. P. 162–177.
10. Beverly A. Sandalack, Francisco G. Alaniz Uribe. The faces of urban / part of book: Open space typology as a framework for design of the public realm. University Calgary. 41 p.
11. Laforteza A., Santos M., Strohbach K., Vierikko Š., Železnikar. A typology of urban green spaces, ecosystem services provisioning services and demands / part of the EU FP7 (ENV.2013.6.2-5-603567) GREEN SURGE project (2013-2017). May 13th. 2015. 68 p.
12. Гаврилина А. А., Шимко В. Т. Типологические основы художественного проектирования архитектурной среды. М. : Архитектура-С, 2004. 104 с.
13. Крашенинников А.В. Топология и структура городской среды : сб. тр. Наука, образование и экспериментальное проектирование – Материалы международной научно-практической конференции / МАРХИ. Москва, 4-8 апреля 2016. С. 300–304.
14. Михайлов С. М., Михайлова А. С., Карамова Л. З. Дизайн города: модель исторического развития (индустриальный период) : сб. ст. Актуальные проблемы дизайна и дизайн-образования – материалы III Междунар. науч.-практ. конф. / БГУ. Минск, 2019. С. 182–187.

15. Дрибос Я. Д., Енин А. Е. Открытые общественные пространства города // Студент и наука. 2018. № 2. С. 54–61.
16. Воронина А. В. Определение и классификация малоэффективных открытых городских пространств // Приволжский научный журнал. 2011. № 2 (18). С. 109–113.

Tikhova Yulya LeonidovnaE-mail: yulyaodintsova@mail.ru

assistant

Kazan Federal University

The organization address: 420008, Russia, Kazan, Kremlyovskaya st., 18

Kuleeva Lyailya Muratovna

candidate of architecture, professor

E-mail: la_mur@rambler.ru**Kazan State University of Architecture and Engineering**

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

Building a classification system for open architectural spaces**Abstract**

Problem statement. The purpose of the study is to build classifications of open spaces, which allow us to analyze them, both in the historical aspect and also satisfying modern trends in sustainable design.

Results. To build a classification of open spaces, leading domestic and foreign studies devoted to this issue were analyzed. Then, based of this analysis, as well as the existing and historical urban development situation, an author's classification of open spaces in the architectural environment is proposed. It is emphasized that the current models are built for industrial construction and cannot be applied to the analysis of open spaces from a position of sustainability. A sustainable design method is not only a modern trend in architectural practice, but is also considered as a method of solving many professional problems. That is why it became necessary to build a new classification, which, based on an analysis of the scale, type, function and form, will offer a new solution to the existing problem.

Conclusions. The significance of the results for architecture lies in the justification of new qualification features for solving practical problems of architectural design.

Keywords: open spaces, architectural environment, sustainable architectural environment, green environment, eco-friendly architectural environment.

References

1. Lavrov L. P., Krasnopolsky A. F., Molotkova E. G. Introduction to the typology of intra-quarter open spaces of the historical center of St. Petersburg // Vestnik grazhdanskikh inzhenerov. 2018. № 5 (70). P. 14–25.
2. Cavanagh W. Urbanism in the Aegean bronze age // Sheffield Studies in Aegean Archaeology. Vol. 4. Sheffield, UK: Sheffield Academic Press. 2002. P. 119–134.
3. Sitte C. City Planning According to Artistic Principles // London, UK : Phaidon. 1889. P. 91–104.
4. Krier R. Urban Space. NY : Rizzoli. 1979. 168 p.
5. Carr S., Francis M., Rivlin L. G., and Stone, A. M., Public Space. Cambridge, UK : Cambridge University Press. 1992. 420 p.
6. Junyan Yang, Fangyuan Zhang, Beixiang Shi Analysis of Open Space Types in Urban Centers Based on Functional Features // Proceedings of a meeting held 14-16 December 2018. Wuhan. 7 p.
7. Hyun-ah Kwon, Soomi Kim. Urban Sustainability through Public Architecture // Lisbon University: Sustainability. 2018. № 10 (4). 21 p.

8. Bovill C. Sustainability in Architecture and Urban Design; Routledge Tayer & Francis Group : Abingdon, UK, 2015. P. 199–216.
9. Al-Hagla. Towards a Sustainable Neighborhood: The Role of Open Spaces // Archnet-IJAR, International Journal of Architectural Research. Vol. 2. Iss. 2. July 2008. P. 162–177.
10. Beverly A. Sandalack, Francisco G. Alaniz Uribe. The faces of urban / part of book: Open space typology as a framework for design of the public realm. University Calgary. 41 p.
11. Laforteza A., Santos M., Strohbach K., Vierikko Š., Železnikar. A typology of urban green spaces, ecosystem services provisioning services and demands / part of the EU FP7 (ENV.2013.6.2-5-603567) GREEN SURGE project (2013-2017). May 13th. 2015. 68 p.
12. Gavrilina A. A., Shimko V. T. Typological foundations of the artistic design of the architectural environment. M. : Arkhitektura-S, 2004. 104 p.
13. Krashennnikov A. V. Topology and structure of the urban environment: Proceedings. Science, education and experimental design – Materials of the international scientific-practical conference / MARHI. Moscow, April 4-8, 2016. P. 300–304.
14. Mikhailov S. M., Mikhailova A. S., Karamova L. Z. City design: a model of historical development (industrial period): Sat. Art. Actual problems of design and design education - materials of the III Intern. scientific-practical conf. / BSU. Minsk, 2019. P. 182–187.
15. Dribos Ya. D., Enin A. E. Open public spaces of the city // Student i nauka. 2018. № 2. P. 54–61.
16. Voronina A. V. Definition and classification of ineffective open urban spaces // Privolzhskiy nauchnyy zhurnal. 2011. № 2 (18). P. 109–113.

УДК 72.01

Фазлеев Марат Шигабатдинович

кандидат архитектуры, доцент

E-mail: fastin@mail.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

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

Шакирова Алина Фанилевна

архитектор

E-mail: alina52ks@mail.ru

ООО «Неолит-Дизайн»

Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, проспект Победы, д. 18а

Архитектурно-планировочная организация научно-промышленной выставки 1890 года в городе Казани

Аннотация

Постановка задачи. Цель статьи – выявление предпосылок проведения и архитектурно-планировочной организации выставочных павильонов, зданий и сооружений научно-промышленной выставки 1890 г., оценка влияния архитектурного наследия, оставшегося от проведения научно-промышленной выставки, на развитие Казани.

Результаты. Основные результаты исследования состоят в сопоставлении и анализе архивных, библиографических и иконографических источников для раскрытия процесса создания и формирования архитектурно-планировочной организации зданий и сооружений научно-промышленной выставки на территории Казани. На основе изученных исторических, градостроительных и социально-экономических аспектов обосновывается выбор территории под размещение выставки и возведение зданий и сооружений павильонов в городской застройке.

Выводы. Значимость полученных результатов для архитектуры заключается в получении новых знаний для формирования архитектуры выставочных павильонов, в выявлении их региональных особенностей. Изучение архитектурно-планировочных особенностей зданий и сооружений научно-промышленной выставки 1890 года города Казани позволит составить более подробное описание и выявить авторство павильонов.

Ключевые слова: архитектура зданий и сооружений дореволюционного периода, архитектурно-планировочные особенности, выставочный павильон, научно-промышленная выставка.

Введение

С начала XIX века г. Казань заявляет о себе, как активно развивающийся торгово-промышленный регион российской губернии. Этому способствовало открытие в 1804 г. Университета и формирование научных школ. В Волжско-камском регионе, это определило проведение в Казани научно-промышленной выставки. Казанская научно-промышленная выставка 1890 года проходила с 15 мая по 15 сентября и стала крупным событием, как для Казанской губернии, так и для всей России. Площадь под выставку выбирали доступную для посещения и удобную для строительства выставочных павильонов. Для проведения научно-промышленной выставки была выбрана Николаевская площадь (ранее она называлась Кузнечной), сейчас эта территория называется «Ленинский сад». Выбор был обоснован её удачным расположением относительно центральной части города, доступностью для посещения населением, на территории не было капитальных строений, проведение и возведение выставки не мешало жителям кварталов, прилегающих к территории.

У Всероссийской научно-промышленной выставки было несколько основных целей. Первая и основная – демонстрация экономического и промышленного потенциала Казанского региона. Вторая цель – продажа и покупка товаров. Третья цель – обмен новостями, знаниями, опытом разных регионов, губерний и стран.

Выставки всегда были способом показа и презентации товаров перед зарубежными специалистами, потребителями и широкой общественностью с целью ознакомления с новыми достижениями в определенных отраслях и результатами научного прогресса.

Статья посвящена исследованию предпосылок возникновения Всероссийской научно-промышленной выставки. Особое внимание уделяется архитектурным особенностям выставочных павильонов конца XIX-начала XX веков.

Возникновения выставочных павильонов

Для выявления градостроительных, архитектурных, планировочных особенностей возведения выставочных павильонов были рассмотрены как самые древние формы общения между продавцом и покупателем, такие как торжища и ярмарки [1], так и более современные – выставки-ярмарки и специализированные выставки.

История создания выставочных павильонов берет свое начало с товарных обменов. Обмен товарами был одним из первых способов получить желаемое. Первые обмены начались после разделения труда. Получить товар можно было путем обмена на равноценный товар. Длительность обмена была невелика – несколько дней и проходила в пустом поле, деревнях и на окраинах городов. На торжищах продавался один вид товара. С приездом заграничных и иногородних торговцев, торжища начали называться ярмарками. Ярмарка – мероприятие для продажи различных товаров [2]. Позже появились выставки. Сначала на выставках основными экспонатами были только произведения искусств, позже стали добавлять промышленные изделия. С появлением выставок появилась необходимость в возведении павильонов. Павильон – отдельная небольшая постройка. Конструкции этих сооружений были закрытыми и защищали от различных погодных явлений [3].

В типологии выставочных сооружений известны торговые, складские, выставочные павильоны. Рассматривая градостроительную планировку для проведения выставок можно выделить условные функциональные зоны: входная, экспозиционная, рекреационная, хозяйственная. У большинства выставок нет четких функциональных границ. Каждая выставка – это новый опыт проведения масштабного события, где могут ставиться новые спектакли или демонстрироваться новые технологии. Особенно благоприятно проведение выставок влияло на торговлю, сельское хозяйство и рост промышленности [4]. Позднее, каждая специализированная выставка формировала совершенно новый тип зданий выставочных павильонов и подходов к градостроительным решениям. Выставочные павильоны всегда были частью экспозиций и демонстрировали новый уровень строительства.

Генплан всемирных и международных выставок разрабатывается авторами из разных стран, где каждая страна старается применить самые новые приемы. При проектировании выставочных павильонов учитываются условия жизни населения, определяется назначение сооружений. Выставочные павильоны проектируются с учетом гармоничности деталей и целого сооружения, которые образуют единый целостный архитектурный образ по форме и содержанию. Основной задачей является взаимосвязь внутреннего пространства и внешнего объема. Сочетание внутреннего и внешнего образует объемно-пространственную структуру сооружения [5].

Основные градостроительные особенности и архитектура планировки выставочных павильонов менялись с каждой новой выставкой. Прослеживались основные особенности архитектуры выставочных павильонов. Временные постройки были павильонного характера с большим свободным внутренним пространством. Обязательное наличие естественной освещенности, возможность быстрого демонтажа и повторной сборки. Внешний вид характеризовал экспозицию внутри помещения. Промышленным отделам придавался вид индустриальных зданий, отделам садоводства – вид оранжерей, художественным отделам – вид музеев изящных искусств. Павильоны русских окраин выдерживались в духе национальных стилизаций либо несли особенности местных строительных способов.

Исторические сведения выбора территории для выставочных павильонов зданий и сооружений научно-промышленной выставки 1890 года в Казани

Николаевская площадь была на окраине городского посада на выезде из города Казань в сторону Сибирского тракта. Николаевская площадь первоначально называлась

Дровяной, позже – Кузнечной. Кузнечной она называлась, т.к. находилась на выезде, и на ней в большом количестве размещались городские кузницы, где подковывали лошадей, идущих в составе обозов на Сибирь. Кузницы образовывали замкнутое пространство. Площадь представляла собой тесную, грязную и низменную территорию. В восточной части виднелись холмы и овраги, которые были хаотично застроены. Тут же находилось озеро Белое (на месте нижней части современного Ленинского сада). Белое, Черное, Банное и Поганое озера входили в систему водоемов. Озеро Белое было одним из источников питьевой воды во времена Казанского ханства [6]. Рядом находились проездные башни и Казанский посад. Потом озеро стало болотом. Озеро Белое было в естественном овраге, и, вместе с остальными водоёмами, тянулось от места современной площади Свободы до Кремля [7].

При пожаре в 1774 году, сгорели 1772 дома. Территорию Кузнечной площади нанесли на план города при изменении распланировки и организации улиц и площадей. При пожаре 24 августа и 5 декабря 1842 года были уничтожены 1309 домов и 9 церквей, что привело к большим изменениям и на самой площади. Кузнечные мастерские снесли, озеро площадью в 1,7 гектара осушили, подняли уровень земли и частично благоустроили. Созданную площадь назвали Николаевской и использовали её как плац для парадов войск Казанского гарнизона.

До 1880-х годов территория (рис. 1) оставалась неустроенной. По весне и осени территория площади была грязной, а летом пыльной. Тут находились мясные лавки, и шла бурная торговля различными товарами. Кукольный театр-балаган Якова Мамонова «Театр спиритизма и магии» был основной достопримечательностью территории.



Рис. 1. Казань. Вид на Николаевскую площадь, Дворянское собрание и Городской театр. 1870 год. Фотограф А.А. Рончевский (источник: интернет-ресурс Казань ретро фотографии)

После того как в 1888 году братья Никитины хотели построить деревянный цирк в восточной стороне Николаевской площади, городская управа ответила отказом и предложила место в саду на месте засыпанного Банного озера.

Главные здания Казанской научно-промышленной выставки расположились на Николаевской площади в 1890 году.

Перед проведением выставки потребовалось решить ряд градостроительных вопросов для возведения зданий и сооружений. Выбор территории для строительства выставочных павильонов был одним из важных вопросов.

В практике проведения выставок существовало два основных способа расположения выставочных комплексов в структуре города. Выставочные комплексы возводились в центральной части города и на окраине.

Из двух вариантов в Казани выбрали центральное расположение. Центральное расположение выставочного комплекса ставило много планировочных проблем перед строителями. Границы существующей городской застройки, ограничения площади

скверов, парков, садов, базаров, пустырей становятся основными проблемами при возведении выставочных павильонов.

Для возведения выставочных павильонов Научно-промышленной выставки была выбрана Николаевская площадь. Площадь расположена на пересечении улиц Университетской, Рыбно-рядской и Большой Лядской. Николаевская площадь занимала 8175 кв. саженей. Стратегически это был центр разросшегося города к 1890 году. Николаевская площадь примыкала к благоустроенному парку «Черное озеро», на горе находился Казанский университет, Театральная площадь, жилые и общественные кварталы.

Выставка занимала не только Николаевскую площадь, но и территорию парка Черного озера и Державинского сада (рис. 2). Нынешняя улица Державинского не была проезжей – выхода на нынешнюю улицу Горького не было, и вся площадка экспозиции представляла собой фактически единый массив.

Строительство зданий и сооружений для научно-промышленной выставки завершается весной 1890 года. Сооружается парк, доставляются и размещаются экспонаты, формируется выставка, организуется продажа билетов. Торжественное открытие Казанской научно-промышленной выставки состоялось 1890 году 15 мая. Выставка проработала четыре месяца – до 16 сентября [8].



Рис. 2. Фрагмент карты 1887 года. Границы выставки, обозначенные авторами (источник: интернет-ресурс Казанский Картограф)

Экономические предпосылки проведения научно-промышленной выставки 1890 года города Казани

Всероссийская научно-промышленная выставка 1890 года на Николаевской площади стала одним из важных экономических событий предреволюционной жизни города. Успешное проведение выставки – заслуга профессора по кафедре геологии и палеонтологии Казанского университета А.А. Штукенберга и сотрудника органов правопорядка и общественного деятеля, председателя Казанского окружного суда С.В. Дьяченко.

А.А. Штукенберг в 1887 году уже принимал участие в подготовке и проведении Уральской научно-промышленной выставки в Екатеринбурге. Профессор А.А. Штукенберг добивался тесного сотрудничества науки и промышленности в интересах прогресса. Старания ученого оправдались и коллеги согласились на проведение такой же выставки в Казани.

С председателем Казанского окружного суда С.В. Дьяченко связано много важных новшеств в городской жизни Казани. За три года службы он провел большое количество важных мероприятий для города. Например, он создал в Казани особую организацию, которая отвечала за уборку улиц города, успешно осуществил строительство железнодорожного моста через реку Казанку [9].

Проведение выставки Всероссийского масштаба не получило поддержку государства. И только после того как наследник престола Николай II дал согласие стать официальным покровителем выставки, была выделена одна тысяча рублей на организацию научного отдела. Для устройства выставки сначала были задействованы административные ресурсы.

Наплыв предложений предпринимателей со всей России и заводчиков захлестнул выставочный комитет. В связи с наплывом экспонентов Сад «Черное озеро» и Державинский садик было решено задействовать для расширения площади.

Организация и проведение научно-промышленной выставки обошлись в 42 тысячи рублей, а доходы превысили 86 тысяч. Почти вся прибыль пошла в бюджет города [10].

Председатель Казанского окружного суда С.В. Дьяченко охарактеризовал следующим образом роль выставки в развитии экономики региона: «Благодаря выставке», – писал он: «город посетили, по крайней мере, 50 000 приезжих и, если считать, что каждый из них, на круг, оставил по 10 руб., то вот уже – обогащение города на полмиллиона рублей, которые незаметно распределились между производительными силами Казани. Приезжих экспонентов и их доверенных лиц было, в течение 4 месяцев до 500. Если они тратили ежемесячно по 50 руб., то снова получится цифра в 100 000 руб. К этому надо добавить, что огромное количество приезжих экспонентов делали и украшали свои витрины в Казани, а, следовательно, дали очень солидный заработок нашим столярам, обойщикам».

Архитектура выставочных сооружений научно-промышленной выставки 1890 г.

Здания научно-промышленной выставки отстроил архитектор того времени Генрих Бернардович Руш.

Немец по происхождению Генрих Руш был выпускником Императорской академии художеств по архитектуре, окончил её с серебряной медалью. В Казань он приехал в 1880 году. Вначале карьера складывалась удачно. В 29 лет Генрих Руш стал городским архитектором [11].

Архитектура выставочных сооружений научно-промышленной выставки 1890 года мало изучена. Сохранились фотографии (рис. 3).



Рис. 3. Панорама Всероссийской Казанской выставки 1890 год. Фотограф А. Вяткина (источник: интернет-ресурс Старые альбомы)

Композиция планировки выставки на Николаевской площади разрабатывались исходя из условий участка. По фотографиям видно преобладание линейно-осевого и живописно-паркового композиционного решения.

На выставке было последовательное тематическое деление экспозиции путем зонирования территории, что стало одним из главных достоинств выставочных комплексов. Всероссийская выставка представляла собой уникальные архитектурные сооружения. Архитектура научно-промышленной выставки оказала большое влияние на градостроительное развитие соседних городов.

Для создания единства всего объемно-пространственного решения были решены задачи с правильным размещением на участке, общим композиционным решением планировки, качеством архитектуры выставочных сооружений, благоустройством и озеленением. Выставочные здания были павильонного характера, с большими свободными пространствами внутри, хорошей естественной освещенностью. Внешний вид павильонов отражал особенности экспозиций размещенных внутри помещений.

Одной из важных высотных доминант стала парадная входная конструкция со стороны сада «Черное озеро». Парадный вход играл большую роль в композиционном решении выставочного комплекса и связывал со всем объемно-пространственным решением комплекса.

На общее восприятие выставочного комплекса влияли временные культурные центры с активной концертной и развлекательной программами, которые включались в выставочную структуру. Временные культурные центры с развлекательной программой, которые включались в структуру выставочного комплекса, также влияли на общее восприятие.

Несмотря на то, что все постройки были временными, они представляли собой выставочный ансамбль. Экспериментальные строительные решения, новые строительные материалы и технологии, всевозможные изобретения и усовершенствования оказали многостороннее влияние на развитие архитектуры соседних губерний.

На выставке было представлено около 2000 экспонатов, которые были привезены из Петербурга, Москвы, 20 губерний Поволжья, Урала, Сибири и Туркестана.

Тематики выставки в Казани были самые разнообразные. Были историко-этнографические, детские, антрополого-археологические, почвенно-геологические, зоологические, ботанические. А также книжно-типографические, исторические, нумизматические, археологические и художественные.

На выставке были сформированы научные, историко-этнографические, учебные, медико-санитарные, детские, книжные, художественные, ремесленные, кустарные, сельскохозяйственные отделы [12].

После окончания выставки, которая длилась 4 месяца, было решено сохранить клумбы, разбитые при устройстве выставки, и устроить на площади сквер с посадкой деревьев.

Выставочные павильоны Всероссийской научно-промышленной выставки стали уникальными архитектурными комплексами, где общее планировочное решение, архитектура павильонов и вспомогательных зданий, малых форм, ландшафта, музыкальных и театрализованных представлений, представляли единый ансамбль.

Выставочная архитектура Казанской научно-промышленной выставки стала своеобразным зеркалом, отражавшим все лучшие элементы в градостроительстве, архитектуре, благоустройстве. На выставке виден поиск нового стиля, нового понимания формообразования.

Изучение достижений архитектуры научно-промышленной выставки помогает определить начальные даты прогрессивных явлений.

Председатель Казанского окружного суда Сергей Дьяченко предлагал построить аудиторию вместимостью 2000 мест для собраний, театральных увеселений. Но в бюджете города не было финансов для строительства аудитории. Одним из результатов выставки стало создание исторического музея. Экспонаты Всероссийской научно-промышленной выставки (наряду с коллекцией А. Лихачева) легли в основу музея. Первоначально он так и назывался научно-промышленным музеем. Вместе с витринами многие участники отдали свои экспозиции в музей после окончания выставки. Самым ценным экспонатом стала – карета Екатерины II – до сих пор остается гордостью нынешнего Национального музея РТ. Музей открыли в 1895 году.

На центральных улицах керосиновое освещение было заменено при формировании выставки. Так же в некоторые павильоны было проведено электричество.

Масштаб выставки по экспонатам был разнообразный. Экспонаты были представлены из самых развитых губерний и городов Российской Империи. Что касается участия Казанцев, то можно назвать скрипку местного «Страдивари» Бухарина (ее удостоили золотой медали), экзотические цветы из хлеба, рыбьей чешуи и разных семян, кресло Петра I, привезенное из алтаря Кулаевской церкви, рельефный план штурма Казани в 1552 году, копия башни Сююмбеки из стеариновых свечей завода братьев Крестовниковых. Вошла в число экспонатов и асфальтовая лестница на Черноозерском спуске. А в Театральном саду разместили, пользовавшийся большой популярностью, «фармацевтический огород». Было немало экспонатов, присланных на выставку из разных уголков Казанской губернии. Так посетители замирали перед стеклянной витриной, полной кружев, вышитых мастерицами Рыбной Слободы. Кроме того, ремесленники из Рыбной слободы славились ковкой изделий из серебра и даже золота: здесь были кольца, браслеты,

цепочки и прочая красивая мелочь. После выставки в Рыбной Слободе было открыто училище, где готовили мастеров золотых и серебряных изделий. На выставке был показан разнообразный гужевой транспорт. Но особенно ценились повозки, изготовленные в Тетюшском, Лаишевском и Спасском уездах. Производство телег и экипажей было трудоемким делом. Изготовители держали марку, и различные дорожные средства передвижения, экспонировавшиеся на выставке, пользовались неизменным успехом. Давал представления цирк братьев Никитиных, а выпускники Академии художеств соорудили на переходе к Державинскому саду декоративные гроты, расставив множество аллегорических статуй. Всюду благоухали клумбы, в бассейнах плавала рыба, в том числе диковинная. В Державинском саду установили киргизскую юрту и калмыцкую кибитку – экспонаты этнографического отдела. Недочет был связан с художественным отделом выставки: ни одна из представленных работ местных мастеров кисти не была отмечена. Это навело на мысль, что Казани нужна своя художественная школа, которая, благодаря усилиям энтузиастов, была открыта спустя пять лет. Как известно, школа эта воспитала ни один десяток выдающихся художников, прославивших наш край, например, таких как И. Шишкин и Н. Фешин.

После проведения Всероссийской научно-промышленной выставки Казань получила парк, который стал называться Николаевским садом. В конце XIX века это был наиболее благоустроенный парк города. Николаевский сад стал местом отдыха для горожан, а также местом проведения различных праздников. Здесь были установлены скамейки и высажены деревья. В праздничные дни ставили балаганы, карусели, качели. В 1894 году Казанское Общество водоснабжения установило фонтан с Амурами. Николаевский сад был центральным среди парков и скверов, расположенных друг за другом, благоустроенных зеленых зон.

В 1924 году Николаевский сад переименовали в Ленинский сад. Сад становится больше, так как в него включают бывший сквер старой университетской клиники на горе.

По мнению авторов, сейчас Ленинский сад так же остается одной из уютных благоустроенных зеленых зон города.

Заключение

Всероссийская выставка 1890 года в городе Казани представляла собой уникальный архитектурный комплекс. При возведении выставки использовались новые строительные материалы и технологии, всевозможные изобретения и усовершенствования. Передовой опыт выставки оказал многостороннее влияние на градостроительное и архитектурное развитие соседних губерний и городов.

Продолжение изучения формирования архитектуры исторических выставочных павильонов способствует получению новых знаний в выявлении их региональных особенностей.

Список библиографических ссылок

1. Образование Казанского ханства, территория и население // tatarhistory.ru : сайт. 2017. URL: <http://tatarhistory.ru/ru/atlas> (дата обращения: 09.12.2019).
2. Аникин С. А. Ярмарки в России в конце XIX в. // Молодой ученый. 2012. № 7. С. 212–214.
3. Сырова Н. В., Давыд В. С. Роль первых всемирных выставок в развитии архитектуры и дизайна // Молодой ученый. 2016. № 12. С. 952–956.
4. Баженов Н. Казанская история. Казань : ИСБ, 2015. 512 с.
5. Пинегин М. Н. Казань в ее прошлом и настоящем. Очерки по истории, достопримечательностям и современному положению города, с приложением кратких адресных сведений. Казань : Глобус, 2005. 784 с.
6. «Польза обществу как цель выставки» Уроки Казанской научно-промышленной выставки 1890 года // docsarchive.net : ежедн. интернет-изд. 2018. URL: <https://studopedia.net.html> (дата обращения: 09.12.2019).

7. Загидуллин И. К. История Казани в документах и материалах. XIX век. Промышленность, торговля, финансы. Казань : Магариф. 2005. 719 с.
8. История озера: «неряшливое» благоустройство, лучший ресторан и канализационные беды // realnoevremya.ru : ежедн. интернет-изд. 2018 URL: <https://realnoevremya.ru/articles/42973> (дата обращения: 02.10.2019).
9. Мухитов Р. К., Мулагалеева З. Р. Историко-культурная ценность железных дорог в исторических городах (на примере Казани) // ВоГУ. 2019. № 1. С. 398–402.
10. Музейные планы: типология экспозиционных пространств // [berlogos.ru](http://www.berlogos.ru) : интернет-журнал. 2019. URL: <http://www.berlogos.ru/article> (дата обращения: 18.05.2019).
11. Всероссийская, она же – первая Казанская // rt-online.ru : ежедн. интернет-изд. 2018. URL: <http://rt-online.ru.html> (дата обращения: 02.10.2019).
12. Загоскин Н. П. Спутник по Казани. Иллюстрированный указатель достопримечательностей и справочная книжка города. М. : Книга по Требованию, 2011. 808 с.

Fazleev Marat Shigabatdinovich

candidate of architecture, associate professor

E-mail: fastin@mail.ru

Kazan State University of Architecture and Engineering

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

Shakirova Alina Fanilevna

architect

E-mail: alina52ks@mail.ru

LLC «Neolit-Design»

The organization address: 420140, Russia, Kazan, Pobedy ave., 19a

**Architectural and planning organization of scientific
and industrial exhibition of 1890 in Kazan**

Abstract

Problem statement. The purpose of the article is to identify the background to holding and architectural and planning organization of exhibition pavilions, buildings and structures of the Scientific and industrial exhibition of 1890. To assess the impact of the architectural heritage left over from the Scientific and industrial exhibition on the development of Kazan.

Results. The main results of the research consist of the comparison and the analysis of archival, bibliographic and iconographic sources to reveal the process of creating and forming the architecture of buildings and structures of the scientific and industrial exhibition on the territory of Kazan. Based on the studied historical, town-planning and socio-economic aspects, the choice of the territory for the exhibition location and the construction of buildings and structures of the pavilions in urban development is justified.

Conclusions. The significance of the results is to obtain new knowledge in the formation of the architecture of the exhibition pavilions, in identifying their regional features, as well as the ability to use the results during the drafting of new pavilions. The study of architectural and planning features of buildings and structures of the Scientific and industrial exhibition of 1890 in Kazan will allow making a more detailed description and identifying the authorship of the pavilions.

Keywords: architecture of buildings and structures of the pre-revolutionary period, architectural and planning features, an exhibition pavilion, scientific and industrial exhibition.

References

1. Formation of Kazan khanate, territory and // tatarhistory.ru : website. 2017. URL: <http://tatarhistory.ru/ru/atlas> (reference date: 09.12.2019).
2. Anikin S. A. Fairs in Russia at the end of the XIX century // *Molodoy uchenyy*. 2012. № 7. P. 212–214.

3. Syrova N. V., Davyd V. S. The role of the first world exhibitions in the development of architecture and design // *Molodoy uchenyy*. 2016. № 12. P. 952–956.
4. Bazhenov N. *Kazan history*. Kazan : ISB, 2015. 512 p.
5. Pinegin M. N. *Kazan in its past and present. Essays on the history, sights, and current situation of the city, with brief address information attached*. Kazan : DOMO Globus, 2005. 719 p.
6. «Benefits to society as the goal of the exhibition» Lessons from the Kazan Scientific and Industrial Exhibition of 1890 // *studopedia.net : daily internet publishing*. 2018. URL: <https://studopedia.net.html> (reference date: 09.12.2019).
7. Zagidullin I. K. *The History of Kazan in the documents and materials. XIX century. Industry, trade, finance*. Kazan : Magarif, 2005. 719 p.
8. *The History of the lake: sloppy landscaping, the best restaurant and sewer woes* // *realnoevremya.ru : daily internet publishing*. 2018. URL: <https://realnoevremya.ru/articles/42973> (reference date: 02.10.2019).
9. Mukhitov R. K., Mulagaleeva Z. R. The historical and cultural value of railways in historical cities (on the example of Kazan) // *VoGU*. 2019. № 1. P. 398–402.
10. *Museum plans: typology of exhibition spaces* // *berlogos.ru : internet publishing*. 2019. URL: <http://www.berlogos.ru/article> (reference date: 18.05.2019).
11. *All-Russian, she is the first Kazan* // *rt-online.ru : daily internet publishing*. 2018. URL: <http://rt-online.ru.html> (reference date: 02.10.2019).
12. Zagoskin N. P. *Companion in Kazan. Illustrated index of attractions and reference book of the city* ed. M. : Kniga po Trebovaniyu. 2011. 808 p.



УДК 72.009

Рябов Николай Федорович

старший преподаватель

E-mail: ryabov.kazan@gmail.com

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

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

Грачёв Пётр Владимирович

директор по развитию программ дополнительного образования

E-mail: peter.grachev@gmail.com

АНО ВО «Университет Иннополис»

Адрес организации: 420500, Россия, г. Иннополис, ул. Университетская, д. 1

Казанский Анатомический театр в рамках аналогии «архитектура – литература»

Аннотация

Постановка задачи. Осознание важности сохранения баланса материальной и нематериальной составляющих наследия исторических городов определяет действенность междисциплинарных подходов в рассмотрении памятников архитектуры. Задача данной работы – в рамках аналогии «архитектура – литература» выявить и рассмотреть универсальные смысловые значения важного знака архитектурного текста Казани – Анатомического театра Императорского Казанского университета (1837).

Результаты. Латинское определение на фасаде Анатомического театра «His locus est ubi mors gaudet succurrere vitae» – достаточно полное выражение смыслов этого памятника казанской архитектуры. Он – идеальное строение, место перемены участи и познания природы человека. Эти значения определяют интерес современных отечественных литераторов (Ю.Г. Забусова, Л.А. Данилкина, А. Сахибзадинова, Г.Ш. Яхиной) к этой форме-знаку. Для них и их читателей он – емкий выразитель духа исторического места, образа и целеполагания жизни его обитателей. Для современного архитектора же литературные концепты и термины – актуальный инструментарий в работе по осмыслению городской среды как пространства, соединенного с трансформирующим его сознанием.

Выводы. Значимость полученных результатов для архитектуры состоит в актуализации междисциплинарных рассмотрений архитектурных памятников как средовых феноменов. Осознание важности нематериальной составляющей (в данном случае – специфических отражений в литературных текстах классической постройки XIX века) архитектурного наследия – залог сохранения духа (подлинности) исторического места.

Ключевые слова: архитектурный ансамбль Императорского Казанского университета, Анатомический театр, архитектор М.П. Коринфский, архитектурный текст, дух места.

Введение

Понимание важности сохранения культурного наследия специалистами самых разных областей знаний безоговорочно. Это помогает выстраивать самые разные междисциплинарные связи, что в свою очередь множит проблематику каждой из открытых областей этой «живой» системы безоговорочного понимания. Рассмотрение феноменов «живого наследия» в рамках такой системы позволяет исследователям-архитекторам характеризовать их как своеобразные маркеры идентичности всякого места. Так австралийские архитекторы Дж. Стивенс и Р. Тивари, подводя итог своей работы, связанной с восстановлением заброшенной виллы XIX века в небольшом индийском поселении Лахну, говорят о наследии как о наборе значений или пережитом опыте [1, с. 112]. В определении этих значений, по их мнению, важную роль играет обращение к эмоционально окрашенным рассказам и воспоминаниям местных жителей (мы структурируем наше понимание мира через истории) [1, с. 103].

В современной культуре, функционирующей в рамках узкой специализации, за подобную эмоциональную повествовательность ответственны профессиональные

литераторы. Их работа схожа с работой архитектора. Это замечает британский исследователь Дж. Чарли: «Не существует литературного труда, который не обладал бы некоторым пространственно-временным измерением и здания, у которого нет сюжета. В этом смысле и архитекторы, и романисты жонглируют пространством, временем и повествованием» [2, с. 65]. Очевидно, что концептуальное родство авторских подходов в работе литераторов и архитекторов требует обретения определенных навыков в процессе профессионального становления последних. Специалисты-лингвисты КГАСУ, работающие с будущими инженерами-строителями (студентами-архитекторами в том числе), Л.А. Нигматуллина, Л.Н. Коновалова утверждают: «В современных условиях важными характеристиками личности и деятельности специалиста является не только владение информацией, технологиями, но и коммуникативной культурой, обеспечивающей выход за пределы нормативной деятельности, способность создавать и передавать ценности» [3, с. 12]. В их представлении читательские конференции с привлечением профессиональных литераторов в рамках проекта «Строим словом», написание отзывов на прочитанные книги – важные составляющие модели формирования коммуникативной культуры будущего специалиста [3, с. 13].

В предлагаемой работе будет рассмотрено отражение одной из знаковых форм казанского «архитектурного текста» – здания Анатомического театра Императорского Казанского университета – в разножанровых литературных описаниях последних десятилетий. Предмет рассмотрения – способность классической архитектурной формы продуцировать в переменчивом культурном пространстве-времени исторического города определенные смыслы; в нашем случае – служить выражением той или иной картины мира, переводимой с языка архитектурного на язык литературы.

Терминологическая база, метод исследования

Многочисленные термины, определяющие архитектурную проблематику в ее знаково-языковой сущности («говорящая архитектура», «архитектурный текст», «композиция содержания», «пространственный сюжет», «контекст», «котел текстов»), – необходимый инструментальный смысловой наполнения архитектурного пространства, его «обращения» в средовое, соединенное с трансформирующим его сознанием.

Нидерландские специалисты в области управления культурным наследием из Эйндховенского технологического университета фиксируют сдвиг в типе используемых в профессиональном лексиконе терминов в сторону более общей и всеобъемлющей терминологии, выражающей осознание важности нематериальной составляющей наследия исторических городов [4, с. 10].

Архитектор-исследователь Х.Г. Надырова, рассматривая на примере казанского памятника архитектуры рубежа XIX-XX веков проблему формального сохранения, фиксирует в таком случае невозможную утрату именно нематериальной составляющей – связи объекта с прошлым, людьми, его создававшими и посещавшими. Подобные связи, обозначаемые в актуальном архитектурном дискурсе таким понятием как «дух места», осуществляются через учет воспоминаний, рассказов, письменных свидетельств [5, с. 205]. Схожее отрицание возможности рассмотрения исторического места без учета составляющих его «духа» демонстрирует Л. Кастелло, сравнивая дух места с якорем, удерживающим семантическую связь «географической единицы» с ее памятными историческими событиями [6, с. 25].

Исследователь В.В. Федоров, доказывая возможность рассмотрения архитектурно-ландшафтной среды как упорядоченной по синтаксическим правилам системы знаковых элементов, трактует ее как архитектурный текст [7, с. 3]. Выявляя различные уровни его «прочтения» (от пространственных слов-знаков до личностных актуализаций) и осознания (вплоть до мифо-символов и архетипов), он отмечает: «Архитектурный текст не несет прямого сообщения. Значения и символика, понятная образованным современникам, отыскивается теперь по старым литературным текстам, придумывается, забывается и вновь придумывается новыми поколениями» [7, с. 54].

По мнению искусствоведа С. Кавтарадзе выход к архетипическому образу, определяющему все дальнейшие переменчивые смыслы, дает иконологический подход, сформировавшийся в первой половине XX века в рамках представления об искусстве как

многоуровневой знаковой системе. Рассматривая формы, мотивы, образы, сюжеты и аллегории, толкователь стремится выявить символическое значение – свидетельство «чего-то еще», самим творцом не осознаваемое, или даже отличное от того, что он хотел выразить в своем «повествовании» [8, с. 127]. В случае архитектуры, где идет использование известных форм и устоявшихся приемов, автор вносит в свое произведение сложившиеся задолго до него значения, хранящие память прежних употреблений. Раскрытие через частное архитектурное высказывание сокрытых в нем смыслов позволяет выявить в «городском тексте» ту или иную традицию, выражающую определенную картину мира. Она и выражающая ее форма-оболочка оказываются в равной степени востребованными в литературных текстах нашего рассмотрения.

Анатомический театр как значимый фрагмент архитектурного текста Казани

Расшифровка «текста» анатомического театра невозможна без краткого экскурса в историю становления анатомической науки и классических архитектурных форм – в то время, когда и архитектура, и природа – все наделялось человеческими чертами. Так, форма классической колонны, повторяя структуру человеческого тела, вызывает прямые ассоциации с ним: база сопоставима со ступнями, ствол – с телом, а капитель – с головой. Проходя сквозь колоннаду античного храма, человек, «входил» тем самым в мир особых значений и соотнесений (человек – колонна – храм – божество).

Можно согласиться с С. Кавтарадзе, утверждающим, что в образах античных храмов нет сложных символических подтекстов (возведение очередного периптера приумножало мировой порядок и вытесняло природный хаос с локальных территории, однако существенного влияния на судьбы мира не оказывало) [8, с. 373]. Главное их значение – обозначенное архитектурным знаком очеловеченное пространство; его вполне хватило для наполнения спустя века работ архитекторов Возрождения (главный смысл работы архитектора, как его понимали в эпоху Возрождения, в улучшении бренного мира, состоящего из физических тел, в том числе и человеческих; в его приближении к вечному и истинно существующему миру идей [8, с. 155]). Невозможно не заметить, что базовым знанием для ренессансной медицины, как и в архитектурной истории с ее трактатом Витрувия, обобщившего античный опыт, стал труд римского анатома Галена Пергамского (II век н. э.), опубликованный в 1541 году в Венеции. Композиционный принцип описания строения человеческого тела в работе Галена (кости скелета как опоры тела он уподобляет столбам в шатре или стенам в доме), определяли характер анатомического дискурса XVI века [9].

Архитектурное оформление места буквального познания строения человеческого тела будет найдено в 1584 году в Падуе, где под руководством Джироламо Фабриция возводится первый постоянный анатомический театр. Этой постройке предшествовали многочисленные концептуальные текстовые модели анатомических театров. Одна из них – описание Алессандро Бенедетти, данное им в работе «Анатомия» (1502). Избрав для демонстрации анатомического вскрытия форму греческого амфитеатра, он канонизирует композиционную схему (анатомическое тело в центре круга и ярусное расположение зрителей) [9], которая будет повторяться как в последующих текстах, так и в реальных постройках, включая объект нашего рассмотрения. Австралийские исследователи вопроса сотрудничества между анатомами и архитекторами в создании современных научно-образовательных медицинских центров – Б. Клевеланд и Т. Кван говорят об анатомическом театре как об исторически утвердившемся в своей роли флагмане постоянного обновления медицинских программ и представлений [10, с. 377]. Очевидно, что подобная роль во многом определяется и тем самым глубинным образом-концептом, что был заложен в изначальной композиционной модели.

Религиозное сознание ренессансных времен способствовало канонизации еще одной образной метафоры, дающей пространству анатомического театра особое сакральное наполнение. На гравюрах, изображающих лейденский анатомический театр (организован в конце XVI века по модели падуанского) урок анатомии представлялся как церковная служба. Украшающие амфитеатр скелеты людей и животных соседствовали с каноническими изображениями Адама и Евы [9] (в нашем рассмотрении эта пара первых смертных влюбленных имеет особое значение).

Так в новом для европейской культуры типе строения изначально был заложен двоякий смысл, определяющий всякую «анатомичку» как одновременно театр (приковывающее взгляд зрелище) и храм (со своими специфическими ритуалами служения). Все эти смыслы явственно считываются в формах и пространственной организации Казанского Анатомического театра, чье строительство было закончено в 1837 году.

Появлению постройки предшествовала тридцатилетняя история, отразившая в своих сюжетах пути вхождения российской провинции в европейское культурное пространство. Весьма примечательную ее версию дает Н. Н. Булич – профессор Казанского университета по кафедре истории русской литературы, напечатавший в 1881 и 1891 годах два тома своих «рассказов по архивным документам».

Его описание обстоятельств истории становления университета на базе городской гимназии включает, казалось бы, избыточные факты: первым покойником из студентов Казанского университета был единственный сын Яковкина, директора гимназии, распорядившегося всем в первые годы и в университете (в граде Кизического монастыря плита с надписью: «здесь погребено тело умершего первого студента») [11, с. 70]; прибывший в марте 1806 года первый действительно читавший врачебные науки в Казанском университете Каменский учил на привезенном с собой скелете [11, с. 126]. Лишенные какого-либо образного осмысления (жанр записок этого не предусматривает) они, немало говорят о формировании будущих значений смыслового поля анатомического театра, которому только предстоит быть построенным.

Первый проект театра (1807) связан с именами возглавившего после отставки Каменского кафедру анатомии доктора медицины Брауна и местного архитектора Смирнова [11, с. 271]. Сравнивая план Брауна и Смирнова с тем, что было реализовано в состоявшейся постройке 1837 года, Булич не находит существенных различий, однако указывает на разницу размеров (размеры здания Брауна были большими, чем в настоящем театре, потому что при нем предполагались тогда квартиры для профессора и прозектора [11, с. 271]) и выбор места расположения (на углу пустыря, выходящего на нижнюю Мало-Проломную улицу, – внизу нынешней обсерватории [11, с. 141]). Эти два отличия проекта отмечал и «полновластный распорядитель всех связанных с устройством университетской жизни работ» Яковкин, рассуждавший в отношении представленного «эскиза» так: «анатомический театр архитектурой своей и величиной должен соответствовать величественности самого здания университетского, и особливо, что назначено для него место низкое». Центром всего архитектурного ансамбля Яковкин видел здание обсерватории, должное встать на одной оси с главным университетским корпусом. Эти предполагаемые планы неоднократно менялись, посылались на одобрение в Петербург, но ничего определенного достигнуто не было [11, с. 271-272].

Такое подробное описание предистории интересующей нас постройки важно. В 1832 году выпускник Санкт-Петербургской академии художеств М. П. Коринфский принял приглашение на должность архитектора Казанского университета. Ему предлагалось доработать и воплотить план по созданию величественного университетского двора-парка с классической ротондой в центре своего предшественника – архитектора Пятницкого. Исполненные Коринфским проекты университетских строений заказчиком понравились. Архитектор был отмечен, но не это главное в нашей истории; пространство университетского ансамбля, долго себя «искавшее», обретает то самое здание-центр, выражающее возрожденческое представление об идеальном строении (идеал классической, особенно ренессансной архитектуры – свободно стоящее здание, желательно с возможностью кругового обхода [8, с. 102]), – только уже не обсерваторию, а анатомический театр. «Знаковость» строения определялась и особенностями места (здесь был самый высокий пункт Казани – 91 фут над уровнем Волги [11, с. 223]). Показательна перемена назначения композиционного «центра познания»: обсерватория (макрокосмос) уступает место анатомическому театру (микросмосу). Подобную замену, символическую саму по себе, (человек и его место как отправная точка поиска ключей к замыслу Творца) можно рассматривать как концептуальное обозначение начала нового казанского времени (эпохи гуманизма).

Придуманная Коринфским полукруглая колоннада (до наших дней не

сохранилась), соединявшая библиотеку, анатомический театр и химический корпус кроме формальной геометрической цельности композиции внутреннего двора «несла» в своих формах дополнительные смыслы: огражденное колоннами пространство издревле воспринималось и трактовалось как сакральное, возвращающее нас к первообразу – лесу-жизни, пробираясь сквозь заросли которого, мы приближаемся к конечной цели – стране мертвых [8, с. 13]. Очевидно, что центральное место в таком «лесу» должен занимать именно анатомический театр.

Переводя осмысление жизни и смерти в пространственный образ, архитектор развивает предельно лаконичную схему, задаваемую оппозицией – этот и тот свет. Пересечение двух миров (живых и мертвых) происходит в композиционном центре здания – двусветной ротонде зала с амфитеатром (разобранном в начале прошлого века). Многозначность толкований формы зала определяет выбор формы круга для его плана (круг – символ Бога и одновременно – геометрический след «витрувианского» человека [8, с. 160]). Предопределенная формой связь человека и его творца «оправдывает» и позднюю пристройку к объему анатомического театра часовни (1887), вставшей на единую ось с залом; она же «вписывает» анатомический театр в городской дискурс, делая его частью долговременного (в наши дни вновь актуализированного) диалога. С внутриуниверситетской площади хорошо просматривается колокольня церкви Богоявления, возведенная на Большой Проломной (ныне – улица Баумана) в 1897 году. Башня колокольни и купол «анатомички» – два «прочитываемых» с этого места знака городского текста, подчеркивающих пространственную выразительность диалога «небо – земля». Второй круг ротонды зала – полусферический купол, доступный для обозрения с разных точек извне, усиливает значимую силу зала-центра. С. Кавтарадзе, обнаруживая исходный образ всякого подкупольного пространства, пишет: «Пространство под ним, что бы ни полагал строивший его зодчий, это всегда модель мира под сводом небесным, немного «планетарий»; люди, собравшиеся под куполом, всегда в чем-то едины» [8, с. 69]. В нашем случае это единение продолжают традиции веры и познания, преодолевающие страх смерти.

Главным выразителем ордерной гармонии на главном фасаде анатомического театра стали восемь колонн ионического ордера, окружившие выступивший извне наружу цилиндр зала. В древности этот ордер использовался в постройках, посвященных Аполлону. С одной стороны, он – бог-губитель, с другой – бог-врачеватель, он же предводитель вносящих в мир гармонию муз (отсюда его прозвище – Мусагет).

Возможно, что выбор ионического ордера – исходный посыл формирования смысловой формы театра; перед нами храм окруженного хором муз (колоннадой) бога-врачевателя и губителя одновременно. Небесполезным в толковании казанского объекта, в чьих формах и приемах их организации нашло представление об антропоморфном характере миропорядка, станет упоминание о том, что создатель анатомического театра сына своего назвал Аполлоном, а тот назвал Аполлоном своего сына, ставшего довольно известным поэтом [12, с. 27-28]. Возможно, подобный выбор для Коринфского – еще одна попытка вписать жизнь в рамки более обширного целого – того самого «чего-то еще». Исследователь культурных феноменов Е.М. Стрелков в своем рассказе о казанском мастере, отмечает острую необходимость ректора Лобачевского в архитекторе, способном в решении задач формирования университетского ансамбля «пересечь бесконечную плоскость российской обыденности поверхностью другого порядка – чистой гармонии наук и искусств, идущей от классического римского духа» [12, с. 24-25].

Литературные отражения значимого фрагмента городского текста

Все то же целеполагание – пересечь бесконечную плоскость обыденности поверхностью другого порядка – определяет значимость всякого литературного произведения. В наше рассмотрение вошли те, чья сюжетная канва так или иначе связана с Казанью и одним из фрагментов ее «котла текстов» – Анатомическим театром.

В текстовом пейзаже Казани одного из самых читаемых и обсуждаемых русскоязычных романов последнего десятилетия «Зулейха открывает глаза» Г.Ш. Яхиной здание с латинской надписью на фризе «His locus est ubi mors gaudet succurrere vitae» занимает особое место.

Герой романа – профессор казанского университета Вольф Карлович Лейбе, препарируя в анатомическом театре, слышит голоса мира еще нерожденных и уже умерших [13, с. 112]. Образное выражение безумия, в которое погружается эскулап, не выдержав потрясений революционного времени, – яйцо (оно выросло вокруг него само, много лет назад; в яйце время не текло и потому не имело значения [13, с. 250]). Этот образ в силу архетипической емкости – мыслеформа, привычного для профессора анатомии, купола (он помнит, как радужная верхушка впервые засияла не то нимбом, не то зонтиком над его беззащитной лысиной [13, с. 250]), непроницаемого, подобно материнскому чреву, для внешних потрясений и открытого единственно желанному знанию (его донельзя, до зуда в кончиках пальцев волновала тайна человеческого рождения [13, с. 111]). Многообразие смыслов, вмещаемых подкупольным пространством анатомического театра помогает автору в показе человека науки, пытающегося сохранить себя в безумном круговороте революционных и последующих, не менее страшных лет.

Та же важность анатомического театра как знака городского текста обнаруживается в повести Ю.Г. Забусова «Сказки Плетенеевской больницы». Ее автор – сам врач и ученый-анатом, обозначив жанр повествования как сказочный, шифрует свой текст, заставляя читателя мысленно блуждать по знакомому городу, скрывающему подлинное лицо под маской новых имен. Подобное путешествие – поиск знаков, хранящих эталонные архетипы прошлого. В нашем случае это архетипы верного слуги, благородного рыцаря, его дамы сердца, возведения дома, под крышей которого дремлет, в ожидании своей жертвы, терпеливая смерть. Давно ставшие своеобразными опознавательными знаками Казани Шамовская больница, особняк Зинаиды Ушковой в пространстве сказочного повествования становятся Плетенеевской больницей и дворцом Крупиных соответственно; сам же город можно рассматривать, как сложный семиотический конструкт, в шифрах сборки которого скрыты лики ушедшего. Своеобразный ключ к этим шифрам – анатомический театр – единственное строение, выступающее в переформатированном пространстве под своим именем, – знак неизменный и особый: «Известный мастер создал за белой колоннадой уникальную аудиторию – ротонду с цветными витражами и высокими хорами, где рядами стоят вереницы скелетов – безвестных горемык прошлых лет. Акустика в ротонде такова – лектор может шептать, а уроненный карандаш бухает как полено» [14, с. 20]. Интересна буквальная перекличка двух авторов: голоса, слышимые в анатомическом театре героем Яхиной, усиливаются акустикой того же места у Забусова. Он же в подвалах анатомического театра дарит упокоение своему персонажу, хранящему многие тайны прошлой жизни (хранитель тайн жизни покидает нас в месте, где хранятся тайны вхождения и выхода из нее) – препаратору кафедры анатомии Илье Воробьеву [14, с. 10].

В качестве все того же знака-ключа Казанский Анатомический театр использует Л.А. Данилкин – автор литературного исследования «Ленин: Пантократор солнечных пылинок». Подобно запоздавшей тени он следует за своим героем по местам его жизни, проникаясь их атмосферой, сверяя бывшее архитектурное окружение (его описания) с настоящим – обозримым. Казань в этом масштабном путешествии-рассмотрении занимает место особое: «Казань – место, где Владимир Ульянов совершил крайне нерасчетливый поступок, сломавший ему жизнь. Там из обычного юноши он сделался врагом государства. И если поступки человека хоть сколько-нибудь детерминированы средой, то не исключено, ключ к разгадке ленинского поведения следует искать в самом городе» [15, с. 45]. Пытаясь понять студента Ульянова, автор повторяет его путь на студенческую сходку 1887 года. Оказавшись во внутреннем дворе исторического университетского городка, он фиксирует его особый образ: «Невольно возникает ощущение, что попал куда-то в Петербург; при желании казанским «декабристам» было, наверное, несложно соотнести это пространство с Сенатской площадью». Здесь его внимание привлекает «анатомический театр с ротондой из восьми колонн» [15, с. 50]. Объясняя свой интерес к объекту, казалось бы, прямого отношения к теме биографического расследования не имеющего, автор рассказывает о брате матери своего героя – студенте Бланке, покончившем с собой в 1850-м году и оказавшемся в распоряжении студентов-медиков именно здесь. Едва ли это то главное, что заставляет литератора в своем описании Казани трижды упомянуть ее «одно из самых

примечательных зданий» [15, с. 50]. Осознание «странности момента в жизни человека с шахматным складом ума» [15, с. 61] – участия в сходке – потребовало выразительного символа казанского места (разлапистый, некомпактный, населенный 140 тысячами людей – достаточно, чтобы не привлекать к родственнику только что повешенного – город [15, с. 47]). Им и стал анатомический театр – классическая форма, предвещающая уже в начале пути финал – возведение после смерти героя ступенчатой пирамиды-мавзолея (места демонстрации пусть и с отличными целями все того же анатомического тела).

Явившись в предыдущем литературном рассмотрении знаком некой предопределенности и буквально начертанного на стенах знания об исходе жизни одного недоучившегося казанского студента, все тот же анатомический театр «вплетается» в сюжет повести А. Сахибадинова «Отец». Ее герой – еще один студент-недоучка, нареченный при рождении легендарным именем Искандер, но востребованный городской казанской окраиной (ни одного деревца в поселке Калуга, холмы да овраги [16, с. 110]) лишь как Санька. Сюжетный ряд повести, чей действенный ряд вмещает время от послевоенного до наших дней, – впечатляющее подтверждение одного из постулатов автора «Пантократора»: поступки человека детерминированы средой.

Автор «Отца» вторит Данилкину: «Вся юность Сани прошла в драках, жить на Калуге и не драться – невозможно» [16, с. 122]. Средовое окружение представлено в рамках противопоставления «центр-окраина». Ядро городского центра – все тот же университетский двор с его анатомическим театром. По сюжету это место странного объяснения в любви будущей матери его единственного ребенка – вырвавшихся наружу смятенных чувств и мрачных предзнаменований (толкая своей возлюбленной надпись на стене «анатомички», герой пророчит: «Я знаю, ты придешь на мою могилу» [16, с. 115]). Строение с латынью на фасаде – антипод родового дома (дом у них просторный, из кондовых бревен, открытые окна выходили в яблоневый сад, уходящий по склону в овраг [16, с. 113]). Два строения на склоне рельефа (одно с вертикальными ритмами классической колоннады, другое – изба с ее горизонтальными ритмами бревенчатых стен) – важные знаки жизни персонажа, протекающей в казанском месте; наложение его выразительных ритмов дает многозначное перекрестье (город как перекресток судеб).

Казанский историк С. Малышева, отслеживая дискурс смерти в символах, ритуалах и поведенческих нормах советской России, объясняет, только кажущуюся таковой, алогичность выбора формы и места для объяснения в любви героя повести. Рассматривая два, известных задолго до большевиков, полюса, определяющих процесс становления «нового человека» (между Эросом и Танатосом, в пользу последнего [17, с. 181]); места их выражения – некросимволические пространственные знаки, инициирующие рождение содержательных ритуалов, – она называет «заставами смерти» [17, с. 192]. Очевидно, для Казани одна из таких «застав» – Анатомический театр, выполняющий свою символическую функцию по сей день. Ухоженная площадка перед ним – излюбленное место для постоянных фотосессий молодоженов – потомков Адамы и Евы.

«Растворение» судеб героев (большая часть из них имеют конкретных прототипов) рассмотренных произведений в пространстве-времени Казани последних без малого полутора столетий оказывается невозможным без включения в повествовательную ткань конкретного архитектурного знака. Знака, казалось бы, из ставшего музейно-мемориальным прошлого, далекого от насущных городских проблем. При этом сюжеты двух произведений никак не связаны со специфической медицинской тематикой и лишь один автор – Забусов имеет опыт действенного ее осознания. Трое других в обязательном порядке упоминают латинскую надпись на фасаде – для них, очевидно, важную.

Украинские исследователи эпиграфики К.К. Васильев, А.В. Мельниченко, К.Ю. Васильев, отмечая в рассмотрении фасадов зданий медицинского факультета Новороссийского университета четкое подчинение подобных надписей композиционной логике архитектурных построений, переводят наше изречение как: «Вот место, где смерть охотно помогает жизни». Они же говорят об «обращении» стен анатомических и патологоанатомических учреждений самых разных мест в буквально архитектурный текст как о традиции, берущей начало в XVII веке (впервые эта фраза появляется на Парижском анатомическом театре) [18, с. 75]. Подобное знание позволяет говорить о Казанском Анатомическом театре, как историческом месте укоренения специфического

научного знания и освященной веками традиции, являющих себя в буквально архитектурном тексте. Толкования его «смыслового ядра» многообразны, а «считывание» носит, прежде всего, ассоциативно-эмоциональный характер, что позволяет интерпретаторам пространственных посланий утверждать: «Способность архитектурного текста порождать эмоциональное содержание во многом близка поэзии, в ней также важен выбор и порядок расстановки знаков (размер, ритм, рифма и прочее) [7, с. 54]. Привлекающая внимание и указывающая на истоки как медицинского, так и архитектурного знания латынь на казанском фасаде не исчерпывает возможности рассматриваемого архитектурного текста накапливать и транслировать смыслы. Надпись, появившаяся на здании многим позже его возведения (1970), лишь дублирует то, о чем сама архитектурная форма и ее местоположение в пространстве «говорили» изначально.

Заключение

Архитектура в ее семантическом звучании – важная часть исторического наследия всякого места. Ее свойства – хранить и транслировать смыслы – в современном архитектурном дискурсе определяются понятиями «дух места», «архитектурный текст».

Исследователи говорят о возможности «чтения» и понимания архитектурного текста-здания на различных уровнях восприятия и сознания – вплоть до мифо-символов. Последнее особенно характерно для классической архитектуры XIX века, которая своими формами и приемами их компоновки эти символы овеществляет. В казанском архитектурном тексте подобным знаком материального воплощения смыслов (как заложенных автором строения – традиционных, так и трансформационных – привнесенных временем) стало здание Анатомического театра архитектора М.П. Коринфского. Формы и принципы построения, стилевое решение, местоположение, долгосрочная неизменность осуществляемых функций (ныне – Музей кафедры нормальной анатомии КГМУ), сила эмоционального воздействия на горожан – все это придает архитектурному знаку, недостижимую другими средовыми трансляторами смыслов, глубину и многозначность.

Эта многозначность определяет интерес к архитектурному памятнику современных российских литераторов. «Включение» в повествовательную ткань их произведений классической формы во многом определяет глубину осмысления характеров персонажей – обитателей узнаваемого исторического места. Казань, буквально, котел текстов, а аналогия «архитектура – литература» действенна, как при рассмотрении его архитектурных знаков, так и их литературных отражений. Все вместе они – выразители духа места, определяющего подлинность всякого исторического города.

Список библиографических ссылок

1. Stephens J., Tiwari R. Symbolic estates: community identity and empowerment through heritage // *International Journal of Heritage Studies*. 2015. № 1. Vol. 21. P. 99–114.
2. Чарли Дж. Дезинтегрирующийся город. Заметки об архитектурном и литературном авангарде : сб. ст. Международной научной конференции «Хан-Магомедовские чтения». М.-СПб. : Коло, 2015. С. 64–72.
3. Нигматуллина Л. А., Коновалова Л. Н. Формирование коммуникативной культуры как базовой компетенции посредством внедрения проектной деятельности и читательских конференций в учебный процесс // *Казанская наука*. 2018. № 1. С. 12–14.
4. Veldpaus L., Pepeira Roders A., Colenbrander B. Urban Heritag: Putting the Past into the Future // *The Historic Environment*. 2013. № 1. Vol. 4. P. 3–18.
5. Надырова Х. Г. Хартии ИКОМОС и охранно-реставрационная деятельность в республике Татарстан : сб. ст. V Международной научно-практической конференции «Культурное наследие в XXI веке: сохранение, использование, популяризация» / КГАСУ. Казань, 2017. С. 201–208.
6. Lineu Castello. Rethinking the Meaning of Place. Conceiving Place in Architecture-Urbanism. London : Routledge, 2016. 276 p.
7. Федоров В. В. Архитектурный текст: Очерки по восприятию и пониманию

- городской среды. М. : ЛЕНАНД, 2016. 160 с.
8. Кавтарадзе С. Анатомия архитектуры. Семь книг о логике, форме и смысле. М. : Изд. Дом Высшей школы экономики, 2015. 472 с.
 9. Histoire du corps / sous la direction de A. Corbin, J.-J. Courtine, G. Vigarello. 1. De la Renaissance aux Lumières / volume dirigé par G. Vigarello. Paris : Editions du Seuil, 2005. 573 p.
 10. Cleveland B., Kvan. T. Designing learning spaces for interprofessional education in the anatomical sciences // Anatomical sciences education. 2015. № 8. P. 371–380.
 11. Из первых лет казанского университета (1805-1819). Рассказы по архивным документам Н. Булича. Часть первая. СПб. : Типография И.Н. Скороходова, 1904. 558 с.
 12. Стрелков Е. М. Фигуры разума. Истории о науке. Н. Новгород : Дирижабль, 2015. 192 с.
 13. Яхина Г. Ш. Зулейха открывает глаза. М. : АСТ : Редакция Елены Шубиной, 2016. 508 с.
 14. Забусов Ю. Г. Избранная проза. Казань : Kazan-Казань, 2012. 104 с.
 15. Данилкин Л. А. Ленин: Пантократор солнечных пылинок. М. : Молодая гвардия, 2017. 783 с.
 16. Сахибзадинов А. Отец // Казань. 2018. № 9. С. 110–123.
 17. Malyševa S. Der rote Thanatos: Nekrosymbolismus in der sowjetischen Kultur // Jahrbuch für Historische Kommunismusforschung 2015. Berlin : Metropol Verlag Berlin, 2015. S. 181–198.
 18. Васильев К. К., Мельниченко А. В., Васильев К. Ю. Из истории возведения и эпиграфики зданий медицинского факультета Новороссийского университета // Интегративна Антропология. 2014. № 2 (24). С. 73–79.

Ryabov Nikolay Fedorovich

senior lecture

E-mail: ryabov.kazan@gmail.com

Kazan State University of Architecture and Engineering

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

Grachev Peter Vladimirovich

director of extended learning and development programs

E-mail: peter.grachev@gmail.com

ANO HE «Innopolis University»

The organization address: 420500, Russia, Innopolis, Yniversitetskaya st., 1

Kazan Anatomical Theater in the framework of the analogy «architecture-literature»

Abstract

Problem statement. The importance of a balance between tangible and intangible heritage of historical cities and its preservation are fundamental to the interdisciplinary approach to historical landmarks examination. The objective of the present work is to apply the «Architecture-Literature» analogy to the significant landmark of the Kazan architectural text – the Anatomical Theatre of the Imperial Kazan University (1837) – aiming to characterise and study its universal semantic meanings.

Results. The Latin inscription on the facade of the Anatomical Theatre 'Hic locus est ubi mors gaudet succurrere vitae' is the sufficient definition of the meaning of this Kazan landmark. The Theater is the perfect construction for its direct purpose – a place for dramatic turns in human destiny and for examination of the human nature. These meanings define the interest of the contemporary Russian homme de lettres (Yu.G. Zabusov, L.A. Danilkin, A. Sahibzadinov, and G.Sh. Yakhina) in this object-sign. For them and their readers it embodies the very spirit of the historical landmark, the way and meaning of lives, and the mission of its denizens. Literary concepts and terms can provide contemporary architects with understanding of urban realm as a space inextricably entwined with a mind transforming it.

Conclusions. The achieved results can impact the development of interdisciplinary approach to examination of landmarks as of architectural phenomena of the urban environment they are situated in. Understanding the importance of intangible architectural heritage (in the present context we mean the specific description and depiction of classical architecture of the XIX century in literary texts) its essential to the identity and the spirit of any historical landmark.

Keywords: architectural ensemble of the Imperial Kazan University, the Anatomical Theater, architect M. P. Korinfsky, architectural text, spirit of a place.

References

1. Stephens J., Tiwari R. Symbolic estates: community identity and empowerment through heritage // *International Journal of Heritage Studies*. 2015. № 1. Vol. 21. P. 99–114.
2. Charli Dj. Des(integrating) city. Notes on the architectural and literary avant-garde : diq. of art. International scientific conference «Khan-Magometov readings». M.-SPb. : Kolo, 2015. P. 64–72.
3. Nigmatullina L. A., Konovalova L. N. The formation of a communicative culture as a basic competence through the introduction of project activities and reader conferences in the educational process // *Kazanskaya nauka*. 2018. № 1. P. 12–14.
4. Veldpau L., Pepeira Roders A., Colenbrander B. Urban Heritag: Putting the Past into the Future // *The Historic Environment*. 2013. № 1. Vol. 4. P. 3–18.
5. Nadyrova Kh. G. The charters of ICOMOS and conservation and restoration activities in the republic of Tatarstan : diq. of art. International scientific-practical conference «Cultural heritage in the XXI century: preservation, use, popularization» / KГASU. Kazan, 2017. P. 201–208.
6. Lineu Castello. Rethinking the Meaning of Place. Conceiving Place in Architecture-Urbanism. London : Routledge, 2016. 276 p.
7. Fedorov V. V. Architectural text: Essays on the perception and understanding of the urban environment. M. : LENAND, 2016. 160 p.
8. Kavtaradze S. The Anatomy of Architecture: Seven Books on Logic Form and Meaning. M. : HSE Publishing House, 2015. 472 p.
9. History of the body/soul direction A. Corbin, J.-J. Courtine, G. Vigarello. 1. From the Renaissance to the Enlightenment/volume directed by G. Vigarello. Paris : Editions du Seuil, 2005. 573 p.
10. Cleveland B., Kvan. T. Designing learning spaces for interprofessional education in the anatomical sciences // *Anatomical sciences education*. 2015. № 8. P. 371–380.
11. From the first years of Kazan University (1805-1819). Stories on the archival documents of N. Bulich. Part one. SPb. : Tipografiya I.N. Skorohodova, 1904. 558 p.
12. Strelkov E. M. Mind figures. Stories about science. N. Novgorod : Dirizhabl, 2015. 192 p.
13. Yahina G. Sh. Zuleikha opens her eyes. M. : AST : Redaktsiya Eleni Shubinoi, 2016. 508 p.
14. Zabusov Y. G. Selected prose. Kazan : Kazan-Kazan, 2012. 104 p.
15. Danilkin L. A. Lenin: Pantocrator solar dust. M. : Molodaya gvardiya, 2017. 783 p.
16. Sahibzadinov A. Father // *Kazan*. 2018. № 9. P. 110–123.
17. Malysheva S. The Red Thanatos: Necrosymbolism in Soviet Culture // *Yearbook for Historical Communist Reform* 2015. Berlin : Metropol Verlag Berlin, 2015. P. 181–198.
18. Vasilyev K. K., Melnichenko A. V., Vasilyev K. Y. From the history of construction and epigraphy of buildings of the Medical Faculty of the University of Novorossiysk // *Integrativna Antropologia*. 2014. № 2 (24). P. 73–79.



УДК 711.4-163, 711.4-168

Арсентьева Юлия Павловна

архитектор

E-mail: arsenburg@yandex.ru

АНО «Дирекция спортивных и социальных проектов»

Адрес организации: 420055, Россия, г. Казань, ул. деревня Универсиады, д. 35

Латыпова Мария Сергеевна

старший преподаватель

E-mail: latypovamary@gmail.com

Гафурова Светлана Валерьевна

ассистент

E-mail: s.v.gafurova@mail.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

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

Анализ редевелопмента планировочной структуры района ZAC Seguin – Rives de Seine округа Булонь-Бийанкур во Франции

Аннотация

Постановка задачи. Цель исследования – выявление эффективных принципов организации жилой среды и общественных пространств как ее элементов, применяемых в ходе реорганизации прибрежных промышленных зон, пришедших в запустение в связи с устареванием их технического состояния, на примере района ZAC Seguin – Rives de Seine округа Булонь-Бийанкур вблизи г. Парижа во Франции.

Результаты. В ходе выполненного исследования выявлены ключевые принципы объемно-планировочной организации жилой среды и общественных пространств, применяемые в рамках редевелопмента промышленных территорий, с учетом влияния фактора близкого расположения к территории водного объекта.

Выводы. Значимость полученных результатов для строительной отрасли и градостроительной практики заключается в возможности применения выявленных принципов организации жилой среды и общественных пространств в рамках редевелопмента и комплексного освоения прибрежных промышленных зон на территории Российской Федерации.

Ключевые слова: жилая среда, общественные пространства, прибрежные территории, редевелопмент промышленных территорий.

Введение

С начала XX века в странах Запада получает широкое развитие тенденция редевелопмента промышленных зон крупных городов. В связи с высокими темпами урбанизации, территории городов расширялись, и промышленные зоны, прежде сформировавшиеся в их пределах, устаревающие технологически, оказывали неблагоприятное воздействие на окружающую среду, нарушали градостроительные пропорции и визуальный облик планировочных образований, служили причиной гипертрофированных транспортных потоков, что провоцировало социальную напряженность и снижало уровень комфортности городской среды [1]. Для исключения негативных последствий влияния производственного фактора на качество городской среды в ведущих европейских странах были запланированы программы редевелопмента промышленных зон.

На сегодняшний день в условиях возрастающей скорости урбанизации крупнейших отечественных городов вопрос редевелопмента промышленных территорий также приобретает высокую актуальность. В пределах крупных городов России наблюдается почти полное отсутствие свободных площадок под застройку, проблема ограниченности территориальных ресурсов служит дополнительным импульсом для активизации процессов редевелопмента промышленных зон, пришедших в запустение. В ходе градостроительного проектирования, для обеспечения эффективности реализации принимаемых проектных решений, необходимо учитывать лучший опыт реорганизации

производственных зон в крупнейших городах Европы, так как характеристики данных городов в значительной степени соответствуют характеристикам городов России.

Одним из успешных примеров реализации подобных проектов стал проект реорганизации территории завода Renault в округе Булонь-Бийанкур вблизи г. Парижа, сформированном в 1925 году и объединившим в себе два парижских предместья – буржуазный пригород Булонь и промышленный Бийанкур. В западной Европе парижская агломерация выступает в числе лидеров по величине и силе влияния, концентрации на ее территории производственных мощностей. Производственная деятельность оказывала существенную нагрузку на окружающую среду, в связи с чем в 1960-х гг. был начат процесс реорганизации промышленных территорий Парижа и прилегающих округов [2].

Территория, в границах которой было принято решение по осуществлению редевелопмента, получила название ZAC Seguin – Rives de Seine, общая площадь района составила приблизительно 88 га.

Особенности развития территории района ZAC Seguin – Rives de Seine в исторической перспективе

Завод Renault, основанный на территории округа Булонь-Бийанкур в 1898 году, вносил свой вклад в его развитие на протяжении практически целого столетия. Скорость развития автомобильного производства в XX веке привела к быстрому увеличению территории, занимаемой цехами завода Renault: площадь производственной зоны увеличилась с 0,5 га в 1900 году до 100 га в 1939 году. Однако, начиная с 80-х годов XX века, происходит спад производственной мощности завода: возросшая конкуренция в области автомобилестроения требовала внедрения новых технологических процессов. Производственные цеха Renault округа Булонь-Бийанкур не справлялись с поставленными задачами, в связи с чем в марте 1992 года происходит полная остановка промышленного производства.

Реорганизация территории завода Renault становится проектом национальной важности для Парижа, поскольку к этому времени проблема нехватки территориальных резервов для развития города становится более острой.

После остановки производства в 1999 году Renault начинает переговоры с девелоперами о продаже земли площадью 52 га в районе Трапез (Trapeze). В 2000 году Renault подписывает договор о продаже прав на строительство консорциуму девелоперов DBS (Development-Boulogne-Seguin), в который вошли три государственных застройщика: Nexity, Vinci-Immobilier и Icade. Передача земли застройщикам должна была осуществляться постепенно в соответствии с установленным графиком.

Главным ограничением, наложенным городскими властями на территорию, стало требование обеспечить смешанное функциональное зонирование нового района [3]. Застройка района должна была предусматривать жилье широкого типологического разнообразия, в т.ч. 30 % социального жилья, офисы и места приложения труда, объекты социального и коммерческого обслуживания.

Консорциум DBS совместно с Renault проводит исследование по вопросам градостроительного развития территории с целью формирования ее единого генерального плана. В границы исследования также включается территория района Пон-де-Севр (Pont de Sevres) с целью создания единой планировочной структуры нового района. С учетом выполненного анализа 6 июня 2002 года была завершена разработка генерального плана района – plan locaux d’urbanisme (PLU), определяющего основные направления развития его территории (рис. 1). В 2003 году муниципалитет Булонь-Бийанкур создает зону согласованного планирования (zone d’aménagement concerté, ZAC), включившую в себя планировочные районы Пон-де-Севр (Pont de Sevres), Трапез (Trapeze) и остров Сеген (Ile Seguin). После согласования генерального плана создается общество SAEM Val de Seine Amenagement, отвечающее за руководство работой по развитию района от имени города. Управленческий механизм, реализованный в рамках проекта редевелопмента района ZAC Seguin – Rives de Seine, обеспечил эффективное планирование, координацию, контроль на всех этапах проектирования и строительства, и, как результат, максимальное раскрытие потенциала территории [4].

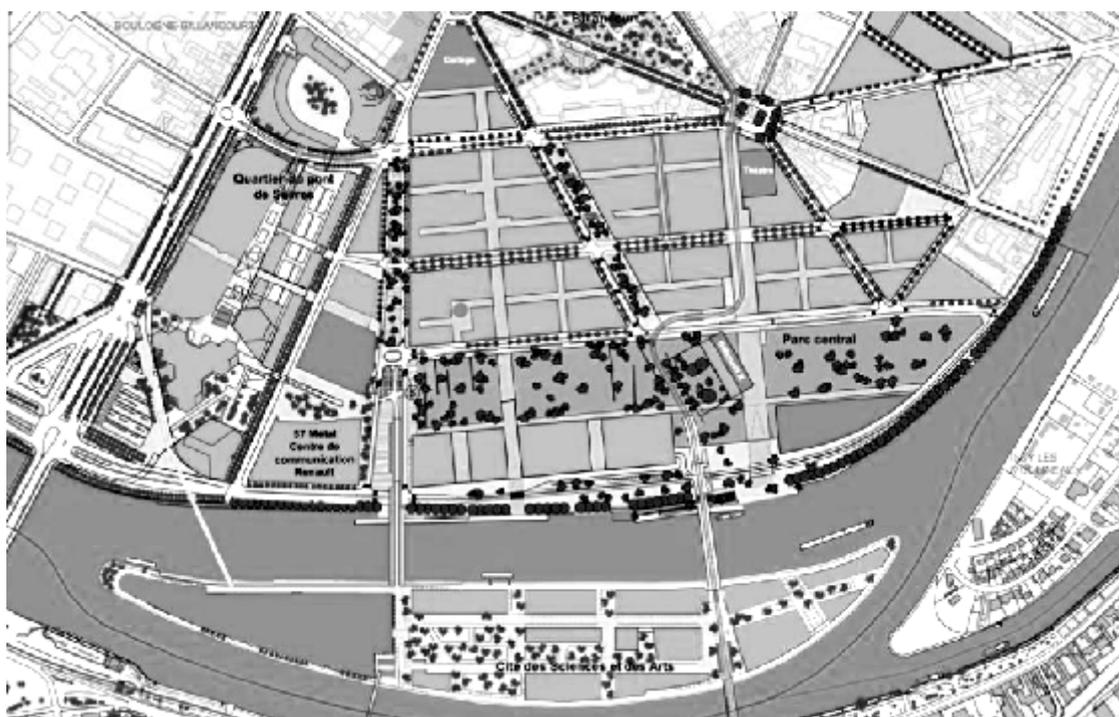


Рис. 1. Генеральный план района ZAC Seguin – Rives de Seine, разработанный в 2002 году
(источник: https://www.ffue.org/wp-content/uploads/2013/06/CERCLE_G_130905_Bailly_Seguin-Billancourt.pdf)

Ключевые принципы планировочной организации территории района ZAC Seguin – Rives de Seine

Три планировочных района зоны согласованного планирования (ZAC) – Пон-де-Севр, Трапез и остров Сеген (рис. 2) в настоящее время успешно объединены общими пешеходным и ландшафтным каркасами и представляют собой гармонично функционирующую градостроительную систему. Редевелопмент территории зоны согласованного планирования осуществлялся в несколько этапов: первая очередь реорганизации территории была начата в 1970 году и включила в себя планировочный район Пон-де-Севр, второй очередью производится реорганизация планировочных районов Трапез и остров Сеген.

На территории планировочного района Пон-де-Севр, занимающего площадь 10 га, ранее также располагались производственные объекты завода Renault. В результате реорганизации территории, начатой в 1970-х годах, в соответствии с проектом, разработанным Даниэлем Бадани и Пьером Ру-Дорлю, был сформирован планировочный район с размещением приподнятых на стилобате трех офисных башен, жилых домов и парковочных площадей. В общей сложности было возведено около 2,4 тыс. единиц жилья, из которых 1,2 тыс. единиц – социальное жилье, 60 тыс. м² офисных и 10 тыс. м² коммерческих площадей [5]. В основе конфигурации зданий района лежат простые геометрические формы – шестиугольники (офисные башни), кольца, пирамиды или полумесяцы. Архитектура Пон-де-Севр, возникшая в послевоенный восстановительный период, крупномасштабна, олицетворяет собой эффективность технологий индустриального строительства.

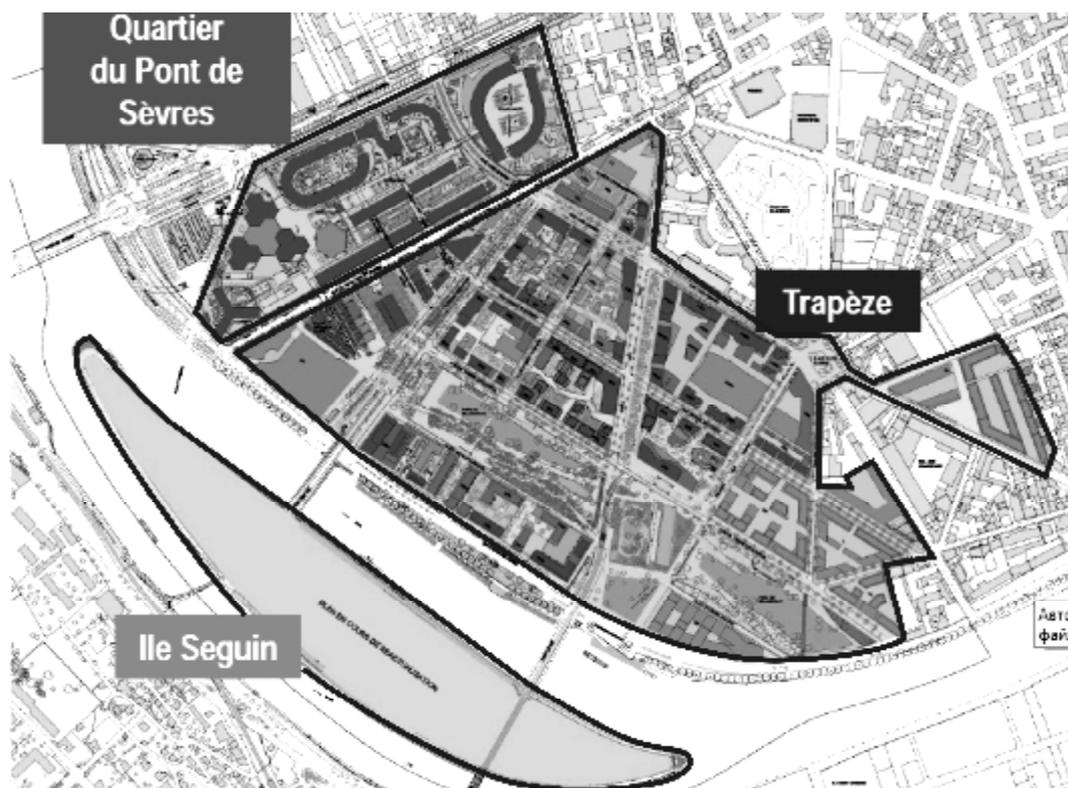


Рис. 2. Планировочная организация района ZAC Seguin – Rives de Seine
(источник: https://www.ffue.org/wp-content/uploads/2013/06/CERCLE_G_130905_Bailly_Seguin-Billancourt)

С 2009 года начинается масштабная градостроительная реконструкция планировочного района Пон-де-Севр, направленная на грамотную интеграцию существующей застройки в общую структуру района ZAC Seguin – Rives de Seine.

Основными целями градостроительной реконструкции выступают:

- повышение качества жилой среды средствами реконструкции существующего жилья;
- повышение проницаемости городской ткани посредством создания новых пешеходных связей;
- реструктуризация открытых общественных пространств и повышение привлекательности района;
- реструктуризация и раскрытие ресурсов существующей застройки района.

В рамках проекта реконструкции предусматривается устройство новых мостов и улиц, обеспечиваются дополнительные пешеходные связи района Пон-де-Севр с районом Трапез и островом Сеген, достигается высокий уровень пешеходной проницаемости в пределах территории района. Пешеходный мост Lemaotre, открытый с 13 июля 2012 года и являющийся ключевым символом реконструкции района, соединил верхнюю часть территории Пон-де-Севр с островом Сеген, обеспечил доступ к парку Бийанкур и станции метро Pont de Sevres. Также строится пешеходный мост Renault между нижней частью района Пон-де-Севр и площадью Жозефа Франца, обеспечивая прямой доступ к острову Сеген.

С целью повышения уровня комфортности жилой среды проектом реконструкции уделяется пристальное внимание соотношению частных и общественных пространств: организуются новые общественные пространства (зона Le Mail des Provinces общей площадью 6 га, включающая озелененные променады, игровые площадки и места отдыха, площадь Жоржа Бесса и др.), образующие прогулочную сеть, связывающую между собой основные объекты районов Пон-де-Севр и Трапез. Реконструкция верхней части Пон-де-Севр была завершена в 2016 году с открытием отреставрированных Домиником Перро офисных башен Renault, получивших новое название Citylights. Второй этап реконструкции, начатый в начале 2018 года, продлится до 2020 года.

Название второго планировочного района Трапез (Trapeze) обусловлено геометрической формой территории, напоминающей трапецию. Район Трапез имеет площадь 66 га и ограничивается на севере улицей Rue Yuév Kermen, на западе улицей Pont de Sevres, на востоке улицей Nationale и рекой Сена на юге.

Ведущей задачей редевелопмента стало преобразование промышленной территории в район с застройкой смешанного функционального использования, имеющий насыщенную социально-культурную инфраструктуру и развитую сеть общественных пространств. Осуществление редевелопмента района было запланировано в два этапа: этап «Восток» и этап «Запад». Реорганизация территории, отнесенной к первому этапу «Запад», была начата в 2008 году и в настоящее время завершена: построено 40 жилых и офисных зданий, достигнут показатель 6 тыс. жителей. Реализация второго этапа «Восток» стартовала в 2012 году, плановым сроком завершения работ определен 2023 год. Планируемые показатели района по численности населения после завершения реорганизации по двум этапам – 12 тыс. жителей и 10-12 тыс. офисных сотрудников. В составе застройки района предусматривается 36 га жилой застройки, в том числе 1/3 субсидируемого социального жилья и специализированного жилья, отвечающего потребностям определенных социальных групп – студентов, пожилых людей, людей с ограниченными возможностями, 23 га офисной застройки и 7 га коммерческих и общественных объектов [6]. Планировочным решением района предусматривается организация развитого ландшафтного каркаса, состоящего из бульваров, променадов, скверов, озелененных дворов, сердцем и центром композиции, которого становится парк Бийанкур.

Концепция реорганизации района также предполагает реализацию технологий эффективного энергопотребления: инженерные системы отопления и кондиционирования предусматривают использование до 65 % возобновляемых источников энергии (геотермальная энергия и энергия солнца).

Ключевыми целями редевелопмента территории выступают:

- развитие разветвленной системы общественных пространств, занимающих до 50 % территории района;
- развитие пешеходного и велосипедного движения, способствующего ограничению использования автомобилей;
- использование возобновляемых источников энергии и достижение высокого уровня энергоэффективности зданий;
- формирование социальной и функциональной смешанности;
- эффективное управление водными ресурсами – минимизация рисков наводнений, улучшение качества дождевой воды, сбрасываемой в бассейн реки Сена;
- улучшение качества ландшафта и воссоздание природного биоразнообразия.

Остров Сеген является третьим планировочным районом территории ZAC Seguin – Rives de Seine и имеет площадь 11,5 га. Концепцией реорганизации территории предусматривается трансформация острова в культурный кластер [7].

Главным архитектурным акцентом острова Сеген является многофункциональный комплекс «La Seine Musicale», спроектированный архитекторами Жаном де Гастинесом и Шигеру Баном. Объект был реализован в рамках частно-государственного партнерства и сосредоточил в себе концертные, выставочные, прогулочные пространства, залы деловой программы, рестораны и коммерческие площади. Конфигурация здания подчеркивает изогнутую геометрию острова, а фасад объекта украшает конструкция паруса, облицованная фотоэлектрическими солнечными панелями площадью более чем 1 тыс. м². Парус вращается вокруг ажурного деревянного объема большого зрительного зала, следуя за ходом солнца. На крыше объема зрительного зала расположен парк, доступный для публики.

В настоящее время на острове Сеген продолжается строительство объектов культуры, в 2021 году планируется открытие крупного культурного арт-центра общей площадью 5 тыс. м², включающего в себя мультидисциплинарный художественный центр, кинотеатр с 8 зрительными залами и отель, ориентированный на творческую публику. Архитекторами культурного центра выступили каталонский коллектив RCR Architectes и французское бюро Calq.

В связи с высокой привлекательностью острова Сеген для цифрового и творческого

бизнеса на его территории также запланировано строительство 112 тыс. м² офисных площадей и организация до 8 тыс. рабочих мест.

Особенности структурно-функциональной организации района ZAC Seguin – Rives de Seine

1. Морфология застройки. Морфология застройки района ZAC Seguin – Rives de Seine представляет собой естественное продолжение плотно застроенного городского ядра Парижа. Застройкой формируется плавный переход от высокоплотных кварталов в центре района к менее плотно застроенной периферийной части вблизи берега реки Сена. Этажность зданий варьируется от 2 до 9 этажей в центральной части района и от 8 до 12 этажей на периферии, что также способствует морфологическому разнообразию застройки территории.

2. Макролоты – как основной планировочный элемент застройки района. Местными градостроительными нормами базовым элементом планировочной организации территории района определен макролот. На территории района ZAC Seguin – Rives de Seine макролоты представлены размерами 200-400 м в длину и 150-200 м в ширину. В составе макролота предусматриваются зоны для офисной и жилой застройки с объектами социального и коммерческого обслуживания в первых этажах зданий, зона внутреннего двора и зона общественного пространства – по внешнему периметру застройки. Права на строительство в макролотах распределяются между участниками группы DBS в соответствии со спецификой строительства (социальное или коммерческое жилье, офисы, объекты социальной инфраструктуры). В каждом макролоте возможна застройка площадью от 3 до 5 га. Площадь зданий также нормируется значениями от 5 до 10 тыс. м² [3]. Ключевой особенностью макролотов является открытость их внутреннего пространства для пешеходов, что способствует пешеходной проницаемости района.

3. Архитектурное разнообразие застройки. Систематическое применение инструмента архитектурных конкурсов позволило сформировать архитектурное разнообразие застройки района. Архитектурные и градостроительные решения каждого макролота были определены в соответствии с результатами конкурсов, организованных с учетом технических заданий, составленных координатором по вопросам градостроительного планирования района Патриком Шаванном, и согласованных с SAEM Val de Seine Aménagement. В результате конкурсных процедур в разработке архитектурных решений застройки района приняли участие более 90 ведущих французских и зарубежных архитекторов.

Ключевые принципы организации жилой среды района ZAC Seguin – Rives de Seine

Функциональное и социальное смешение выступает одной из наиболее значимых целей в рамках проектирования и реализации района ZAC Seguin – Rives de Seine. Но, несмотря на это, преобладающей функцией застройки района выступает жилая функция: показатели в части жилья, достижение которых планируется по итогам завершения строительства, – не менее 5,8 тыс. единиц жилья с прогнозным населением 12-13 тыс. человек, что составляет приблизительно 10 % населения округа Булонь-Бийанкур.

В соответствии с местными градостроительными регламентами, город и SAEM Val de Seine Aménagement ввели квоту на строительство социального жилья в объеме 30 % от общего объема строительства жилой застройки на территории района. Данное требование обосновано дефицитом свободных участков для строительства социального жилья на территории округа Булонь-Бийанкур. Доступность социального жилья является одним из условий эффективного социального смешения в районе. Участие города в финансировании социального жилья, реализованного на территории района ZAC Seguin – Rives de Seine, выражается в компенсации затрат на его строительство в объеме 5 тыс. евро за единицу жилья и 1,8 тыс. евро за единицу специализированного жилья, независимо от согласованной с застройщиком стоимости продажи данного жилья [3].

В восточной части планировочного района Трапез предусматривается реализация программы строительства арендного жилья с невысокой арендной платой от 14 до 19 евро за 1 м². Данный класс жилья ориентирован на семьи, имеющие ежемесячный доход, не позволяющий оплачивать арендное жилье более высокой стоимости, но

превышающий доход семей, проживающих в социальном жилье. Реализация арендного жилья указанного типа позволит освободить определенный объем социального жилья, занимаемый в настоящее время населением с более высоким уровнем доходов.

Размещение социального жилья нормируется, как на уровне макролоота, так и на уровне всей территории района, что позволяет избежать концентрации данного типа жилья в наименее привлекательных местах и способствует легкой социальной интеграции. После согласования требуемого объема социального жилья в пределах каждого макролоота, застройщики консорциума DBS распределяют зоны ответственности в части его строительства, поскольку каждый застройщик обязан реализовать квоту на социальное жилье. Ключевым приемом в архитектурном облике жилых зданий стала нейтрализация возможных различий в зависимости от статуса владения, с целью устранения социальной маркировки.

Организация SAEM Val de Seine Aménagement также уточняет типологию желаемого жилья на территории района при помощи спецификации требований к недвижимости – CPPI. С целью обеспечения разнообразия жилых единиц приоритет отдается строительству большого семейного жилья для ликвидации дефицита жилья данного типа в округе Булонь-Бийанкур. Типология жилых единиц, установленная местным планом городского развития, включает в себя 25 % двухкомнатных квартир, 40 % трехкомнатных квартир, 30 % четырехкомнатных квартир и 5 % пятикомнатных квартир [3]. Площади жилых единиц различны в зависимости от того, являются ли они арендуемыми или социальными.

Фактор близкого расположения к проектируемой территории водного объекта и его влияние на формируемую жилую среду

Близкое расположение реки Сены оказало существенное влияние на планировочную организацию района ZAC Seguin – Rives de Seine: река послужила фактором, определившим необходимость применения принципов устойчивого развития городских территорий при градостроительном проектировании для обеспечения лучшего экологического состояния территории.

Являясь важнейшим элементом экологического каркаса района, река Сена выступила импульсом для проектирования и последующей реализации линейного парка Бийанкур с инженерными решениями, обеспечивающими защиту прилегающих жилых зон от подтопления в периоды полноводности реки, а также способствующими фильтрации и улучшению качества дождевых вод и вод поверхностного стока с учетом их дальнейшего попадания в бассейн Сены. Также в зеленом каркасе территории района фрагментарно цитируется прибрежный ландшафт Сены, рекой определена концепция ландшафтного благоустройства района. Для обеспечения связи городской территории с водой проектом предусмотрена прямоугольная ландшафтная площадь, объединяющая парк Бийанкур и зону набережной реки. Площадь и бульвар, являющийся ее продолжением, служат одной из главных пешеходных связей, соединяющей зоны жилой застройки сектора Трапез и набережную района.

Группы жилых зданий, формирующие первый фронт прибрежной застройки района, спроектированы с учетом принципа максимальной визуальной и пешеходной проницаемости кварталов для движения жителей в направлении береговой линии. Конфигурация и этажность зданий обеспечивает максимальное число квартир с видом на воду для организации визуальных связей с рекой.

Объемно-планировочные решения жилых зданий в прибрежной зоне предусматривают размещение коммерческой и общественной функций в первых этажах со стороны фасадов, выходящих к набережной. Фасады жилых зданий, расположенных в пределах макролоота D3, полностью остеклены. На каждом этаже предусмотрены линейные галереи с мобильным складчатым остеклением, выполняющие функцию смотровых площадок, а также затеняющие фасад от солнца. Основная плоскость фасада также полностью остеклена трансформируемыми витражами. Возможность менять конфигурацию пространств с учетом различного положения трансформируемых витражей и складчатого остекления галерей создает визуальный эффект дополнительной глубины фасада и обеспечивает прямую визуальную связь с рекой Сенной и островом

Сеген. Также образ реки оказал влияние на выбор отделочных материалов фасадов: светоотражающий материал облицовки галерей визуально расширяет пространство, а облицовочные панели стен здания имеют зеленоватый цвет, напоминающий цвет воды, и переливаются подобно водной глади [8]. Жилые здания, расположенные на макроте D2, также имеют большую площадь панорамного остекления, протяженные галерейные балконы с конструкциями для защиты от солнца.

В прибрежной зоне района преимущественно представлено жилье высокого класса комфортности: жильцы обеспечиваются комфортным доступом на набережную для проведения досуга, панорамным видом на реку или парк Бийанкур.

Принципы формирования общественных пространств округа Булонь-Бийанкур как элемента жилой среды

В основе планировочных принципов района ZAC Seguin – Rives de Seine лежит концепция города-парка, где высокоплотная застройка тесно переплетается с развитой многослойной системой озеленения территории. Структура рекреации формируется по принципу зеленой сети: все блоки застройки и все типы открытых городских пространств окружены зелеными границами, создающими непрерывный зеленый каркас. Такие же зеленые границы окружают все транспортные связи района. При этом ширина зеленой границы находится в прямой зависимости от ширины проезжей части и ранга дороги, порой достигая ширины равной самой проезжей части, как в случае с бульваром Иль Сеген. Ключевыми узловыми элементами зеленой сети района являются центральный парк Бийанкур и сад острова Сеген (рис. 3).

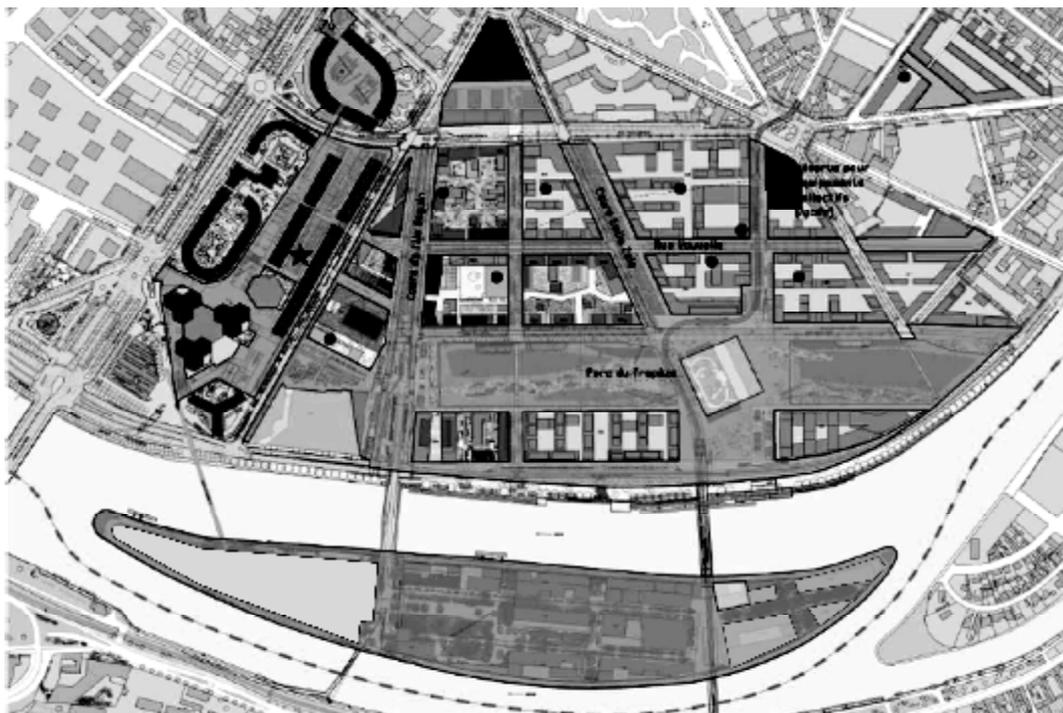


Рис. 3. Схема планировочной организации общественных пространств ZAC Seguin – Rives de Seine (источник: https://www.ffue.org/wp-content/uploads/2013/06/CERCLE_G_130905_Bailly_Seguin-Billancourt)

В 2006 году в рамках программы городского планирования было принято решение о создании главного ландшафтного объекта района ZAC Seguin – Rives de Seine – парка Бийанкур общей площадью 7 га. Авторским коллективом проекта парка выступило парижское архитектурно-ландшафтное бюро «Agence Ter» [9].

Основной идеей проекта парка Бийанкур является создание острова природы, вписанного в плотную городскую застройку. Парк, являясь зеленым ядром района, формирует крепкие ландшафтные связи с окружающими зданиями, их полуприватными и общественными

пространствами. Пешеходные связи парка и района функционируют как единая система. Благодаря линейной форме и утопленной конфигурации парк являет собой образ речного дока. Динамичный ландшафт парка с бассейнами, гравийными пластами, островами и заболоченными зонами рождает образ речной гавани, а жесткие по геометрии здания плотно примыкающей окружающей застройки символизируют пришвартованные суда [10].

Авторами проекта переосмысливается понятие ландшафтного парка как относительно статичного пространства. Уровень воды в реке оказывает прямое влияние на уровень воды в двух бассейнах, организованных в парке Бийанкур, тем самым периодически меняется ландшафтный облик парка: различные поверхности, уровни и островки покрываются водой или обнажаются, воссоздается эффект живого изменяемого приречного ландшафта, аналогичного ландшафту прибрежной зоны Сены. В парке Бийанкур реализована модель естественного берега реки – данное решение обеспечивает разнообразие визуальных образов при восприятии парка жителями района.

Парк Бийанкур является центральным элементом системы по управлению дождевой водой района ZAC Seguin – Rives de Seine. Проницаемость почв и запас воды в утопленных садах парка обеспечивают функцию фильтрации дождевой воды, часть которой накапливается в бассейне с целью ее повторного использования – полива зеленых насаждений. Бассейн для сбора дождевой воды состоит из заболоченной зоны и торфяника, примыкающего к песчаному берегу. На наиболее возвышенных участках парка организован ландшафт цветущего луга, не требующий обильного полива. Реализация разработанной концепции управления водными ресурсами способствует широкому биоразнообразию в пределах парка и ландшафтного каркаса района в целом. Ассортимент видов растений в ландшафтной организации парка предусматривает обеспечение устойчивости формирующихся экосистем: в парке воссоздается естественное биологическое разнообразие, истинная экологическая ниша, связанная с Сенной и другими зелеными зонами района.

Концепция освещения парка предусматривает почти полное его отсутствие. В связи с экономическими и экологическими причинами освещаются лишь периметр парка и центральная дорожка, определяющая направление движения посетителей в сумерках. Реализуется сценарий «сна» и «пробуждения» парка вместе с его посетителями [10].

На территории района ZAC Seguin – Rives de Seine также располагается сад острова Сеген, соединяющийся красивым мостом «Renault» с парком Бийанкур, спроектированным архитектором Марком Барани. Сад острова Сеген, созданный по проекту ландшафтного архитектора Мишеля Девинь, занимает площадь более 4 га. До открытия заводов Renault вся территория острова Сеген была покрыта общественными садами. Основной идеей проекта сада стало возрождение утерянного ландшафта с внедрением образовательной функции, посетители будут иметь возможность узнать о различных аспектах садоводства. Сад состоит из нескольких тематических ландшафтных зон, засаженных местными видами растений, двух больших зеленых зон для пикников и отдыха на траве. Система освещения сада была разработана известным дизайнером Янном Керсале.

Общественные пространства района ZAC Seguin – Rives de Seine предусматривают применение наиболее актуальных и эффективных экологических технологий в сочетании с глубоким художественным замыслом, особое внимание уделяется интеграции вновь проектируемых общественных пространств в сложившуюся планировочную структуру района.

Заключение

Реорганизация технологически устаревающих промышленных зон в настоящее время является одной из приоритетных задач современных крупных зарубежных и отечественных городов. Анализ успешного опыта редевелопмента промышленных территорий на примере района ZAC Seguin – Rives de Seine округа Булонь-Бийанкур вблизи г. Париж позволяет выявить ключевые принципы, градостроительные приемы и эффективные инструменты, применяемые в рамках реорганизации промышленных зон, с целью их использования при решении аналогичных градостроительных задач для городов Российской Федерации.

Для формирования качественной городской среды в рамках редевелопмента наиболее значимыми аспектами выступают: разработка структурированной системы

общественных пространств и пешеходных связей; формирование ландшафтно-экологического каркаса территории с учетом применения эффективных экологических технологий; архитектурное, функциональное и типологическое разнообразие застройки территории; создание комфортной жилой среды; убедительная интеграция формируемого планировочного образования в сложившуюся структуру города. Учет данных аспектов в отечественном градостроительном проектировании будет способствовать формированию городской среды, привлекательной для жителей российских городов.

Список библиографических ссылок

1. Титов С. А., Бирюков А. П. Европейский опыт реализации программ редевелопмента промышленных территорий мегаполисов // *Фундаментальные исследования*. 2015. № 11. С. 605–610.
2. Boulogne, secteur «ile Seguin-rives de Seine»: le nouveau quartier du Trapeze // jmrenard.wordpress.com : инф. портал. 2019. URL: <https://jmrenard.wordpress.com/2014/07/30/boulogne-secteur-ile-seguin-rives-de-seine-le-nouveau-quartier-du-trapeze/> (дата обращения: 13.12.2019).
3. Chavannes P. ZAC Seguin – Rives de Seine a Boulogne-Billancourt. P. : Batex Flash, 2013. 25 p.
4. Набиуллина К. Р. Реализация управленческих инноваций в градостроительстве: теоретический аспект // *Colloquium-journal*. 2019. № 16 (40) С. 4–5.
5. Le quartier du Pont De Sevres se reinvente // ileseguin-rivesdeseine.fr : оф. сайт Булонь-Бийанкур. 2017. URL: <https://www.ileseguin-rivesdeseine.fr/fr/le-quartier-du-pont-de-sevres> (дата обращения: 06.01.2020).
6. Le Trapeze: Un des premiers ecoquartiers de France // ileseguin-rivesdeseine.fr : оф. сайт Булонь-Бийанкур. 2017. URL: <https://www.ileseguin-rivesdeseine.fr/fr/le-quartier-du-trapeze> (дата обращения: 06.01.2020).
7. Ile Seguin: De l'ole industrielle a l'ole creative, numerique et durable // ileseguin-rivesdeseine.fr : оф. сайт Булонь-Бийанкур. 2017. URL: <https://www.ileseguin-rivesdeseine.fr/fr/le-quartier-du-trapeze> (дата обращения: 06.01.2020).
8. Housing, retail complex and public parking Boulogne-Billancourt, France // ibosvitart.com : оф. сайт арх. Жан Марка и Ибо Мирто Витар. 2016. URL: <http://www.ibosvitart.com/index.php/site/projet> (дата обращения: 06.01.2020).
9. Le Parc de Billancourt // otbb.org : сайт тур. офиса Булонь-Бийанкур. URL: <http://www.otbb.org/en/parc-de-billancourt/> (дата обращения: 06.12.2019).
10. Nature at mooring // landezine.com : плат. ланд. арх. URL: <http://landezine.com/index.php/2017/06/nature-at-mooring-boulogne-park-by-agence-ter/> (дата обращения: 01.12.2019).

Arsenteva Yulia Pavlovna

architect

E-mail: j.arsenteva@dspkazan.com

ANO «Directorate for sports and social projects»

Адрес организации: 420010, Russia, Kazan, Universiade Village st., 35

Latypova Maria Sergeevna

senior lecturer

E-mail: latypovamary@gmail.com

Gafurova Svetlana Valerievna

assistant

E-mail: s.v.gafurova@mail.ru

Kazan State University of Architecture and Engineering

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

Analysis of redevelopment of district's planning structure of ZAC Seguin – Rives de Seine, Boulogne-Billancourt region, France

Abstract

Problem statement. The purpose of the study is to identify effective principles for the living environment and public spaces as the element of the organization, used during the redevelopment of coastal industrial zones, which became desolate due to the obsolescence of their technical condition, using the example of the ZAC Seguin – Rives de Seine district of Boulogne-Billancourt region near Paris in France.

Results. In the course of the study, the key principles of the space-planning organization of the living environment and public spaces, used in the framework of the redevelopment of industrial areas, taking into account the influence of the proximity factor to the water body, were identified.

Conclusions. The significance of the results for the construction industry and urban planning practice lies in the possibility of applying the identified principles for the organization of the living environment and public spaces in the framework of redevelopment and integrated development of coastal industrial zones in the Russian Federation.

Keywords: living environment, public spaces, coastal areas, redevelopment of industrial areas.

References

1. Titov S. A., Biryukov A. P., European experience in implementing redevelopment programs for industrial territories of megacities // *Fundamental'nyye issledovaniya*. 2015. № 11. P. 605–610.
2. Boulogne, secteur «île Seguin-rives de Seine»: le nouveau quartier du Trapeze // *jmrenard.wordpress.com* : inf. website 2019. URL: <https://jmrenard.wordpress.com/2014/07/30/boulogne-secteur-ile-seguin-rives-de-seine-le-nouveau-quartier-du-trapeze/> (reference date: 13.12.2019).
3. Chavannes P. ZAC Seguin – Rives de Seine a Boulogne-Billancourt. P. : Batex Flash, 2013. 25 p.
4. Nabiullina K. R. Implementation of managerial innovations in urban planning: theoretical aspect // *Colloquium-journal*. 2019. № 16 (40). P. 4–5.
5. Le quartier du Pont De Sevres se reinvente // *ileseguin-rivesdeseine.fr* : off. website Boulogne-Billancourt. 2017. URL: <https://www.ileseguin-rivesdeseine.fr/fr/le-quartier-du-pont-de-sevres> (reference date: 06.01.2020).
6. Le Trapeze: Un des premiers ecoquartiers de France // *ileseguin-rivesdeseine.fr* : off. website Boulogne-Billancourt. 2017. URL: <https://www.ileseguin-rivesdeseine.fr/fr/le-quartier-du-trapeze> (reference date: 06.01.2020).
7. Ile Seguin: De l'ole industrielle a l'ole creative, numerique et durable // *ileseguin-rivesdeseine.fr* : off. website Boulogne-Billancourt. 2017. URL: <https://www.ileseguin-rivesdeseine.fr/fr/le-quartier-du-trapeze> (reference date: 06.01.2020).
8. Housing, retail complex and public parking Boulogne-Billancourt, France // *ibosvitart.com* : off. website Jean Marc and Ibos Myrto Vitart. 2016. URL: <http://www.ibosvitart.com/index.php/site/projet> (reference date: 15.01.2020).
9. Le Parc de Billancourt // *otbb.org*: tourist off. website Boulogne Billancourt. URL: <http://www.otbb.org/en/parc-de-billancourt/> (reference date: 06.12.2019).
10. Nature at mooring // *landezine.com* : landscape architecture platform. URL: <http://landezine.com/index.php/2017/06/nature-at-mooring-boulogne-park-by-agence-ter/> (reference date: 06.12.2019).

УДК: 711.4: 728.84(035)

Зиятдинов Зуфар Закиевич

кандидат архитектуры, доцент

E-mail: z.uf@yandex.ru

Михалчева Светлана Григорьевна

доцент

E-mail: mihcvet@yandex.ru

Пензенский государственный университет архитектуры и строительства

Адрес организации: 440028, Россия, г. Пенза, ул. Германа Титова, д. 28

Зиятдинов Тимур Зуфарович

архитектор

E-mail: tz1459@yandex.ru

ООО «Юникс»

Адрес организации: 440052, Россия, г. Пенза, ул. Мира, д. 9А

Влияние второго жилища на социальную эффективность жилой застройки

Аннотация

Постановка задачи. Цель исследования – выявить наиболее эффективный тип застройки по критерию социальных результатов: с одной стороны – многоквартирное жильё с садовыми участками его жителей, с другой – коттеджно-усадебная застройка, не предполагающая массового распространения вторых жилищ.

Результаты. Основные результаты исследования состоят в определении эффективности усадебной застройки относительно многоквартирных домов и вторых жилищ их жителей по единовременным затратам, эксплуатационным расходам и социальным результатам. Коттеджно-усадебная застройка на 17-28 % занимает меньше территорий и на 24-33 % имеет меньшую общую сметную стоимость строительства сравнительно с многоквартирной застройкой со вторыми жилищами ее жителей. Годовые эксплуатационные затраты коттеджно-усадебной застройки в 2,2 раза меньше эксплуатационных затрат многоквартирных домов и садоводческих товариществ их жителей.

Выводы. Значимость полученных результатов для архитектуры состоит в возможности применения полученных результатов при определении стратегии жилищного строительства и определении типов и этажности жилой застройки при разработке генеральных планов малых, средних и больших городов России.

Ключевые слова: садовый дом, дача, садоводческое товарищество, второе жилище, единовременные затраты, эксплуатационные расходы, социальные результаты, многоквартирная застройка, коттеджная застройка, индивидуальное жилищное строительство.

Введение

В настоящее время во многих государствах мира увеличивается численность принадлежащих горожанам загородных домов с приусадебными участками для временного пребывания с целью отдыха, занятий хобби, периодического экологического туризма, ведения садоводства и огородничества. Суммарная численность домов для временного пребывания составляет более 450 млн. единиц [1, 2].

В нашей стране массовое распространение получили садово-дачные наделы, локализованные в большинстве случаев в пригородных зонах. Согласно статистическим данным на 01.01.2020 более 15 млн российских семей являются членами садоводческих товариществ и имеют садовые участки с возведенными на них садовыми и жилыми домами и подсобными хозяйственными постройками [3, 4].

Одной из основных причин развития садоводческого движения является строительство многоквартирного жилья [5-7]. Многоквартирное строительство, детерминируя распространение садовых домов в структурах садоводческих товариществ, ведет к дополнительным расходам территориально-земельных ресурсов, необходимости инженерно-технического обеспечения функционирования садовых наделов и построек на

них, непроизводительным затратам времени на передвижения от мест постоянного проживания до поселков сезонного пребывания и т.д. [8, 9].

Особую остроту градостроительные проблемы развития второго жилища имеют в малых, средних и больших городах, где 80 % и более семей, проживающих в многоквартирных домах, приобретают садовые участки. В крупных и крупнейших городах доля правообладателей садовых наделов среди населения многоэтажной застройки на 20-35 % меньше относительно городов с населением до 250 тыс. жителей [8-10].

Актуализируется необходимость выполнения сравнительного анализа альтернативных видов жилой застройки: с одной стороны – коттеджно-усадебная застройка, не вызывающая потребности горожан во втором жилище, с другой – многоквартирная жилая застройка и вторые жилища ее жителей [9-11].

Сравнительный анализ проводится по трем составляющим:

- единовременные затраты;
- эксплуатационные расходы;
- социальные результаты.

Каждая составляющая представляет собой законченный самостоятельный раздел исследования.

В настоящей статье кратко изложены ранее опубликованные выводы сравнительного анализа по единовременным затратам [12] и эксплуатационным расходам [13, 14], а также приведены в развернутом виде исследования по третьей составляющей: социальные результаты.

Понятийно-категориальный аппарат эмпирического исследования

В настоящей работе использованы понятия «второе жилище», «поселок вторых жилищ», «массив садоводческих товариществ».

Второе жилище – дополнительная жилая ячейка в собственности семьи, не являющаяся ее первым, основным жилищем [15, 16].

Поселок вторых жилищ – поселение, в котором более половины домохозяйств являются вторыми жилищами [16].

Массив садоводческих товариществ – несколько товариществ, локализованных смежно друг с другом в пределах одной территории [16].

Научная новизна работы

Впервые определение социального эффекта выполнено с учетом развития второго жилища – садовых домов в структурах садоводческих товариществ и массивов.

Географические границы исследования

Охватывают территорию средней полосы Европейской Части Российской Федерации.

Выводы сравнительного анализа по единовременным затратам

Сравнительный анализ альтернативных типов жилой застройки в городах до 250 тыс. человек показал, что коттеджно-усадебная застройка на 17-28 % занимает меньше территорий и на 24-33 % имеет меньшую общую сметную стоимость строительства сравнительно с многоквартирной застройкой вкуче со вторыми жилищами ее жителей [3, 4, 9, 11, 12].

Экономический эффект от переориентации жилищного строительства в малых, средних и больших городах Российской Федерации, в основном, на усадебную застройку, не вызывающую массовой потребности в садовых участках, вместо преобладающего многоквартирного домостроения, порождающего массовое развитие второго жилища, составляет более 13,4 трлн. руб. в ценах II-го квартала 2018 года для Пензенской области [12].

Результаты расчетов по эксплуатационным затратам

Годовые эксплуатационные затраты коттеджно-усадебной застройки в 2,2 раза меньше эксплуатационных затрат многоквартирных домов вкуче с садоводческими товариществами их жителей. В денежном выражении выгода составляет (в ценах для

Пензенской области во II квартале 2018 года) для города с населением 100 и 250 тыс. жителей соответственно 1,75852 и 4,49309 млрд руб./год. или, в расчете на 1 жителя, 17-18 тыс. руб./год [3, 4, 9, 11, 13].

Результаты исследований по определению социальной эффективности альтернативных вариантов жилой застройки

Социальная эффективность внедрения проектов определяется общественно-значимыми результатами: улучшением физического здоровья населения; сокращением заболеваемости; увеличение продолжительности жизни и периода активной деятельности; улучшением условий труда и отдыха; созданием благоприятных условий для роста творческого потенциала личности, развития культуры и нравственного совершенствования человека; поддержанием экологического равновесия, включая сохранение генетического фонда флоры и фауны; сохранением эстетической ценности природных ландшафтов, памятников природы, заповедных зон и других охраняемых территорий и т.д. [17, 18].

В настоящей работе помимо перечисленных социальных результатов раскрыты социально-градостроительные эффекты.

Сравнительный анализ альтернативных вариантов жилой застройки показал, что в городах с населением до 250 тыс. жителей коттеджно-усадебная застройка является более предпочтительной по сравнению с многоквартирной застройкой и садовыми участками ее жителей по следующим социальным критериям:

- **Здоровье населения физическое, психическое и генетическое.** В отличие от усадебной застройки, «...высокоплотная многоэтажная застройка способствует развитию у людей психических заболеваний, а создание высокоурбанизированной среды... провоцирует многочисленные разновидности девиантного поведения...» [19]. По данным ученых-медиков «...лучше выбирать для проживания квартиры на первом или втором этаже... Чем выше этаж, тем больше различных заболеваний, среди которых расстройства опорно-двигательного аппарата, нарушение иммунитета, болезни сердечно-сосудистой и нервной систем» [20]. «Чем выше плотность населения, плотность размещения объектов техносферы и их мощь, – тем слабее физиологическое и психологическое воздействие Природы на человека, вследствие чего горожанин склонен утрачивать, прежде всего, психическое здоровье, а так же – физиологическое и генетическое...» [21]. «Плотность застройки многоэтажками (в том числе уплотняющей застройки в уже сложившихся кварталах) такова, что ... люди в них, просто фактом своего присутствия, биологически и психологически угнетают друг друга из-за высокой плотности населения» [21].

- **Экология.** При усадебном строительстве величина таких показателей, как плотность населения, коэффициент застройки, коэффициент плотности застройки, меньше сравнительно с многоквартирной застройкой. Рассредоточение антропогенной нагрузки на территорию способствует саморегенерации природной среды в отличие от многоэтажных районов, при которых во многих случаях присутствует сверхдопустимый, выше критических предельных значений, антропогенный прессинг на территорию, вызывающий ее эрозию и деградацию экосистемы [21].

В отличие от коттеджно-усадебной застройки многоэтажное жилье вызывает массовое развитие второго жилища. Суммарная площадь территории многоквартирных домов и вторых жилищ их жителей превышает площадь усадебной застройки [3; 9], – поэтому многоэтажное домостроительство исключает из естественной природы экосистем больше земель, нанося тем самым больший урон экологическим системам.

Жители коттеджей с приусадебными участками получают натуральные экологически чистые продукты питания [3, 4, 9].

- **Санитарно-эпидемиологическое благополучие.** В усадебной застройке меньше скорость и интенсивность распространения инфекционных заболеваний, в отличие от многоквартирной застройки, где болезнетворные микроорганизмы активно размножаются и передаются воздушно-капельным и тактильным путем во внеквартирных коридорах, лестничных клетках, лифтах, мусоропроводах, площадках для сбора твердых бытовых отходов и других пространствах общего пользования в структуре многоквартирного здания [11]. При широтной ориентации многоэтажных домов на

смежных с ними участках возникают зоны с отсутствием солнечной инсоляции, что негативно отражается на растениях и приводит к развитию грибковых организмов. Усадебные дома инсолируются как минимум с трех фасадов в отличие от многих квартир, где солнечными лучами обеззараживается не более одной жилой комнаты [13].

«...Увеличение плотности застройки... способствует увеличению общей ... и детской инфекционной ... заболеваемости, ... способствует увеличению загрязнения атмосферы селитебных территорий, повышается ее микробное загрязнение, особенно при отсутствии условий для эффективного проветривания» [22].

- **Демография.** Согласно статистическим данным и результатам исследований отечественных ученых коэффициент рождаемости (среднее число детей, рожденных женщиной) в семьях, проживающих в усадебных односемейных домах, выше сравнительно с многоквартирной застройкой [3]. Среднее число членов семей усадебной застройки в городах с населением до 250 тыс. жителей составляет от 2,6 до 4,6 чел. против 1,9-3 чел. в многоквартирной застройке. В усадебной застройке выше доля средне- и многодетных полных семей, а также сложных нуклеарных семей [23; 24] «...Не бывает хорошей демографии в мегаполисах, не располагают к этому клетушки. Рожают детей те, кто живут в собственных домах, на собственных участках» [23, 24].

- **Продовольственная продуктивность.** В усадебной застройке относительно порождаемых многоквартирными домами садовых участков выше продуктивность земельных наделов [3], усадебная застройка вносит большой вклад в продовольственную безопасность страны [3].

- **Гражданская оборона и антитеррористическая безопасность.** Ввиду малой плотности и рассредоточенности населения усадебная застройка более предпочтительна сравнительно с многоквартирной многоэтажной застройкой по критерию защищенности граждан и антитеррористической эффективности, поскольку вызывает меньшее число жертв и разрушений при точечных применениях средств поражения, особенно против применения средств массового поражения [3; 26]. Военные специалисты отмечают, что гипотетически ядерная атака по США: «...будет намного менее эффективной – население США... гораздо более рассредоточено за пределами компактных городских агломераций (широко известная «цивилизация пригородов» – suburbia)» [25, 26].

Социально-градостроительные эффекты Градостроительная культура территории

Коттеджно-усадебная застройка отличается высокой культурой освоения территорий по сравнению с землями садоводческих товариществ, являющихся следствием многоквартирного строительства и характеризующихся низким уровнем градокультурного освоения земель. Рассматриваемые в качестве территорий для временного пребывания, садоводческие товарищества в целом имеют низкий уровень благоустройства и инженерного оборудования, в большинстве случаев в них отсутствует архитектурно-художественная концепция застройки, зачастую присутствуют свалки мусора, разностильные и разнохарактерные ограждения участков, брошенные, неиспользуемые, заросшие бурьяном участки и разваливающиеся строения, и т.д. Зоны жилой коттеджно-усадебной застройки в городах имеют более высокий градокультурный уровень, и поэтому они более предпочтительны по критерию архитектурно-градостроительного качества пространства [3].

Уровень комфортности жилища

В силу наличия приусадебной территории при частном коттедже проживание в нем является объективно более комфортным сравнительно с квартирой многоэтажного дома [3].

В ходе проведенного авторами анкетного опроса населения и интервьюирования экспертов на вопрос «Как Вы полагаете, где жить более комфортно – в частном коттедже с приусадебным участком или в квартире многоквартирного дома, – при условии, что общая площадь и стоимость коттеджа и квартиры равны?» более 82 % респондентов и более 80 % экспертов указали «в коттедже».

Русскоязычный веб-портал «Yaplakal.com» провел тематический форум «А есть такие, кто недоволен переездом из квартиры в свой дом?» Более 76 % участников форума

отметили преимущества и более высокий уровень комфорта проживания в частном коттедже сравнительно с квартирой в многоквартирном доме [27].

Функциональная программа жилища

В силу наличия приусадебного участка и больших объемно-планировочных параметров коттеджа состав функций односемейного дома разнообразнее. Ряд функций, которые могут присутствовать в усадебном доме, в квартире физически невозможны, например, складирование старых вещей на чердаке, устройство и эксплуатация виноградника, и т.д.

Некоторые функции в квартире, в отличие от коттеджа, могут присутствовать только в ограниченном виде, например, условия для занятий физкультурой, музыкой, некоторыми видами хобби (изготовление скульптур, столярных изделий, содержание домашних и/или экзотических животных, отдых в гамаке и т.д.).

В односемейном коттедже больше возможностей для хобби, занятий физкультурой и спортом (в том числе плаванием), содержания домашних животных и т.д.

Объемно-планировочные и конструктивно-технологические решения

Односемейный дом с приусадебным участком, в отличие от квартиры, предоставляет широкий диапазон организации пространства и конструктивно-технологических решений:

- Объемно-планировочные решения: в один ли несколько уровней; дом-пирамида, дом-шалаш, купольный, для поколения (с реновацией по стандартам каждого поколения), дом «на ножках», подземный дом, растущий (в соответствии с размером семьи), с эксплуатируемой крышей, со сбором дождевой и талой воды, с русской печкой, с зоной для нежилых функций и т.д.;

- Технологические решения: эко-дом, энергопассивный или энергосберегающий, трансформируемый, модульный, растущий, сборно-разборный, мобильный, плавучий, автодом, дом на деревьях и др.

- Конструктив: щитовой, каркасный, фахверковый, вантовый, с несущими стенами, монолитный, сборный, из надувных конструкций, из оболочек, из нежилых объемных изделий (контейнеры, корпуса самолетов, ангары и т.д.), с мелкозаглубленными фундаментами, на винтовых сваях и др.

- Строительные материалы: деревянный, кирпичный, бетонный, из экструдированного пенополистирола, пенополистиролбетонный, соломенный, саманный, с использованием мусора, из бутылок, из дров, из двухслойного плетня с заполнением межплетневого пространства и облицовкой и т.д.

Технологическая гибкость строительства

В настоящее время существуют новейшие технологии быстрой сборки односемейных домов из конструкций высокой заводской готовности с внутренними инженерными коммуникациями и оборудованием. Строительство – в течение 8 часов бригадой из нескольких человек. Так в Китае внедрен проект 2-хэтажного дома, который бригада из 4 человек собирает гаечными ключами за 2 часа. В Англии строительная компания McAvoy Group провела презентацию односемейного двухэтажного дома общей площадью 95 м² – дом из сборных конструкций, его сборка производится за 1 день. В Эстонии сконструирован односемейный дом фирмы OOD; сборно-разборный, возводится в течение 8-ми часовой рабочей смены, оборудован обогревом полов, отопительным насосом марки LG, беспроводным интернетом. Американская компания ICON выпустила новый строительный 3D-принтер Vulcan II, который в четыре раза больше и в два раза быстрее предыдущей версии. Он в состоянии изготовить жилой дом площадью до 186 м² всего за один день. В ряде регионов мира ведется строительство поселков усадебной застройки. Калифорнийская компания Fuseproject возводит поселок из 240 односемейных домов площадью 60-150 м². Каждый дом строится за сутки. В России расширяется рынок высокотехнологичных быстровозводимых коттеджей «под ключ» систем: «ДубльДом», «IdeaDom», «Dome-Dom», «Каркас-Комплект», «FINN-91» и «FINN-125» от фирмы Das Haus – Fabrikhäuser, «Технодом-модуль.РФ» [3] и др.

Возведение односемейных домов высотой до 3-х этажей не требует дорогостоящей и энергоемкой строительной техники: башенные краны, крупнотоннажные самосвалы, мощные экскаваторы, бетононасосы, трейлеры для перевозки крупногабаритных многотонных конструкций.

Коттеджи можно сдавать в эксплуатацию небольшими захватками, например, по 3-5 домов, а заселение многоквартирных зданий возможно после окончания строительства как минимум одной секции. Коттеджи предпочтительнее по срокам строительства. По расчетам 60 односемейных домов 90-ой серии могут быть сданы в целом на 2940 семье-суток раньше, чем 5-этажный 60-квартирный дом той же серии [3].

Личная придомовая территория

Польза от участка – предоставление возможностей, отсутствующих в квартире многоквартирного дома:

- повышение капитализации жилища: со временем стоимость земли растёт, в отличие от падающей стоимости квартиры;
- исключение потребности горожан в садовых участках и необходимости непроизводительных затрат времени на передвижения к ним;
- получение дополнительного дохода посредством садоводства и огородничества, содержания домашних животных и птицы;
- организация семейного бизнеса, частного предпринимательства, стартапов.
- размещение построек: баня, гараж, погреб или овощехранилище, отдельный спортзал, теплица, зимний сад, оранжерея, музыкальный зал, танцзал, творческая мастерская, бассейн, летние помещения, беседки, теневые навесы;
- организация плоскостных сооружений: цветник, вертолетная площадка, детские и спортивные площадки и городки, открытые сборно-разборные бассейны, хозплощадки, гостевая стоянка легковых автомобилей, площадка кинолога;
- получение солнечной энергии, сбор дождевой воды для употребления после ее очистки; размещение караванинга – второго жилища мобильного типа для совершения путешествий.

Эффективное использование (свободного) времени

Эффективность расходования (свободного) времени, являющегося интегративно-фундаментальным ресурсом:

- исключение непроизводительных затрат времени на массовые передвижения к садоводческим товариществам и обратно (из-за исключения потребности жителей в садовых участках);
- отсутствие непроизводительных затрат времени на массовые передвижения к паркингам, гаражам и стоянкам для хранения личного легкового транспорта жителей, против многоквартирной застройки, где во многих случаях вектор передвижений от жилого дома на работу направлен противоположно вектору от дома до паркинга, что вызывает «холостой шаттл».
- большая функциональная насыщенность усадебного жилища и, в связи с этим, уменьшение длительности бездеятельного времяпрепровождения.

Заключение

1. В городах с населением до 250 тыс. жителей усадебно-коттеджная застройка более эффективна сравнительно с многоквартирной застройкой и вторыми жилищами ее жителей по следующим социальным критериям:

- здоровье жителей – физическое, психическое и генетическое;
- экология – в силу рассредоточенности антропогенной нагрузки на территорию и саморегенерации природной среды;
- санитарно-эпидемиологическое благополучие – из-за меньшей скорости и интенсивности распространения инфекционных заболеваний в силу отсутствия помещений общего пользования;
- демография – за счет более высокого среднего коэффициента рождаемости в семьях усадебной застройки;
- продовольственная продуктивность – за счет земельных участков;

- гражданская оборона и антитеррористическая безопасность – ввиду малой плотности населения;

- социально-градостроительные эффекты: 1) градостроительная культура территории – за счет более строгой дисциплины освоения усадебной застройки сравнительно с садоводческими товариществами; 2) комфортность жилища (объективно более высокий уровень комфорта относительно квартиры); 3) функциональная программа жилища (расширенная по отношению к квартире); 4) объемно-планировочные и конструктивно-технологические решения жилища (многообразнее сравнительно с квартирой); 5) личная придомовая территория (отсутствует в многоквартирной застройке).

2. Результаты сравнительного анализа социально-экономической эффективности коттеджно-усадебного строительства против многоквартирной застройки показывают, что доминирующее возведение многоквартирного жилья в городах до 250 тыс. жителей является расточительным и обременительным для социума и государства. Необходимо переориентировать градостроительную жилищную политику в малых, средних и больших городах на строительство, большей частью, односемейных домов с приусадебными участками.

В крупных и крупнейших городах положительный эффект от перехода к односемейным домам нивелируется за счет чрезмерного территориального роста городов и неприемлемых затрат на трудовые передвижения жителей.

Список библиографических ссылок

1. Hilbert C., Schöni J. The Housing Market Impacts of Banning Second Home Investments. London School of Economics, Centre for Economic Performance & Spatial Economics Research Centre. May 29, 2016. 50 p.
2. Murat Nazlı. Second home owner's tourism perspectives: A case study in the Aegean region. Original scientific paper. *Tourism*. 2019. Vol. 67. № 2. P. 171–184.
3. Зиятдинов З. З. Второе жилище в градостроительных системах. Пенза : ПГУАС, 2018. 198 с.
4. Зиятдинов З. З. Градостроительная оценка явления «второе жилище» // Вестник ПНИПУ. Строительство и архитектура. 2018. Т. 9. № 2. С. 59–77.
5. Lars Larsson & Dieter K. Müller. Coping with second home tourism: responses and strategies of private and public service providers in western Sweden // *Current Issues in Tourism*. 2019. Vol. 3. Iss. 2. P. 55–76.
6. Зиятдинов З. З., Зиятдинов Т. З. Градостроительная тенденция: трансформация второго жилища в основное жилье // Академический вестник УралНИИпроект РААСН. 2019. № 2 (41). С. 54–58.
7. Dykes S. The Reluctant Tourist? An Exploration of Second Home Owners' Perceptions of Their Impacts on North Cornwall, UK. *European Journal of Tourism, Hospitality and Recreation*. 2015. Vol. 6. Iss. 2. P. 95–116.
8. Slätmo E., Vestergård L. O., Lidmo J., Turunen E. Urban–rural flows from seasonal tourism and second homes: Planning challenges and strategies in the Nordics // *NORDREGIO REPORT*. 2019. № 13. 58 p.
9. Зиятдинов З. З. Влияние второго жилища на экономику градостроительства // *Архитектон: известия вузов*. 2017. № 3 (59). С. 4–13.
10. Back A. Temporary resident evil? Managing diverse impacts of second-home tourism // *Current Issues in Tourism*. May 2019. P. 1–15.
11. Зиятдинов З. З. Зависимость развития второго жилища от типов жилой застройки // *Архитектон: известия вузов*. 2018. № 3 (63). С. 7–17.
12. Зиятдинов З. З. Влияние второго жилища на эффективность жилой застройки // *Известия высших учебных заведений. Строительство*. 2018. № 11 (719). С. 106–116.
13. Зиятдинов З. З. Влияние второго жилища на эффективность эксплуатации жилой застройки // *Архитектон: известия вузов*. 2019. № 1 (65). С. 15–27.

14. Зиятдинов З. З. Сравнительный анализ альтернативных вариантов жилой застройки с учетом второго жилища // Академический вестник УралНИИпроект РААСН. 2019. № 1 (40). С. 39–44.
15. Walter D. K. Zweitwohnungen in Sigriswil. Das Potential der gesellschaftlichen Einbindung von Zweitwohnungsbesitzenden. Hochschule Luzern. Wirtschaft Bachelor of Science in Business Administration Tourismus und Mobilität Frühlingssemester. 2018. 120 p.
16. Зиятдинов З. З. Определение понятия «второе жилище» // Академический вестник УралНИИпроект РААСН. 2015. № 1. С. 51–55.
17. Mousaviniaa S. F., Pourdehimb S., Madanic R. Housing layout, perceived density and social interactions in gated communities: Mediation role of territoriality // Sustainable Cities and Society. 2019. V. 51. P. 68–80.
18. Vanclay F., Esteves A. M., Aucamp I., Franks D. Social Impact Assessment: Guidance for assessing and managing the social impacts of projects // Fargo ND: International Association for Impact Assessment. 2015. 108 p.
19. Ершова С. А. Как повысить качество среды в городах и сельских поселениях России // Управление развитием территорий. 2015. № 3. С. 75–77.
20. Зотов М. Ученые рекомендуют жить на первом или втором этаже // METR PRICE RU – Недвижимость, новостройки Москвы и Подмосковья : электронный ресурс. 2019. URL: <http://www.metrprice.ru/novosti-nedvizimosti/uchenye-rekomenduyut-zhit-na-pervom-ili-vtorom-etazhe> (дата обращения: 06.10.2015).
21. Величко М. В., Ефимов В. В., Иманов Г. М. Экономика и ноосфера. Научно-методологические основы государственного управления социально-экономическим развитием в условиях глобализации. Ноосферный (этико-экологический) подход / СПб : АНО ВПО «Смольный институт РАО, кафедра «Психологии, акмеологии, ноосферологии и педагогики». МФИН, 2012. 168 с.
22. Жилище для человека // Библиотекар.Ру : электронный ресурс. 2016. URL: <http://www.bibliotekar.ru/zhilishe/2.htm> (дата обращения: 25.01.2016).
23. Папиорковский В. В., Папиорковская В. В. Большая семья в демографической ситуации России // Социологические исследования. 2009. № 3. С. 121–128.
24. Гузанова А. К., Гришанов В. И. Жилищная и имущественная обеспеченность семей с детьми. М. : ИСЭПН РАН, 2008. 112 с.
25. Виновата ипотека: Как кредитование уничтожает Россию // Русская планета : электронный ресурс. 2019. URL: https://rusplt.ru/society/opustoshenie-russkoy-provintsii-35877.html?utm_referrer (дата обращения: 11.04.2019).
26. Беленький А. Чем ядерная война обернется для России? // Daily Storm : электронный ресурс. 2018. URL: https://dailystorm.ru/vlast/chem-yadernaya-voyna-obernetsya-dlya-rossii?utm_referrer (дата обращения: 31.05.2018).
27. А есть такие, кто не доволен переездом из квартиры в свой дом? // ЯПлакаль : электронный ресурс. 2017. URL: <http://www.yaplakal.com/forum7/topic1534047.html> (дата обращения: 03.07.2018).

Ziyatdinov Zufar Zakievich

candidate of architecture, associate professor

E-mail: z.uf@yandex.ru**Mihalcheva Svetlana Grigorevna**

associate professor

E-mail: mihcvet@yandex.ru**Penza state University of architecture and construction**

The organization address: 440028, Russia, Penza, G. Titov st., 28

Ziyatdinov Timur Zufarovich

architect

E-mail: tz1459@yandex.ru**LLC «UNIX»**

The organization address: 440052, Russia, Penza, Mir st., 9A

The influence of the second home on the social efficiency of housing

Abstract

Problem statement. The purpose of the study is to identify the most effective type of development based on the criteria of social results: on the one hand, multi-apartment housing with garden plots of its residents, on the other hand, cottage-estate development that does not involve the mass distribution of second homes.

Results. The main results of the study are to determine the effectiveness of cottage development concerning apartment buildings and second homes of their residents based on one-time costs, operating costs and social results. Cottage-estate development occupies 17-28 % less territory and 24-33 % has a lower total estimated cost of construction compared to multi-apartment buildings with second homes of its residents. The annual operating costs of the cottage and estate development are 2,2 times less than the operating costs of apartment buildings and horticultural associations of their residents.

Conclusion. The significance of the results obtained for the construction industry is the possibility of applying the results obtained in determining the strategy of housing construction and determining the types and number of floors of residential buildings in the development of master plans for small, medium and large cities in Russia.

Keywords: garden house, cottage, gardening Association, second home, one-time costs, operating costs, social results, multi-apartment development, cottage development, individual housing construction.

References

1. Hilbert C., Schöni J. The Housing Market Impacts of Banning Second Home Investments. London School of Economics, Centre for Economic Performance & Spatial Economics Research Centre. May 29. 2016. 50 p.
2. Murat Nazlı. Second home owner's tourism perspectives: A case study in the Aegean region. Original scientific paper. Tourism. 2019. Vol. 67. № 2. P. 171–184.
3. Ziyatdinov Z. Z. Second home in urban planning systems. Penza : Penza state university of architecture and construction, 2018. 198 p.
4. Ziyatdinov Z. Z. Urban planning assessment of «second home» phenomenon // Vestnik PNIPU. Stroitel'stvo i arkhitektura. 2018. Vol. 9. № 2. P. 59–77.
5. Lars Larsson & Dieter K. Müller. Coping with second home tourism: responses and strategies of private and public service providers in western Sweden // Current Issues in Tourism. 2019. Vol. 3. Iss. 2. P. 55–76.
6. Ziyatdinov Z. Z., Ziyatdinov T. Z. Urban planning trend: second homes transformation into main residence // Akademicheskij vestnik UralNIIproekt RAASN. 2019. № 2 (41). P. 54–58.
7. Dykes S. The Reluctant Tourist? An Exploration of Second Home Owners' Perceptions of Their Impacts on North Cornwall, UK. European Journal of Tourism, Hospitality and Recreation. 2015. Vol. 6. Iss. 2. P. 95–116.
8. Slätmo E., Vestergård L.O., Lidmo J., Turunen E. Urban–rural flows from seasonal tourism and second homes: Planning challenges and strategies in the Nordics // NORDREGIO REPORT. 2019. № 13. 58 p.
9. Ziyatdinov Z. Z. The second home impact on the economy of urban development // Architecton: izvestiia vuzov. 2017. № 3 (59). P. 4–13.
10. Back A. Temporary resident evil? Managing diverse impacts of second-home tourism // Current Issues in Tourism. May 2019. P. 1–15.
11. Ziyatdinov Z. Z. Dependence of the second home development on the types of residential development // Architecton: izvestiia vuzov. 2018. № 3 (63). P. 7–17.
12. Ziyatdinov Z. Z. Impact of the second dwelling on the efficiency of residential development // Izvestiia vysshikh uchebnykh zavedenii Stroitel'stvo. 2018. № 11 (719). P. 106–116.

13. Ziyatdinov Z. Z. Impact of the second dwelling on the efficiency of residential development operation // Architecton: izvestiia vuzov. 2019. № 1 (65). P. 15–27.
14. Ziyatdinov Z. Z. Comparative analysis of alternative residential development options taking into account the second home // Akademicheskij vestnik UralNIiproekt RAASN. 2019. № 1 (40). P. 39–44.
15. Walter D. K. Zweitwohnungen in Sigriswil. Das Potential der gesellschaftlichen Einbindung von Zweitwohnungsbesitzenden. Hochschule Luzern – Wirtschaft Bachelor of Science in Business Administration Tourismus und Mobilität Frühlingssemester. 2018. 120 p.
16. Ziyatdinov Z. Z. Definition of the Notion of «Second Home» // Akademicheskij vestnik UralNIiproekt RAASN. 2015. № 1. P. 51–55.
17. Mousaviniaa S. F., Pourdehimib S., Madanic R. Housing layout, perceived density and social interactions in gated communities: Mediational role of territoriality // Sustainable Cities and Society. 2019. V. 51. P. 68–80.
18. Vanclay F., Esteves A. M., Aucamp I., Franks D. Social Impact Assessment: Guidance for assessing and managing the social impacts of projects // Fargo ND: International Association for Impact Assessment. 2015. 108 p.
19. Ershova S. A. How to improve the quality of the environment in Russian cities and rural settlements // Upravlenie razvitiem territorii. 2015. № 3. P. 75–77.
20. Zotov M. Scientists recommend living on the first or second floor // METR PRICE RU – Real estate, new buildings in Moscow and Moscow region. Electronic resource. 2019. URL: <http://www.metrprice.ru/novosti-nedvizimosti/uchenye-rekomenduyut-zhit-na-pervom-ili-vtorom-etazhe> (reference date: 06.10.2015).
21. Velichko M. V., Efimov V. V., Imanov G. M. Economy and noosphere. Scientific and methodological foundations of state management of socio-economic development in the context of globalization. Noosphere (ethical and environmental) approach / SPb: ANO VPO «Smolnyi institut RAO, kafedra «Psikhologii akmeologii noosferologii i pedagogiki»: MFIN. 2012. 168 p.
22. The dwelling for the person // Librarian.Ru. Electronic resource. 2016. URL: <http://www.bibliotekar.ru/zhilishe/2.htm> (reference date: 25.01.2016).
23. Paciorkovskij V. V., Paciorkovskaya V. V. Large family in the demographic situation of Russia // Sociologicheskie issledovaniya. 2009. № 3. P. 121–128.
24. Guzanova A. K., Grishanov V. I. Housing and property security of families with children. M.: ISEPN RAN, 2008. 112 p.
25. Mortgage is to blame: how lending is destroying Russia // Russian planet. Electronic resource. 2019. URL: https://rusplt.ru/society/opustoshenie-russkoy-provintsii-35877.html?utm_referrer (reference date: 11.04.2019).
26. Belen'kij A. How will a nuclear war turn out for Russia? // Daily Storm. Electronic resource. 2018. URL: https://dailystorm.ru/vlast/chem-yadernaya-voyna-obernetsya-dlya-rossii?utm_referrer (reference date: 31.05.2018).
27. And there are those who are not happy with moving from an apartment to their home? // YaPlakal. Electronic resource. 2017. URL: <http://www.yaplakal.com/forum7/topic1534047.html> (reference date: 03.07.2018).



УДК 624.012

Замалиев Фарит Сахапович

кандидат технических наук, доцент

E-mail: zamaliiev49@mail.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

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

Фекир Эл Кахина

инженер

E-mail: fekirkahina5@gmail.com

Компания ИНФРАФЕР

Адрес организации: 16017, Алжир, г. Руиба, вилайет Алжира

Особенности оценки прочности сталебетонного изгибаемого элемента с напрягаемой арматурой без сцепления с бетоном

Аннотация

Постановка задачи. Цель исследовательской работы – анализ методик расчета преднапряженных металлических и железобетонных балок и оценка на их основе напряженно-деформированного состояния преднапряженных сталежелезобетонных балок и плит с напрягаемой арматурой без сцепления с бетоном. Задачи работы: анализ отечественной и зарубежной технической литературы и выявление состояния вопроса по оценке напряженно-деформированного состояния преднапряженных сталебетонных, как изолированных балок, так и балок в составе ребристого монолитного перекрытия. На основе анализа аналитических выражений преднапряженных металлических и железобетонных балок записать новые зависимости сталежелезобетонного сечения, учитывающие особенности работы составного преднапряженного сечения.

Результаты. Основные результаты исследования состоят в анализе сегодняшнего подхода к оценке прочности сталежелезобетонных балок и плит, металлических и железобетонных балок, в выявлении напряженно-деформированного состояния изгибаемого преднапряженного сталебетонного элемента и в выводе формул для оценки прочности преднапряженных изолированных балок и балок в составе ребристого перекрытия с напрягаемой арматурой без сцепления с бетоном.

Выводы. Значимость полученных результатов для строительной отрасли состоит в выявлении напряженно-деформированного состояния изгибаемого сталежелезобетонного элемента. Аналитические выражения оценки прочности сечения сталежелезобетонных балок и перекрытий могут быть использованы при возведении ребристых плит и балок новых зданий в сталежелезобетонном, деревобетонном, сборно-монолитном железобетонном вариантах и при восстановлении перекрытий зданий, отслуживших свой нормативный срок эксплуатации.

Ключевые слова: сталежелезобетонные балки и плиты, преднапряженные элементы, напряженное состояние, арматура без сцепления с бетоном.

Введение

Преднапряжение в строительной практике применяется достаточно давно и нашло применение в основном в железобетонных и металлических конструкциях – в балках, в плитах и в решетчатых конструкциях. Сталежелезобетонные плиты и балки являются конструкциями составного сечения, которые объединяют в одном сечении элементы металлических и железобетонных конструкций, и в преднапряженном варианте должны использовать преимущества, как металлических, так и железобетонных сечений.

Общеизвестно, что в железобетонных преднапряженных изгибаемых конструкциях в основном используют два вида преднапряжения: на упоры и на бетон. В металлических конструкциях по концам балок приваривают специальные упоры, на которые прикрепляют напрягающую арматуру (трос, канат) параллельно нижнему поясу. В целях создания балки, рациональной по материалоемкости, сечение верхнего пояса металлической балки принимается на порядок больше, а использование прокатных

профилей становится нерациональным. В сталежелезобетонных преднапряженных балках при использовании прокатного профиля работе сжатой зоны сечения помогает бетон, поэтому нет необходимости увеличить сечение верхнего пояса как в металлических преднапряженных балках. Упрощается и конструктивное решение балки, в отличие от железобетонных балок, где для восприятия усилий натяжения на торцах необходимо устраивать специальные анкерные устройства, в сталежелезобетонных балках эти усилия воспринимают опорные металлические ребра.

Состояние вопроса и обзор литературы

Практическая ценность исследований по оценке несущей способности сталежелезобетонных преднапряженных балок заключается в рассмотрении внутреннего напряженно-деформированного состояния, в регулировании внутренних усилий и напряжений, что позволяет правильно оценить несущую способность этих конструкций и запроектировать экономичные и надежные сталежелезобетонные конструкции.

Несмотря на значительное количество новых технических решений, защищенных патентами, работ, посвященных изучению способов преднапряжения, оценок напряженно-деформированного состояния преднапряженных сталежелезобетонных изгибаемых конструкций мало.

В последние годы в разных странах начали использовать преднапряженные железобетонные конструкции с размещением натянутой арматуры в специальных неметаллических трубках, тем самым, исключая контакт преднапряженной арматуры с бетоном [1].

Учет стадийности возведения сталежелезобетонных конструкций описан в некоторых работах [2-3]. В ряде работ [4] изложены результаты исследований балок при преднапряжении гибкой арматуры аналогично железобетонным конструкциям.

Статья авторов [5] посвящена сталежелезобетонным балкам, в основном, без преднапряжения, поэтому выражения, приведенные для оценки их несущей способности, не могут быть использованы в преднапряженных сталежелезобетонных изгибаемых элементах. В ряде источников [6-10] приведены новые технические решения, разработанные в КГАСУ и защищенные федеральной службой по интеллектуальной собственности РФ.

Статьи ряда авторов [11-14] посвящены экспериментам сталежелезобетонных балок. В одной из статей [11] дана оценка эффективности преднапряжения по очертаниям эпюр изгибающих моментов. Предложены аналитические формулы для определения жесткости. В другой статье [12] дается методика и результаты экспериментальных исследований, влияние усадки на жесткость сталежелезобетонных балок, а также отмечены необходимость учета усадочных эффектов при рабочих нагрузках и влияние усадки на работу анкеров. Некоторые статьи [13, 14] посвящены экспериментальным исследованиям коробчатых сталежелезобетонных балок преднапряженных наружными тяжами. На основе результатов эксперимента в одной из работ [15] предложена методика расчета, учитывающая объемные напряжения в каждой точке. Численным исследованиям преднапряженной сталежелезобетонной балки посвящена статья, опубликованная в издании «Journal of Structural Engineering» [16]. Рассмотрены двухпролетные балки. Преднапряженная арматура размещена внутри стальной коробчатой балки.

В данной статье [16] приведено численное моделирование предварительно напряженной сталежелезобетонной балки, разработана конечно-элементная модель для кратковременных и длительных нагружений. Однако нет сравнений численных исследований с данными экспериментов.

В статье Lou T. и Karavasilis T.L. [14] описаны экспериментальные исследования сталежелезобетонных балок с разным расположением тяжей внутри двутавра и, на основе экспериментальных исследований, предложена методика расчета составных балок с внешними тяжами на основе прямоугольных эпюр напряжений. А статья Chen S. и Gu P. [15] посвящена усилению мостовых сталежелезобетонных балок внешними преднапряженными тяжами стальных подкрепляющих балок, предложена методика расчета. Дана корреляция методики с результатами эксперимента.

Статья, опубликованная в издании «Journal of Constructional Steel Research» [17] посвящена экспериментальным исследованиям преднапряженных сталежелезобетонных балок на действие негативного момента. Испытаны четыре преднапряженные балки с тяжами в области отрицательных моментов. Исследованы характеристики трещинообразования бетона в зоне негативного момента и предельная прочность.

Однако в рассмотренных исследованиях для преднапряжения сталежелезобетонных балок не учитывалось внутреннее напряженное состояние, преднапряжение сталежелезобетонных элементов выполнено по аналогии с железобетонными конструкциями при совместной работе напрягаемой арматуры с бетоном [18-19].

Теоретические исследования

Оценка прочности и деформативности сталежелезобетонных балок требует выявить напряженно-деформированное состояние сталежелезобетонных сечений сначала от действия внутренних сил преднапряжения на стальную балку с учетом дальнейшего участия бетонной части, затем – от внешних воздействий (эксплуатационных нагрузок).

Умение правильно учитывать внутреннее напряженно-деформированное состояние сечения в зависимости, как от строения сечения, так и от технологии компоновки сечения, а в дальнейшем – от внешних воздействий, является совершенно необходимым для создания экономичных и надежных в эксплуатации преднапряженных конструкций составного сечения.

Рассмотрим работу предварительно напряженной балки в зависимости от строения сечения и внешних силовых воздействий.

При натяжении арматуры, расположенной в растянутой зоне балки, в ней развиваются напряжения, обратные по знаку тем (рис. 1а), которые должны возникнуть от эксплуатационной нагрузки (рис. 1б). При загрузке балки эксплуатационной нагрузкой сначала прорабатываются начальные напряжения, созданные предварительным напряжением, затем сечение нагружается от момента, создаваемого эксплуатационной нагрузкой. Общая возможная эксплуатационная нагрузка на балку увеличивается, преднапряженная арматура, расположенная в растянутой зоне, дополнительно нагружается.

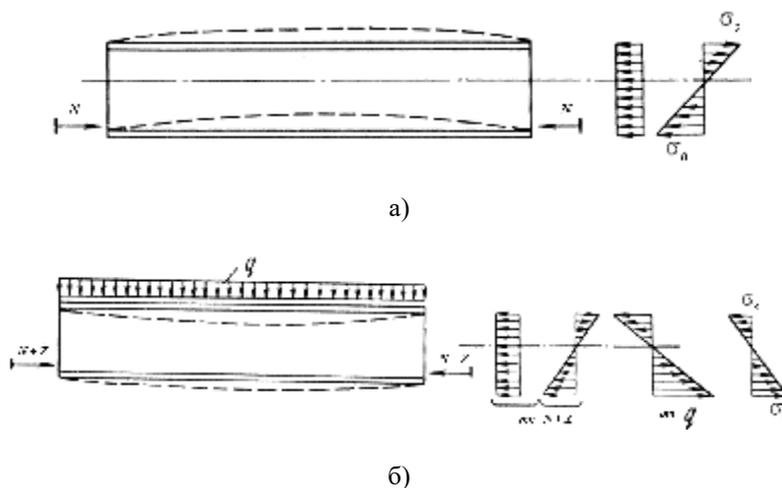


Рис. 1. Предварительно напряженная балка:

- а) напряженно-деформированное состояние от преднапряжения;
 б) то же от совместного действия усилий преднапряжения и эксплуатационных нагрузок
 (иллюстрация авторов)

При изготовлении преднапряженных балок сечение может состоять из прокатного профиля, бетона и преднапряженной арматуры в растянутой зоне (рис. 2). В металлических преднапряженных балках для предотвращения потери устойчивости нижнего пояса, к нижнему поясу (через который пропускают натянутую арматуру) приваривают направляющие хомутики.

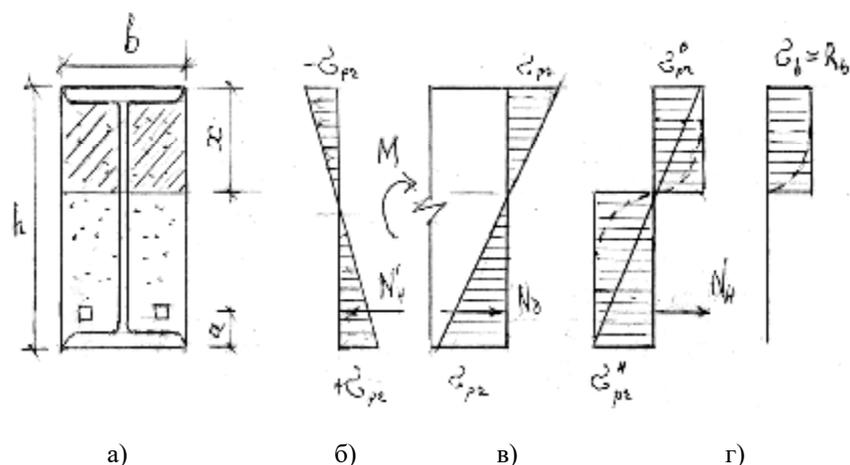


Рис. 2. Схема напряжений и усилий в сталебетонном сечении:
 а) сечение; б) эпюра напряжения от N_H ; в) эпюра напряжения от q ;
 г) результирующие напряжения и внутренние усилия (иллюстрация авторов)

Исходя из аналогии с металлической балкой, в сталежелезобетонной балке можно установить внутренние хомуты, которые будут выполнять одновременно функции поперечной арматуры (как в железобетонных балках) и роль хомутика, обеспечивающего устойчивость натянутой арматуры и нижней части стальной балки (рис. 3). Кроме того в этом сечении появится в сжатой зоне балки обычная арматура.

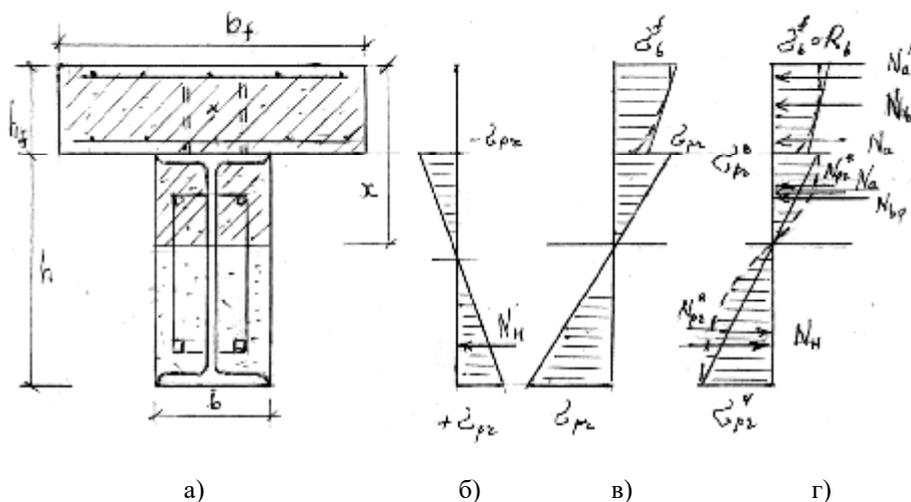


Рис. 3. Схема усилий и напряжений в расчетном сечении перекрытия:
 а) расчетное сечение; б) эпюра напряжений от преднапряжения;
 в) эпюра напряжения от внешней нагрузки; г) суммарные эпюра напряжений и внутренние усилия (иллюстрация авторов)

При расчете преднапряженной балки ее работа учитывается поэтапно. Вначале, при предварительном натяжении затяжки, стальная балка подвергается внецентренному сжатию, вызывая в верхнем поясе растяжение, а в нижнем – сжатие (рис. 1а), значения которых приведены в работе Замалиева Ф.С. К оценке напряженного состояния преднапряженных сталежелезобетонных балок // Известия КГАСУ. 2017. № 3 (41). С. 87-97. При дальнейшем обетонировании полостей двутавра, балка превращается в сталебетонное сечение с напряженной арматурой. При обетонировании двутавра с неметаллической толстостенной трубкой для натянутой арматуры и натяжении арматуры после приобретения бетоном гостированной прочности будем иметь сечение наподобие железобетонных балок с натяжением на бетон с той лишь разницей, что преднапряженная арматура работает изолированно без сцепления с бетоном, наподобие затяжки в металлических балках.

Запишем для нахождения неизвестных при расчете преднапряженной балки, по аналогии со стальной преднапряженной балкой¹. Площадь сечения напрягающей затяжки (арматуры) определим из равенства суммы проекций всех сил на горизонтальную ось:

$$A_H = \frac{A_{pr} R_{pr} + A_b R_b}{R_H} \quad (1)$$

Находим значение усилий преднапряжения арматуры N_H из выражения:

$$N_H + Z = A_H R_H, \quad (2a)$$

$$N_H = A_H R_H - Z. \quad (2b)$$

Усилие самонапряжения – Z находим по аналогии со стальной преднапряженной балкой, Z – как дополнительное усилие в затяжке, которое начинает развиваться под воздействием эксплуатационной нагрузки (рис. 1б). В стальных преднапряженных балках его называют самонапрягающей силой:

$$Z = \frac{2Mh_a}{3 \left[h_a^2 + \frac{J_{прив}}{A_{прив}} + \frac{E_s J_{pr} + E_b J_b}{E_H A_H} \right]}, \quad (3)$$

где M – момент от эксплуатационной нагрузки;

J_{pr} , J_b , $J_{прив}$ – жесткости стального профиля, бетонной части и приведенного сечения;

$E_H A_H$ – жесткость напрягающей арматуры (затяжки).

В процессе изготовления балки во время натяжения арматуры усилие в затяжке необходимо контролировать. Воспользуемся известной формулой для стальных преднапряженных балок¹:

$$N_k = \frac{N_H}{0,95} + \Delta_a \frac{E_H A_H}{l}, \quad (4)$$

где 0,95 – коэффициент релаксации;

Δ_a – податливость анкера затяжки: 0,1 см – для гаек; 0,2 см – для анкеров с прокладками; l – длина балки.

Контролируемое усилие – N_k в затяжке не должно быть больше усилия, которое может воспринять нижний пояс стального профиля, сжимаемый в процессе предварительного напряжения с другой стороны, не больше трещиностойкости бетона верхней зоны.

Предельное усилие для обеспечения устойчивости нижнего пояса:

$$N_{пред} = \frac{R \varphi_y^H A_{pr} W_H}{W_H + h_H A_{pr}}, \quad (5)$$

где R – расчетное сопротивление стали профиля;

φ_y^H – коэффициент продольного изгиба нижнего пояса;

A_{pr} – площадь сечения профиля;

W_H – момент сопротивления нижнего пояса;

h_H – расчетная высота напрягаемой арматуры.

Если арматура натягивается после приобретения бетоном гостированной прочности, предельные усилия затяжки не должны вызывать трещины бетона в верхней зоне балки:

$$N_{пред} = R_{bt} A_{bc} = R_{bt} b x, \quad (6)$$

где R_{bt} – расчетное сопротивление бетона на растяжение;

b – ширина профиля;

x – высота сжатой зоны бетона при действии эксплуатационной нагрузки.

В любом случае усилие в затяжке не должно превышать $N_{пред}$:

$$N_k \leq N_{пред}. \quad (7)$$

Рассмотрим моментное состояние преднапряженной балки на действие эксплуатационной нагрузки:

а) Сечение стальной балки преднапряжена, обетонировано, после приобретения бетоном гостированной прочности действует эксплуатационная нагрузка (рис. 2).

Определяем высоту сжатой зоны из условия равенства внутренних сил:

$$\int \sigma_b(\varepsilon_b) b dx + \sigma_{pr}^H 0,5(h-x) A_{pr}' - \sigma_{pr}^B 0,5x A_{pr}' = 2 \int \sigma_{pr} t_{\omega} d(0,5h-x) + N_H \quad (8)$$

¹Муханов К.К. Металлические конструкции. Учебник для вузов. Изд-е 3-е испр. и доп. М.: Стройиздат, 1978. С. 237-250.

или в случае прямоугольной эпюры напряжений в предельном состоянии:

$$2R_{pr}t_{\omega}x + R_bbx = 0,5x\sigma_{pr}^B A_{pr}'' - 0,5x\sigma_{pr}^H A_{pr}' = R_{pr}t_{\omega}h + 0,5\sigma_{pr}^H hA_{pr}' + N_H, \quad (9)$$

где внутренние напряжения в верхней и нижней зонах профиля:

$$\sigma_{pr}^B = -\frac{N_H Z}{A_{pr} + A_{bc}n} - \frac{M - (N_H + Z)h}{W_B + nJ_b / y_1}, \quad (10)$$

$$\sigma_{pr}^H = -\frac{N_H Z}{A_{pr} + A_{bc}n} + \frac{M - (N_H + Z)h}{W_B + nJ_b / y_1}. \quad (11)$$

Высота сжатой зоны сечения:

$$x = \frac{R_{pr}t_{\omega}h + 0,5\sigma_{pr}^H hA_{pr}' + N_H}{2R_{pr}t_{\omega} + R_b b - 0,5(\sigma_{pr}^B A_{pr}'' + \sigma_{pr}^H A_{pr}')}, \quad (12)$$

где $n = E_{pr}/E_b$ – коэффициент приведения модулей Юнга;

t_{ω} – толщина стенки профиля;

b, h – ширина и высота профиля;

A_{pr}', A_{pr}'' – площадь сечения растянутой и сжатой зон сечения профиля;

y_1 – расстояние до сжатой зоны бетона.

Проверку прочности сечения выполняем по формуле:

$$M \leq 0,5 \int \sigma_b b x^2 + R_{pr} [W_{pl} + (0,5h - x)^2 t_{\omega}] + 0,5 \int \sigma_{pr}^B (bt_f + t_{\omega}x) dx - hf + 0,5 \int \sigma_{pr}^H [bt_f + t_{\omega}(h - x)] \cdot d(h - x) + N_H(h - x - a), \quad (13)$$

где W_{pl} – пластический момент сопротивления профиля;

$\sigma_{pr}^B, \sigma_{pr}^H$ – напряжение в верхней и нижней зонах профиля;

t_f – толщина полки профиля.

б) Монолитное перекрытие с преднапряженной стальной обетонированной балкой с напрягаемой и ненапрягаемой арматурой.

Уравнение равновесия внутренних сил для определения положения границы сжатой зоны:

$$N_{bf} + N_a' + N_a'' + N_a + N_b + N_H + N_{prb}^B - N_{pr}^H = 0, \quad (14)$$

где

$$N_{bf} = \int_0^{h_f} \sigma(t) b_f dh_s; N_a' = \sigma_a' A_a'; N_a'' = \sigma_a''(t) A_a''; N_a = \sigma_a A_a; N_{bp} = \int \sigma_{bp}(\varepsilon_b) b d(x - h_f); N_{pr}^B = \sigma_{pr}^B A_{pr}^B; N_{pr}^H = \sigma_{pr}^H A_{pr}^H.$$

Проверку прочности выполняем по следующей формуле:

$$M \leq N_{ba} z_1 + N_a' z_2 + N_a'' z_3 + N_a z_4 + N_{bp} z_5 + N_H(h - x) + N_{pr}^B z_6 - N_{pr}^H z_7, \quad (15)$$

где $Z_{1...7}$ – плечо соответствующей внутренней силы.

Заключение

Исследовано напряженное состояние преднапряженной балки с размещением затяжки (преднапряженной арматуры) в толстостенных неметаллических трубках и сталежелезобетонного ребристого перекрытия с преднапряженными балками и монолитной плитой. Размещение затяжки в неметаллических трубках исключает сцепление арматуры с бетоном, напряженное состояние сталежелезобетонного сечения отличается от работы изгибаемых железобетонных преднапряженных элементов. Предложены аналитические выражения для оценки прочности балки и 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. Кузнецов В. С., Полехина Г. Е., Шапошникова Ю. А. Эффективность применения высокопрочной арматуры без сцепления с бетоном в монолитных безбалочных перекрытиях // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Инженерные исследования. 2017. Т. 18. № 1. С. 40–47.

2. Zamaliev F. S., Zakirov M. A. Stress-strain state of a steel-reinforced concrete slab under long-term // Magazine of Civil Engineering. 2018. P. 12–23.
3. Roger P. Jonson Designers' guide to eurocode 4: design of composite steel and concrete structures EN 1994-1-1. 2011. 412 p.
4. Замалиев Ф. С. Численные и натурные эксперименты преднапряженных сталежелезобетонных балок // Вестник МГСУ. 2018. № 3 (114). С. 309–321.
5. Замалиев Ф. С. Новые сталежелезобетонные балки, оценка их несущей способности : сб. докладов Международной научно-практической конференции, посвященной 150 летию со дня рождения основателя и первого заведующего кафедрой ЖБК профессора А.Ф. Лолейта / МГСУ. Москва, 2018. С. 26–33.
6. Сталебетонная преднапряженная балка : пат. 155802 Рос. Федерация № 2014152337 ; опубл. 20.10.2015, бюл. № 29. 2 с.
7. Сталежелезобетонная преднапряженная балка : пат. 165473 Рос. Федерация. № 2016114023 ; заявл. 11.04.16 ; опубл. 20.10.16, Бюл. № 29. 2 с.
8. Преднапряженная стальная обетонированная балка : пат. 172515 Рос. Федерация № 2017112142/03 ; заявл. 10.04.2017 ; опубл. 11.07.17, Бюл. № 20. 2 с.
9. Преднапряженная сталебетонная балка: пат. 174326 Рос. Федерация № 2017101736/03 ; заявл. 19.01.2017 ; опубл. 11.10.17, Бюл. № 29. 2 с.
10. Преднапряженная сталебетонная балка : пат. 2 674 045 Рос. Федерация. № 2016142556 ; заявл. 28.10.16 ; опубл. 04.12.18, Бюл. № 34. 2 с.
11. Sun Q., Yang Y., Fan J., Zhang Y., Bai Y. Effect of longitudinal reinforcement and prestressing on stiffness of composite beams under hogging moments // Journal of Constructional Steel Research. 2014. 100. P. 1–11.
12. Al-deen S., Ranzi G., Vrcelj Z. Shrinkage effects on the flexural stiffness of composite beams with solid concrete slabs: An experimental study. Engineering Structures. 2011. № 33 (4). P. 1302–1315.
13. Zhang N., Fu C. C. Experimental and theoretical studies on composite steel-concrete box beams with external tendons // Engineering Structures. 2009. № 31 (2). P. 275–283.
14. Lou T., Karavasilis T. L. Numerical assessment of the nonlinear behavior of continuous prestressed steel-concrete composite beams // Engineering Structures. 2019. № 190. P. 116–127.
15. Chen S., Gu P. Load carrying capacity of composite beams prestressed with external tendons under positive moment // Journal of Constructional Steel Research. 2005. № 61 (4). P. 515–530.
16. M., A. B., G., S. Y., Hamid S. Prestressed Composite Girders under Positive Moment // Journal of Structural Engineering. 1990. № 116 (11). P. 2931–2951.
17. Lou T., Lopes S. M. R., Lopes A. V. Numerical modeling of externally prestressed steel-concrete composite beams // Journal of Constructional Steel Research. 2016. № 121. P. 229–236.
18. Chen, S. Experimental study of prestressed steel-concrete composite beams with external tendons for negative moments // Journal of Constructional Steel Research. 2005. № 61 (12). P. 1613–1630.
19. 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. P. 010250.

Zamaliev Farit Sakhapovich

candidate of technical sciences, associate professor

E-mail: zamaliev49@mail.ru**Kazan State University of Architecture and Engineering**

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

Fekir El Kahina

engineer

E-mail: fekirkahina5@gmail.com**Company INFRAFER**

The organization address: 16017, Algeria, City Rouiba

Features of strength assessment of a steel-concrete bending element with prestressing reinforcement without adhesion to concrete

Abstract

Problem statement. The aim of the research work is to analyze the methods for calculating prestressed metal and reinforced concrete beams and, based on them, to assess the stress-strain state of prestressed steel and reinforced concrete beams taking into account internal stresses. The tasks were to analyze domestic and foreign technical literature and to identify the state of the issue in assessing the stress-strain state of prestressed steel-concrete as isolated beams and beams as part of a ribbed monolithic overlap. Based on the analysis of the analytical expressions of prestressed metal and reinforced concrete beams, write down new dependences of the steel-reinforced concrete section, taking into account the features of the work of the composite prestressed section.

Results. The main research results consist of an analysis of the current approach to assessing the strength of steel-reinforced concrete beams and slabs, metal and reinforced concrete shafts in identifying the stress-strain state of a bent prestressed steel-concrete element and deriving formulas for assessing the strength of prestressed insulated beams and beams in a ribbed ceiling.

Conclusions. The significance of the results for the construction industry lies in the identification of the stress-strain state of a bent steel-reinforced concrete element. The research results, analytical expressions for assessing the strength of the T-section of steel-reinforced concrete floors can be used in the construction of ribbed plates and beams of new buildings in steel-reinforced concrete, wood-concrete, precast-monolithic reinforced concrete versions and in the restoration of ceilings of buildings that have served their standard life.

Keywords: steel-reinforced concrete beams and slabs, prestressed elements, stress state, voltage loss.

References

1. Kuznetsov V. S., Polekhina G. E., Shaposhnikova Yu. A. Efficiency of using high-strength reinforcement without adhesion to concrete in monolithic beam-free ceilings // Vestnik Rossiyskogo universiteta druzhby narodov. Seriya: Inzhenernyye issledovaniya. 2017. Vol. 18. № 1. P. 40–47.
2. Zamaliev F. S., Zakirov M. A. Stress-strain state of a steel-reinforced concrete slab under long-term // Magazine of Civil Engineering. 2018. P. 12–23.
3. Roger P. Jonson Designers' guide to eurocode 4: design of composite steel and concrete structures EN 1994-1-1. 2011. 412 p.
4. Zamaliev F. S. Numerical and full-scale experiments of pre-stressed steel-reinforced concrete beams // Vestnik MGSU. 2018. № 3 (114). P. 309–321.
5. Zamaliev F. S. New steel-reinforced concrete beams, assessment of their bearing capacity: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference dedicated to the 150th anniversary of the founder and first head of the SCC department, Professor A.F. Loleita / MGSU. Moscow, 2018. P. 26–33.
6. Steel pre-stressed beam : patent 155802 of the Rus. Federation. № 2014152337 ; publ. 10.20.2015. Bull, № 29. 2 p.
7. Steel-reinforced concrete pre-stressed beam : patent 165473 of the Rus. Federation. № 2016114023 ; declared 04.11.16 ; publ. 10.20.16, Bull. № 29. 2 p.
8. Pre-stressed steel concrete beam : patent 172515 of the Rus. Federation № 2017112142/03; declared 04.10.2017 ; publ. 07.11.17, Bull. № 20. 2 p.
9. Pre-stressed steel beam: patent 174326 of the Rus. Federation № 2017101736/03 ; declared 01.19.2017 ; publ. 10.10.17, Bull. № 29. 2 p.
10. Pre-stressed steel beam : patent 2674045 of the Rus. Federation № 2016142556 ; declared 10.28.16 ; publ. 12.04.18, Bull. № 34. 2 p.
11. Sun Q., Yang Y., Fan J., Zhang Y., Bai Y. Effect of longitudinal reinforcement and prestressing on stiffness of composite beams under hogging moments // Journal of Constructional Steel Research. 2014. 100. P. 1–11.

12. Al-deen S., Ranzi G., Vrcelj Z. Shrinkage effects on the flexural stiffness of composite beams with solid concrete slabs: An experimental study. *Engineering Structures*. 2011. № 33 (4). P. 1302–1315.
13. Zhang N., Fu C.C. Experimental and theoretical studies on composite steel-concrete box beams with external tendons // *Engineering Structures*. 2009. № 31 (2). P. 275–283.
14. Lou T., Karavasilis T. L. Numerical assessment of the nonlinear behavior of continuous prestressed steel-concrete composite beams // *Engineering Structures*. 2019. № 190. P. 116–127.
15. Chen S., Gu P. Load carrying capacity of composite beams prestressed with external tendons under positive moment // *Journal of Constructional Steel Research*. 2005. № 61 (4). P. 515–530.
16. M., A. B., G., S. Y., Hamid S. Prestressed Composite Girders under Positive Moment // *Journal of Structural Engineering*. 1990. № 116 (11). P. 2931–2951.
17. Lou T., Lopes S. M. R., Lopes A. V. Numerical modeling of externally prestressed steel-concrete composite beams // *Journal of Constructional Steel Research*. 2016. № 121. P. 229–236.
18. Chen, S. Experimental study of prestressed steel-concrete composite beams with external tendons for negative moments // *Journal of Constructional Steel Research*. 2005. № 61 (12). P. 1613–1630.
19. 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. P. 010250.

УДК 69.024.81

Кузнецов Иван Леонидович

доктор технических наук, профессор

E-mail: kuz377@mail.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

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

Гайнетдинов Ришат Габдулхаевич

инженер-конструктор

E-mail: rishat.gajnetdinov@bk.ru

ООО «Акведук»

Адрес организации: 420097, Россия, г. Казань, ул. Заслонова, д. 5

Болтовой узел соединения тонкостенных холодногнутых профилей с трапециевидной стенкой с применением сплошных втулок

Аннотация

Постановка задачи. Поставлена задача выполнить численное исследование напряженно-деформированного состояния узла из тонкостенных холодногнутых профилей с частью вогнутой плоской (трапециевидной) стенкой при установке сплошных втулок в зоне, где не происходит соприкосновение стенки профиля с листовой фасонкой; определить характер распределения напряжений в местах установки болтов с применением сплошных втулок.

Результаты. Основные результаты работы состоят в численном исследовании нового конструктивного решения болтового узла соединения и в определении его напряженно-деформированного состояния по результатам расчета в программном комплексе «ANSYS Workbench».

Выводы. Значимость полученных результатов исследования для строительной отрасли состоит в том, что новое конструктивное решение узла с применением сплошных втулок позволяет ликвидировать зазор между листовой фасонкой и трапециевидной стенкой профиля, тем самым выполнить болтовое крепление в данном месте и улучшить действительную работу узла. Следует отметить, что конструкция узла соединения с предложенным решением установки элементов в виде сплошных втулок позволяет сэкономить сталь на 20-30 %, в отличие от усиления узла листовой сталью.

Ключевые слова: напряженно-деформированное состояние болтового узла, тонкостенный холодногнутый профиль с трапециевидной стенкой, листовая фасонка, сплошная втулка.

Введение

В последние годы на отечественном рынке строительства активно применяются конструкции из тонкостенных холодногнутых профилей [1-3]. Использование данных профилей в строительстве имеет, безусловно, целый ряд преимуществ, обусловленных прежде всего, легкостью конструкций, малыми затратами на изготовление фундамента, минимальными транспортными расходами, высокой технологичностью производства и сокращением сроков строительства. Однако наряду с важными преимуществами, имеются существенные недостатки тонкостенных холодногнутых профилей, которые не позволяют в полной мере совершить качественный рывок на пути внедрения их в строительство.

Технологическая линия изготовления тонкостенных холодногнутых профилей позволяет производить их разнообразной формы и очертания, где для повышения жесткости выполняются различные канавки и углубления [4]. Весьма интересными в этой связи являются профили с частью вогнутой плоской стенкой (трапециевидной) [5-11]. Эти профили находят применение при изготовлении несущих конструкций, в том числе ферм покрытий [12-13], рамных конструкций [14-15]. В отмеченных конструкциях используются спаренные тонкостенные профили, соединенные при помощи листовой фасонки на болтах [16]. Однако болтовое крепление спаренных профилей с трапециевидной стенкой возможно только в зоне контакта с листовой фасонкой. Ранее в

работе авторов [5] рассмотрен опытный образец болтового соединения спаренного тонкостенного профиля с трапециевидной стенкой, где отмечается неравномерное распределение напряжений по длине и высоте профиля. Предлагается усилить узел листовой сталью, для возможности установки дополнительных рядов болтов. Авторы отмечают, что постановка болтов в средней части сечения стенки профиля позволяет достичь равномерного распределения напряжений по всей длине и высоте профиля. Дано решение составного строительного элемента, выполненного из профилей с трапециевидной стенкой [17], авторы обращают внимание, что изобретение может использоваться в различных стержневых конструкциях, в том числе несущих.

При применении спаренных тонкостенных холодногнутых профилей с трапециевидной стенкой в несущих конструкциях важной является разработка новых конструктивных решений, позволяющих обеспечить не только несущую способность, но и оптимизировать расход стали на выполнение данных узловых решений.

Тонкостенный холодногнутый профиль с трапециевидной стенкой

В последнее время широкое применение в строительных конструкциях, а именно в сжатых элементах ферм, колон, рамных конструкций находят тонкостенные холодногнутые профили с трапециевидной стенкой ТУ 1122-023-129063390-2009 (рис. 1).

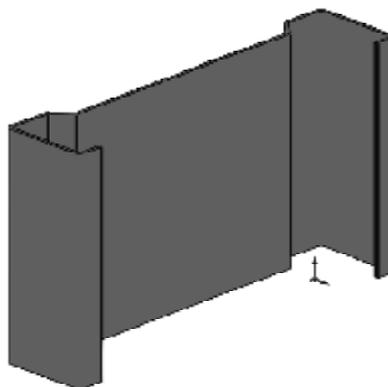


Рис. 1. Тонкостенный холодногнутый профиль с частью вогнутой плоской стенкой (трапециевидной) (иллюстрация авторов)

В основном данные профили используются в узлах конструкций в виде составного элемента, представляющего собой спаренные профили, соединенные листовой фасонкой при помощи болтов (рис. 2).

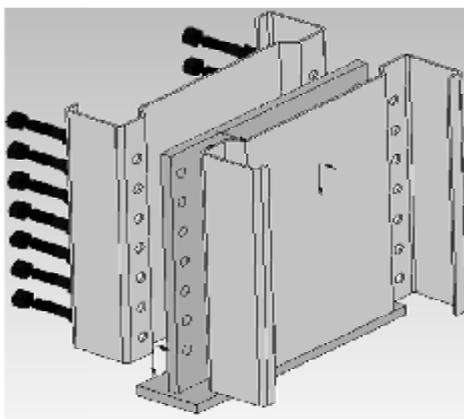


Рис. 2. Болтовой узел соединения спаренных тонкостенных холодногнутых профилей с трапециевидной стенкой (иллюстрация авторов)

По рис. 2 видно, что в узле установка болтов возможна только в зоне контакта листовой фасонки и профиля. В СП 260.1325800.2016. «Конструкции стальные

тонкостенные из холодногнутого оцинкованных профилей и гофрированных листов. Правила проектирования» не регламентированы максимально допустимые расстояния между болтами, и авторами статьи выдвинута гипотеза [5] о том, что усилия, возникающее от действующей нагрузки по высоте профиля, распределяются неравномерно. Данная теория была успешно подтверждена путем численных и экспериментальных исследований опытного образца узла из тонкостенных холодногнутого профилей с трапециевидной стенкой, соединенных листовой фасонкой на болтах.

Болтовой узел с установкой сплошных втулок

В предыдущей работе [5] авторами предлагается выполнить усиление узла, путем заполнения пространства между трапециевидной частью стенки и фасонки листовой сталью, что позволит установить дополнительные ряды болтов. Однозначно данное конструктивное решение позволяет повысить несущую способность узлового соединения и, в дальнейшем, может найти применение при изготовлении решетчатых конструкций. Однако на этом не стоит останавливаться и необходимо искать пути к совершенствованию узлов с использованием тонкостенных холодногнутого профилей с трапециевидной стенкой, где важным критерием является не только обеспечение несущей способности, но и экономия стали. В связи с этим предлагается новое конструктивное решение узла из тонкостенных холодногнутого профилей с трапециевидной стенкой с установкой элементов в виде сплошных втулок (рис. 3).

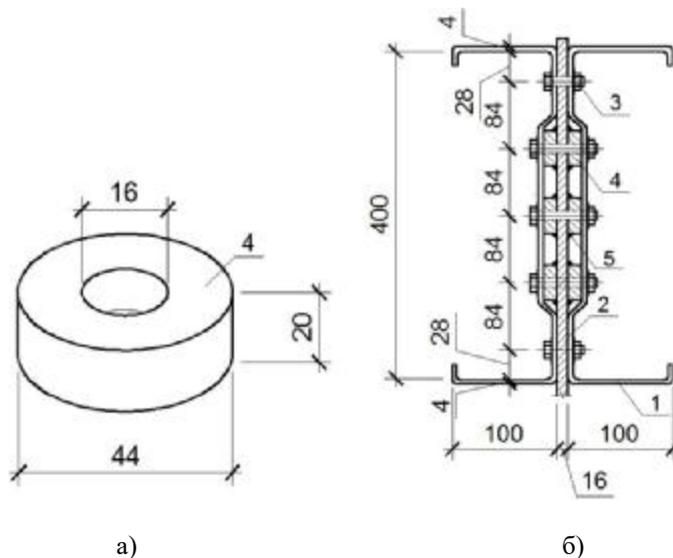


Рис. 3. Узел с установкой сплошных втулок (иллюстрация авторов):
 а – сплошная втулка; б – конструктивное решение узла,
 где 1 – тонкостенный холодногнутый профиль с трапециевидной стенкой;
 2 – листовая фасонка; 3 – болты; 4 – сплошная втулка; 5 – сварной шов

Узел представляет собой стержни из спаренных тонкостенных холодногнутого профилей с трапециевидной стенкой, соединенные в месте контакта листовой фасонкой на болтах. В зоне трапециевидной стенки профиля устанавливаются элементы, которые выполнены под каждый болт в виде сплошных втулок. При этом втулки прикреплены на сварке к фасонке. Представленное решение позволяет ликвидировать зазор между трапециевидной стенкой профиля и фасонкой, тем самым выполнить в данном месте болтовое крепление.

Численное исследование узла с установкой сплошных втулок

В статье [5] авторы, выполнив экспериментальные и численные исследования, пришли к тому, что многорядная постановка болтов в узловом соединении, за счет усиления листовой сталью, позволяет достичь равномерного распределения напряжений по всей длине и высоте профиля и сократить длину фасонки. Для того, чтобы доказать,

что при установке сплошных втулок можно достичь такого же эффекта, выполнено численное исследование напряженно-деформированного состояния (НДС).

Для исследования, с предложенным решением установки сплошных втулок, взят за основу опытный образец, представленный ранее в статье авторов [5], где тонкостенные профили выполнены из стали класса С350, соединенные листовой фасонкой из стали класса С245 на болтах М16 класса прочности 5,8. Несущая способность одного болта равна $N=7236$ кг, в количестве 10 штук, расположенных в два ряда. В новом узловом соединении (рис. 3) рассматривается такое же размещение болтов, как ранее в статье [5].

Решение задачи выполнялось в программном комплексе «ANSYS-Workbench», в основе которого заложены принципы метода конечных элементов (МКЭ). Модель узла представлена на (рис. 4).

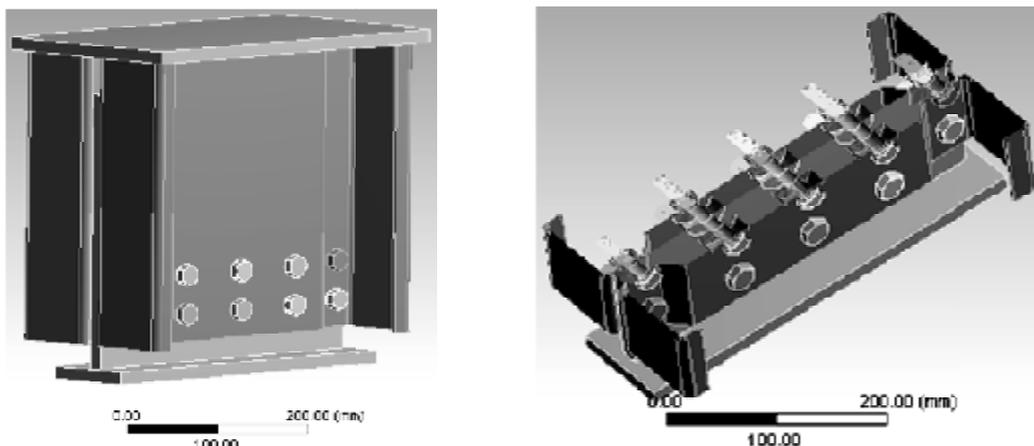


Рис. 4. Модель узла с установкой сплошных втулок (иллюстрация авторов)

Для возможности оценки предложенных решений узлов с усилением листовой стали и установкой сплошных втулок, прикладываемая сжимающая нагрузка и граничные условия те же, что и ранее в задаче [5]. Контакты между элементами сборки узла задавались, как «frictional» с коэффициентом 0,2. Напряженно-деформированное состояние узла с установкой сплошных втулок представлено на рис. 5.

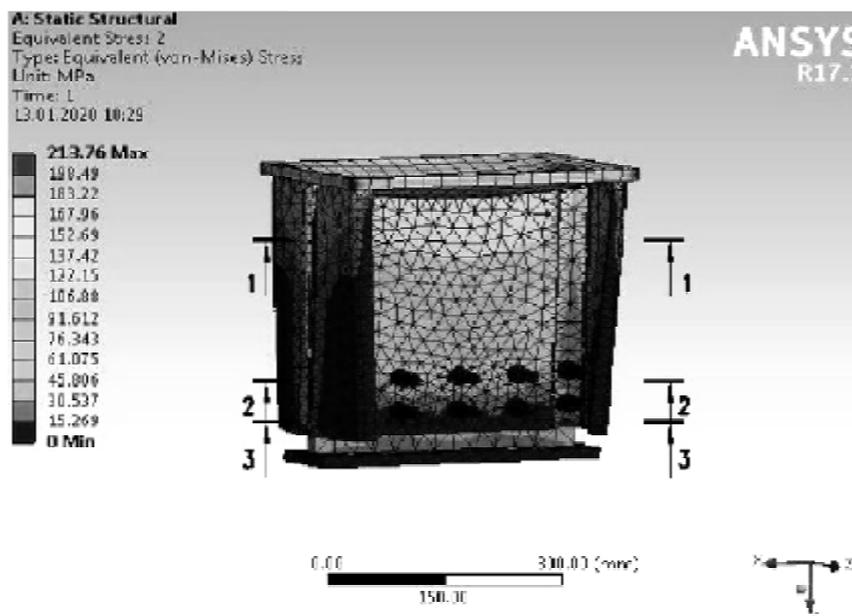


Рис. 5. Напряженно-деформированное состояние узла с установкой сплошных втулок (иллюстрация авторов)

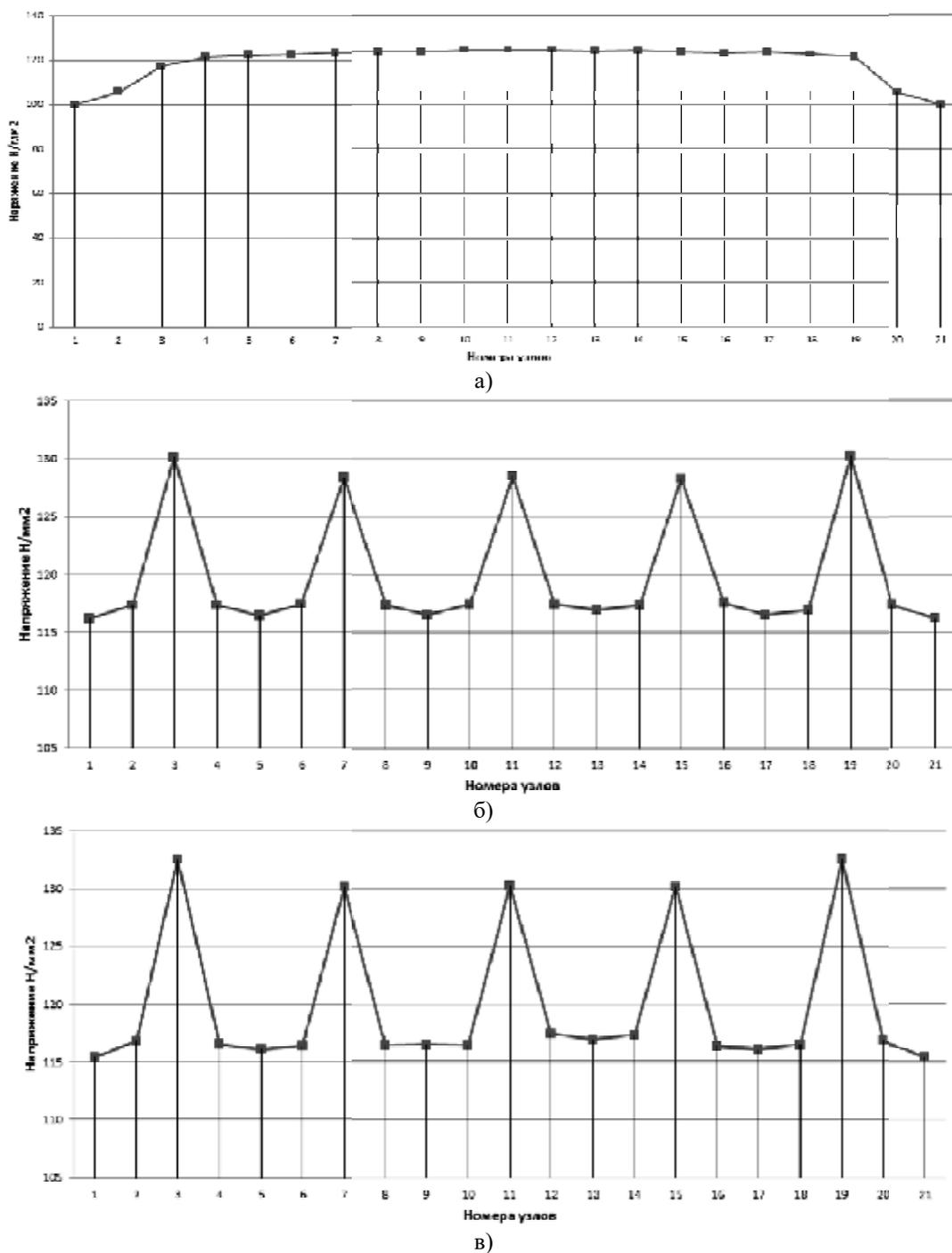


Рис. 6. Эпюры распределения напряжений по сечению профиля при многорядной постановке болтов с применением сплошных втулок (иллюстрация авторов): а) по сечению 1-1; б) по сечению 2-2; в) по сечению 3-3 (по рис. 4)

По приведенным графикам (рис. 6) напряжений можно заметить, что постановка болтов в зоне трапециевидной стенки профиля, за счет применения сплошных втулок, позволяет достигнуть более равномерного распределения напряжений по высоте и по длине профиля. По результатам определения НДС узла можно сказать, что предложенное конструктивное решение болтового узла с установкой элементов в виде сплошных втулок позволяет улучшить действительную работу узла. При этом достигается существенная экономия стали на 25,67 %, по сравнению с установкой стальных пластин, рассмотренных в работе [5].

Заключение

По результатам численных исследований узла можно сделать следующие выводы:

1. Узел, с предложенным решением установки болтов, в части трапециевидной стенки профиля за счет применения сплошных втулок, позволяет увеличить несущую способность узла на 40 %, по сравнению с двухрядной постановкой болтов в зоне контакта с листовой фасонкой.

2. Конструкция узла соединения из тонкостенных холодногнутых спаренных профилей с трапециевидной стенкой, с предложенным решением установки сплошных втулок, позволяет уменьшить расход стали на 20-30 %.

Список библиографических ссылок

1. Советников Д. О., Виденков Н. В., Трубина Д. А. Легкие стальные тонкостенные конструкции в многоэтажном строительстве // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2015. № 3. С. 152–165.
2. Мезенцева Е. А., Лушников С.Д. Быстровозводимые здания из легких стальных конструкций // Вестник МГСУ. Спецвыпуск. 2009. № 1. С. 62–64.
3. Павлов А. Б., Айрумян Э. Л., Камынин С. В., Каменщиков Н. И. Быстровозводимые малоэтажные жилые здания с применением легких стальных тонкостенных конструкций // Промышленное и гражданское строительство. 2006. № 9. С. 51–53.
4. Айрумян Э. Л. Рекомендации по проектированию, изготовлению и монтажу конструкций каркаса малоэтажных зданий и мансард из холодногнутого стального оцинкованного профиля производства ООО «Балтпрофиль» / ЦНИИПСК им. Мельникова. М., 2004. 64 с.
5. Кузнецов И. Л., Салахутдинов М. А., Гайнетдинов Р. Г. Исследование напряженно-деформированного состояния болтового узла соединения из холодногнутого тонкостенного профиля // Вестник МГСУ. 2019. Т. 14. Вып. 7. С. 831–843.
6. Корсун Н. Д., Простакишина Д. А. Анализ НДС составного сечения из тонкостенных профилей с учетом начальных геометрических несовершенств // Академический вестник УРАЛНИИПРОЕКТ РААСН. 2018. № 4. С. 83–88.
7. Кикоть А. А., Григорьев В. В. Влияние ширины пояса и параметров стенки на эффективность стального тонкостенного холодногнутого профиля Сигма-образного сечения при работе на изгиб // Инженерно-строительный журнал. 2013. № 1. С. 97–133.
8. Anna Green Antony. Cold Formed Steel Sigma Section Joints // International journal of innovative research in technology. 2016. vol. 3. P. 231–237.
9. Anna Green Antony. Study on cold formed steel sigma sections and the effect of stiffeners // International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology. 2016. vol. 5. P. 16249–16255.
10. Bassem L., Gendy., Hanna M. T. Effect of geometric imperfections on the ultimate moment capacity of cold-formed sigma-shape sections // Housing and Building National Research Center HBRC Journal. 2015. P. 1–8.
11. Katarzyna Rzeszut., Iona Szewczak. Experimental studies of sigma thin-walled beams strengthen by CFRP tapes // World Academy of Science, Engineering and Technology International Journal of Structural and Construction Engineering. 2017. vol. 11. № 7. P. 888–895.
12. Зверев В. В., Семенов А. С. Влияние податливости болтовых соединений на деформативность фермы из тонкостенных гнутых профилей // Строительство и архитектура. Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. 2008. № 2 (10). С. 9–7.
13. Башаров Ф. Ф. Методика оптимизации конструктивных параметров плит покрытия из профнастила, подкрепленного шпренгельной системой // Перспективы науки. 2018. № 6 (10). С. 82–89.
14. Зверев В. В., Жидков К. Е., Семенов А. С., Сотникова И. В. Экспериментальные исследования рамных конструкций из холодногнутого профиля повышенной

- жесткости // Научный вестник Воронежского ГАСУ. Строительства и архитектура. 2011. № 4. С. 20–24.
15. Енджиевский Л. В., Тарасов А. В. Численные и экспериментальные исследования рамы каркаса здания из тонколистовой оцинкованной стали // Промышленное и гражданское строительство. 2012. № 10. С. 52–54.
16. Aghoury M. El., Hanna M. T., Amoush E. A. Strength of combined sigma cold formed section columns // EUROSTEEL 2017, September 13-15, 2017, Copenhagen, Denmark. P. 1802–1811.
17. Гнутый стальной профиль и составной строительный элемент на его основе : пат. 2478764 Рос. Федерация. № 2011144954/03 ; заявл. 07.11.2011 ; опубл. 07.04.2013, Бюл. № 10. 9 с.

Kuznetsov Ivan Leonidovich

doctor of technical sciences, professor

E-mail: kuz377@mail.ru

Kazan State University of Architecture and Engineering

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

Gainetdinov Rishat Gabdulhaevich

design engineer

E-mail: rishat.gajnetdinov@bk.ru

LLC «Akveduk»

The organization address: 420097, Russia, Kazan, Zaslonovala st., 5

**Bolt assembly for connecting thin-walled cold-formed profiles
with a trapezoidal wall using continuous sleeves**

Abstract

Problem statement. To carry out a numerical study of the stress-strain state of a node of thin-walled cold-formed profiles with a part of a concave flat wall (trapezoidal) when installing solid bushings in the area where the profile wall and the sheet profile do not come into contact. Determine the nature of the stress distribution at the installation sites of the bolts using solid sleeves.

Results. The main results of the work consist of a numerical study of a new structural solution of the bolt joint assembly and determination of its stress-strain state according to the calculation results in the «ANSYS Workbench» software package.

Conclusions. The significance of the research results for the construction industry lies in the fact that the new constructive solution of the assembly using continuous sleeves allows eliminating the gap between the sheet gusset and the trapezoidal profile wall, thereby bolting in this place and improving the actual operation of the assembly. It should be noted that the design of the connection unit with the proposed solution for the installation of elements in the form of continuous sleeves allows saving steel by 20-30 %, in contrast to the strengthening of the site with sheet steel.

Keywords: stress-strain state of the bolt assembly, thin-walled cold-formed profile with a trapezoidal wall, sheet gusset plate, continuous sleeve.

References

1. Sovetnikov D. O., Videnkov N. V., Trubina D. A. Light gauge steel framing in construction of multi-storey buildings // Stroitel'stvo unikal'nykh zdaniy i sooruzheniy. 2015. № 3. P. 152–165.
2. Mezentseva Ye. A., Lushnikov S. D. Rapidly erected buildings from LGSF // Vestnik MGSU. Spetsvypusk. 2009. № 1. P. 62–64.
3. Pavlov A. B., Ayrumyan E. L., Kamynin S. V., Kamenshchikov N. I. Rapidly erected buildings from LGSF // Promyshlennoye i grazhdanskoye stroitel'stvo. 2006. № 9. P. 51–53.

4. Ayrumyan E. L. Recommendations for designing, manufacturing and assembling the structures of carcass of low-rise buildings and mansards from cold-bent steel zinc-plated profiles of LLC «Baltprofile». M., 2004. 70 p.
5. Kuznetsov I. L., Salakhutdinov M. A., Gainetdinov R. G. Investigation of the stress-deformation state of a bolt-joint assembly of cold-bent thin-walled profiles // Vestnik MGSU. 2019. № 7. P. 831–843.
6. Korsun N. D., Prostakishina D. A. Structural analysis of stress and strain state of paired thin-walled section with initial geometric imperfections // Akademicheskii vestnik URALNIIPROYEKT RAACS. 2018. № 4. P. 83–88.
7. Kikot A. A., Grigoriev V. V. Influence of flange width and wall parameters on effectiveness of cold-formed steel Sigma-profile in bending behavior // Inzhenerno-stroitel'nyy zhurnal. 2013. № 1. P. 97–133.
8. Anna Green Antony. Cold Formed Steel Sigma Section Joints // International journal of innovative research in technology. 2016. Vol. 3. P. 231–237.
9. Anna Green Antony. Study on cold formed steel sigma sections and the effect of stiffeners // International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology. 2016. Vol. 5. P. 16249–16255.
10. Bassem L., Gendy., Hanna M. T. Effect of geometric imperfections on the ultimate moment capacity of cold-formed sigma-shape sections // Housing and Building National Research Center HBRC Journal. 2015. P. 1–8.
11. Katarzyna Rzeszut, Ilona Szewczak. Experimental studies of sigma thin-walled beams strengthen by CFRP tapes // World Academy of Science, Engineering and Technology International Journal of Structural and Construction Engineering. 2017. Vol. 11. № 7. P. 888–895.
12. Zverev V. V., Semenov A. S. Influence of bolted connections compliance on deformability of girder made from slender roll-formed sections // Stroitelstvo i arkhitektura. nauchnyy vestnik. Voronezhskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta. 2008. № 2 (10). P. 9–17.
13. Zverev V. V., Zhidkov K. Ye., Semenov A. S., Sotnikova I. V. Experimental researches of frame constructions from cold-formed profiles of raised rigidity // Nauchnyy vestnik Voronezhskogo GASU. Stroitelstvo i arkhitektura. 2011. № 4. P. 20–24.
14. Basharov F. F. A technique for optimizing the design parameters of floor slabs made of corrugated board supported by a truss system // Perspektivy nauki. 2018. № 6 (10). P. 82–89.
15. Endzhievsky L. V., Tarasov A. V. Numerical and experimental research frames frame building of sheet galvanized steel // Promyshlennoye i grazhdanskoye stroitelstvo. 2012. № 10. P. 52–54.
16. Aghoury M. El., Hanna M. T., Amoush E. A. Strength of combined sigma cold formed section columns // EUROSTEEL 2017, September 13-15, 2017, Copenhagen, Denmark. P. 1802–1811.
17. Bent steel profile and composite building element based on it : patent 2478764 of the Rus. Federation. № 2011144954/03 ; decl. 07.11.2011 ; publ. 07.04.2013. Bull. № 10. 9 p.

УДК 624.012.35

Мирсаяпов Илизар Талгатович

доктор технических наук, профессор

E-mail: mirsayapov1@mail.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

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

Гарифуллин Динар Рафикович

главный инженер

E-mail: fsrkazan@mail.ru

НППФ Фундаментспецремонт

Адрес организации: 420087, Россия, г. Казань, ул. Гвардейская, д. 56

Уравнения выносливости арматуры изгибаемого железобетонного элемента при режимном многократно повторяющемся нагружении

Аннотация

Постановка задачи. В железобетонных изгибаемых элементах под действием многократно повторяющейся циклической нагрузки независимо от режима нагружения в бетоне сжатой зоны проявляются и развиваются неупругие деформации виброползучести. По этой причине условия деформирования бетона сжатой зоны и продольной растянутой арматуры нестационарны независимо от режима нагружения.

Результаты. Проведены экспериментальные и теоретические исследования поведения железобетонного изгибаемого элемента при многократно повторяющемся циклическом нагружении и установленные режимы деформирования продольной арматуры в составе изгибаемого элемента. Для оценки выносливости арматуры при таких режимах деформирования проведены исследования и с использованием методов механики разрушения упругопластических материалов получены уравнения выносливости арматуры при различных режимах нагружения. На основании проведенных исследований разработаны уравнение выносливости арматуры для практических расчётов железобетонных изгибаемых элементов при режимных многократно повторяющихся нагружениях.

Выводы. Значимость полученных результатов для строительной отрасли состоит в том, что предложенная методика позволяет наиболее точно оценить напряженно-деформированное состояние арматуры и процессы изменения прочности стали с позиций механики разрушения, что является существенным вкладом в теорию усталостной прочности и обеспечивает экономию стали до 20 % по сравнению с существующими методами.

Ключевые слова: железобетон, арматура, выносливость, режимное нагружение, циклическая нагрузка, изгибаемый элемент, механика разрушения.

Введение

При действии режимных циклических нагрузок происходит непрерывное изменение напряженного состояния нормального сечения. При этом, как и в случае действия стационарных циклических нагрузок, условия деформирования бетона сжатой зоны и растянутой арматуры нестационарны. В этом случае нестационарность деформирования бетона сжатой зоны и продольной растянутой арматуры вызваны как нестационарностью внешней нагрузки, так и непрерывным изменением напряжений и коэффициентов асимметрии цикла напряжений вследствие проявления деформаций виброползучести в связанных условиях. Изменение напряжённого состояния нормального сечения при многократно повторяющемся циклическом нагружении, в основном, зависит от закономерностей развития деформаций виброползучести. Поэтому нестационарность напряженного состояния нормального сечения, вызванная изменениями напряжений и коэффициентов асимметрии цикла напряжений в бетоне и арматуре, будет определяться особенностями развития деформаций в виброползучести при различных режимах нестационарного циклического нагружения [1-5].

Напряженно-деформированное состояние изгибаемого элемента

В связи с тем, что в виброползучесть бетона протекает в связанных условиях, в нормальных сечениях элемента возникает дополнительное напряженное состояние (рис. 1) [4, 6-8]. Тогда при нестационарных режимах циклического нагружения текущие напряжения в бетоне сжатой зоны и в продольной растянутой арматуре представляем в виде:

$$\sigma_b^{max}(t, \tau) = \sigma_b^{max}(t_0) \pm \sum_{i=2}^k \Delta\sigma_{bi}(t, \tau) - \sum_{i=1}^k \sigma_{bi}^{ad}(t, \tau), \quad (1)$$

$$\sigma_s^{max}(t, \tau) = \sigma_s^{max}(t_0) \pm \sum_{i=2}^k \Delta\sigma_{si}(t, \tau) - \sum_{i=1}^k \sigma_{si}^{ad}(t, \tau), \quad (2)$$

где $\sigma_b^{max}(t_0), \sigma_s^{max}(t_0)$ – начальные максимальные напряжения в бетоне сжатой зоны и растянутой арматуре в момент приложения нагрузки на первом этапе нагружения; $\sigma_{bi}^{ad}(t, \tau), \sigma_{si}^{ad}(t, \tau)$ – продольные дополнительные напряжения в бетоне сжатой зоны и растянутой арматуре вследствие проявления виброползучести бетона; $\Delta\sigma_{bi}(t, \tau), \Delta\sigma_{si}(t, \tau)$ – приращение начальных напряжений в бетоне и арматуре при переходе от одного блока к другому.

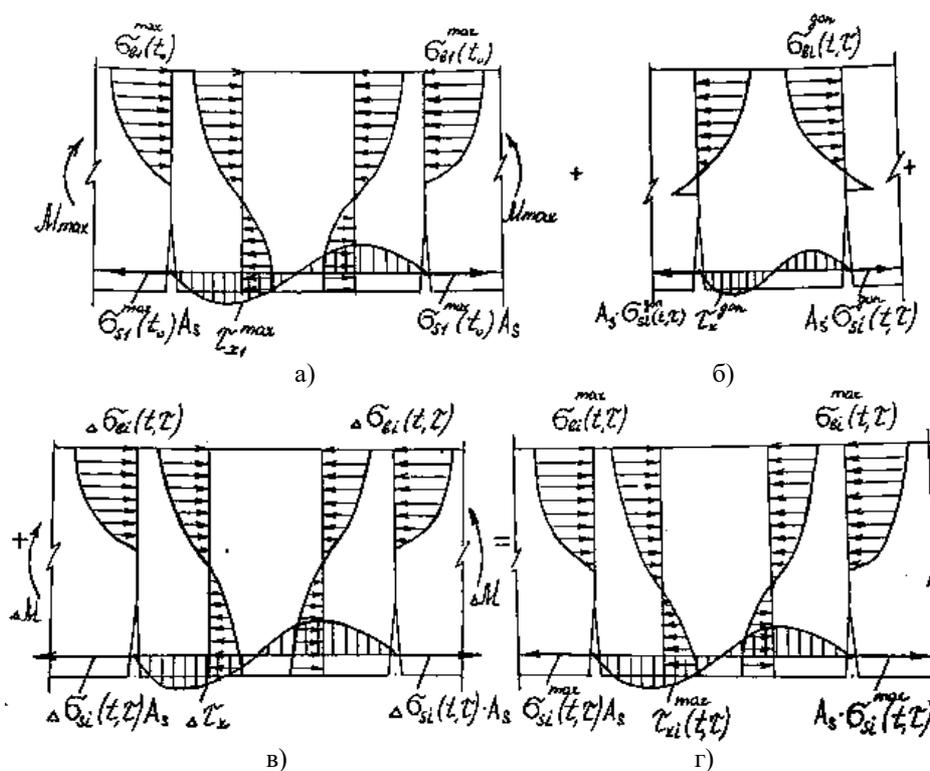


Рис. 1. Напряженное состояние нормального сечения при действии многократно повторяющихся циклических нагрузок нестационарного режима (иллюстрация авторов): а) начальное напряженное состояние; б) дополнительное напряженное состояние вследствие проявления деформаций виброползучести; в) дополнительное напряженное состояние, возникающее при переходе от одного блока к другому; г) текущее (суммарное) напряженное состояние

Оценка выносливости растянутой арматуры при повышающемся режиме циклического нагружения

При повышающихся режимах циклической нагрузки напряжения и коэффициенты асимметрии цикла напряжения меняются по сложному закону. При этом происходит непрерывное увеличение напряжения как от блока к блоку, так и в пределах каждого блока. Схема изменения напряжений в растянутой арматуре изгибаемого элемента представлены на рис. 2.

Уравнение остаточной прочности стальной арматуры в составе железобетонного изгибаемого элемента при повышающемся режиме внешней нестационарной циклической нагрузки представляется в виде:

$$R'_s(t, \tau) = \frac{\sigma_c \cdot k_{cf}}{\sqrt{(Y\sigma_c)^2 \cdot l(t, \tau) + k_{cf}^2}}. \quad (3)$$

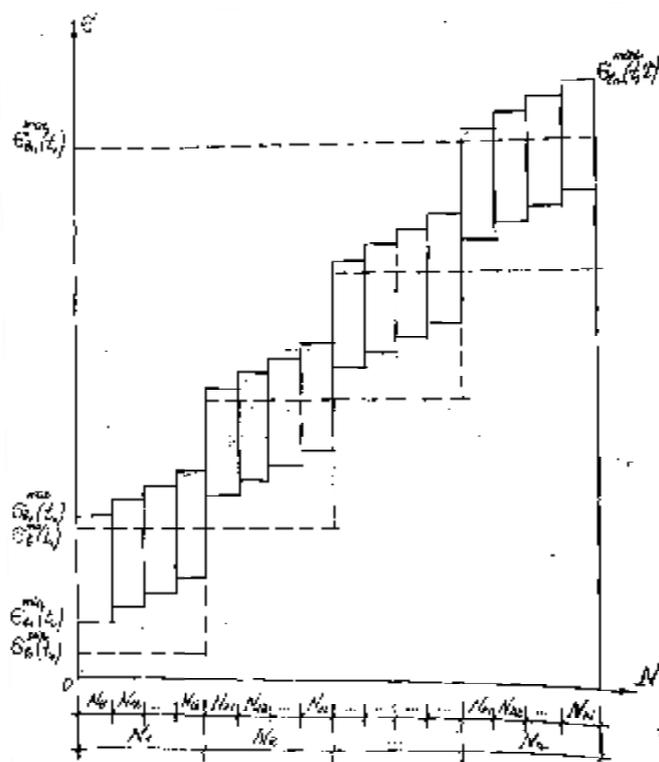


Рис. 2. Схема изменений напряжений в растянутой арматуре изгибаемого элемента при многократно повторяющемся нагружении (иллюстрация авторов)

Для принятой схемы нагружения растянутой арматуры в составе изгибаемого железобетонного элемента объективная прочность зависит от циклической вязкости разрушения $k_{cf}(t, \tau)$, суммарной длины макротрещин, перепада напряжения в переходе от одного к другому и вычисляется по формуле (3).

Оценка выносливости растянутой арматуры при понижающемся режиме циклического нагружения

При понижающихся режимах циклической нагрузки напряжения и коэффициенты асимметрии цикла напряжений меняются по сложному закону. При этом в пределах каждого блока происходит непрерывное увеличение $\sigma_{si}^{max}(t)$ и ρ_{sti-1} , а при переходе от одного блока к другому происходит уменьшение максимального значения напряжений цикла. Схема изменения напряжений в растянутой арматуре изгибаемого элемента при понижающихся режимах внешней нагрузки представлена на рис. 3.

Для всех блоков нагружения, на которые разбивается период работы арматуры в составе железобетонного элемента, суммарная длина макротрещин вычисляется по формуле:

$$l(t, \tau) = l(t_1, \tau) + \sum_{n=2}^n \sum_{k=1}^k \Delta l_{crni}(t, \tau), \quad (4)$$

где n – количество блоков нагружения изгибаемого элемента; k – количество этапов нагружения (за минусом этапов, при которых наблюдается инкубационная стадия, и трещина считается еще микротрещиной); $l(t_1, \tau)$ – начальная длина макротрещины; $\Delta l_{crni}(t, \tau)$ – приращение длины макротрещины на i -том этапе нагружения n -ого блока.

При многоцикловом нагружении, независимо от режима, напряжения в продольной растянутой арматуре меньше предела текучести (физического или условного). Поэтому при расчетах используются только участок упругой работы материала.

Тогда напряжение в арматуре на любой стадии нагружения будут равны:

$$\sigma_{si}(t, t_0) = \varepsilon_{si}(t, t_0)E_s. \quad (5)$$

Необходимо добавить, что на всех стадиях нагружения деформации в арматуре не должны превышать предельных деформаций при заданном режиме и количестве циклов нагружения то есть:

$$\varepsilon_{si}^{max}(t, t_0) = \frac{\sigma_{si}^{max}(t, t_0)}{E_s} \leq \varepsilon_{si,rep} = \frac{R_{si,rep}}{E_s}. \quad (6)$$

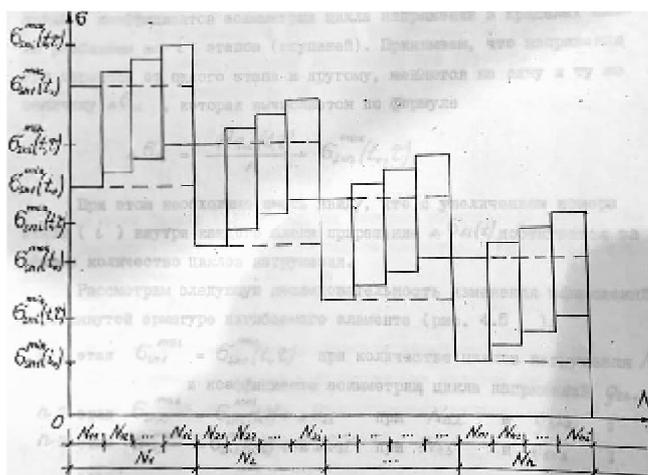


Рис. 3. Схема изменения напряжений в растянутой арматуре N изгибаемого элемента при понимающемся режиме внешней циклической нагрузки с $M^{max} \neq const$, $\rho_M \neq const$ (иллюстрация авторов)

Накопленные результаты экспериментальных и теоретических исследований показывают, что изменение прочности арматуры при циклическом нагружении в полулогарифмических координатах $R_{si,rep} - \lg N$ описывается линейной зависимостью. Для аналитического описания этой зависимости прежде всего необходимо правильно определить начало и конец графика выносливости [4, 9, 10, 11].

Уравнения выносливости арматуры

Начало графика выносливости соответствует прочности арматуры при однократном нагружении со скоростью, равной скорости приложения циклической нагрузки. При этом необходимо отметить, что чем выше частота приложения циклической нагрузки, тем больше прочность однократном нагружении и предел выносливости. Это объясняется эффектом «запаздывание» пластических деформаций при циклическом нагружении.

Для практических расчетов за начало графика выносливости арматуры принимаем точку:

$$R_{s,rep}(t_0) = K_{gs}\sigma_u. \quad (7)$$

Конечная точка графика выносливости соответствует пределу выносливости арматуры на базе $2 \cdot 10^6$ циклов. Предел выносливости на базе $2 \cdot 10^6$ циклов нагружения вычисляется по (5).

Тогда в практических расчетах предел выносливости арматуры вычисляем по формуле:

$$R_{si,rep} = K_{gs}\sigma_u - \frac{\lg N_i}{\lg(2 \cdot 10^6)} (K_{gs}\sigma_u - R_{sp,rep}). \quad (8)$$

Аналитические зависимости для описания прочности арматуры при режимном циклическом нагружении получают путем трансформирования зависимости (8). При вычислении значений усталостной прочности в случае режимных нагружений

необходимо учитывать влияние уровня поврежденности в предыдущем блоке на усталостную прочность при последующем нагружении после смены режима.

В пределах начального блока, независимо от последовательности блоков нагружения, изменение усталостной прочности описывается уравнением (8). В каждом последующем блоке происходит дальнейшее изменение прочности, но исходной прочностью для каждого из них является усталостная прочность в конце предыдущего блока. Прочность арматуры в начале каждого последующего блока зависит от уровня напряжения в предыдущих блоках и последовательности чередования блоков с разными уровнями напряжений.

Рассмотрим последовательно повышающийся режим блочного нестационарного нагружения. Если в пределах рассматриваемого блока $\sigma_{si}^{max}(t, t_0) < R_{sp,rep}$, то снижение прочности не происходит.

В тех случаях, когда $\sigma_{si}^{max}(t, t_0) > R_{sp,rep}$, необходимо учитывать накопление усталостных повреждений в пределах каждого блока и влияние этих повреждений на изменение выносливости в последующих блоках.

Выносливость арматуры в пределах первого блока вычисляется по формуле (8), а в последующих блоках:

$$R_{si,rep} = R_{si-1,rep} - \frac{lg N_i}{lg(2 \cdot 10^6)} (R_{si-1,rep} - \frac{R_{sp,rep}}{\Delta K_s}), \quad (9)$$

где

$$\Delta K_s = \frac{R_{sp,rep}}{R_{sp,rep} - \frac{lg N_{2i}}{lg N_{3i}} (R_{si-1,rep} - R_{sp,rep})},$$

N_{2i} – долговечность арматуры в циклах при заданных параметрах циклического нагружения без учета накопленных на предыдущем этапе повреждений;

N_{3i} – то же, с учетом накопленных на предыдущем этапе повреждений;

$R_{si-1,rep}$ – выносливость арматуры в конце предыдущего блока;

$R_{sp,rep}$ – предел выносливости арматуры на базе $2 \cdot 10^6$ циклов;

N_i – количество циклов нагружения в рассматриваемом блоке.

Долговечность арматуры при заданных параметрах циклического нагружения без учета накопленных на предыдущем этапе повреждений в случаях, когда $\sigma_{si}^{max}(t, t_0) > R_{sp,rep}$ определяется, исходя из графика выносливости по формуле:

$$lg N_{2i} = \frac{\eta \sigma_u - \sigma_s^{max}(t, t_0)}{\eta \sigma_u - R_{sp,rep}} lg(2 \cdot 10^6). \quad (10)$$

Из (6), с учетом $lg(2 \cdot 10^6) = 6,33$, определяется:

$$N_{2i} = 10^{6,33} \left[\frac{\eta \sigma_u - \sigma_{si}^{max}(t, t_0)}{\eta \sigma_u - R_{sp,rep}} \right]. \quad (11)$$

Для определения долговечности арматуры при заданных параметрах циклического нагружения, с учётом накопленных на предыдущем этапе повреждений, прежде всего, устанавливаем упрощённую формулу вычисления длины усталостной трещины.

Исходя из уравнения объективной прочности арматуры (5) при помощи численного эксперимента установлено, что критическая длина усталостной трещины при разрушении составляет примерно $0,6r_s$ (где r_s – радиус арматуры). Обработкой результатов численного эксперимента устанавливаем зависимость длины трещины от количества циклов нагружения для конкретного режима циклического нагружения:

$$lg(K(N_i - N_T)) = l(t, t_0), \quad (12)$$

где $l(t, t_0)$ – длина усталостной трещины в рассматриваемый момент времени;

N_i – количество циклов нагружения в рассматриваемый момент времени;

N_T – инкубационный период (время зарождения макротрещины) в циклах;

K – функция, учитывающая режим циклического нагружения.

Для определения этой функции составляем уравнение к моменту усталостного разрушения арматуры:

$$lg[K(N_{2i} - N_T)] = l_{cr}. \quad (13)$$

С учётом (7) и $N_T = N_{2i} B$, уравнение (13) перепишем в виде:

$$lg \left[K \left(10^{6,33} \frac{\eta \sigma_u - \sigma_{si}^{max}(t, t_0)}{\eta \sigma_u - R_{sp,rep}} - N_T \right) \right] = 0,6r_s. \quad (14)$$

Преобразуя уравнение (14), приводим к виду:

$$10^{l_{cr}} = K \left[10^{6,33 \frac{\eta\sigma_u - \sigma_{si}^{msx}(t, t_0)}{\eta\sigma_u - R_{sp,rep}}} - B \cdot 10^{6,33 \frac{\eta\sigma_u - \sigma_{si}^{msx}(t, t_0)}{\eta\sigma_u - R_{sp,rep}}} \right],$$

откуда

$$K = \frac{1}{1 - B} \cdot 10^{l_{cr} - 6,33 \frac{\eta\sigma_u - \sigma_{si}^{msx}(t, t_0)}{\eta\sigma_u - R_{sp,rep}}}. \tag{15}$$

Долговечность арматуры с учётом накопленных на предыдущем этапе повреждений определяется, исходя из уравнения (12) подстановкой вместо $N_i - N_{3i}$ и заменой $l(t, t_0)$ на $l_{cr} - l_{i-1}(t, t_0)$ (где $l_{i-1}(t, t_0)$ – длина трещины в конце предыдущего блока).

$$\lg(K(N_{3i} - N_T)) = l_{cr} - l_{i-1}(t, t_0). \tag{16}$$

После ряда преобразований из уравнения (16) определяем N_{3i} :

$$N_{3i} = \frac{10^{l_{cr} - l_{i-1}(t, t_0)}}{k} - kN_T. \tag{17}$$

В случае последовательного понижения режима блочного нестационарного нагружения необходимо учитывать циклы нагружения, в течение которых, после перехода к блокам с меньшим уровнем нагрузки, не происходит снижение прочности.

Количество циклов нагружения, в течение которых не происходит снижение усталостной прочности, зависит от уровня напряжения в предыдущем блоке и скорости развития трещин в рассматриваемом блоке нагружения:

$$N_D = \frac{\Delta l_{II}}{V(l)}, \tag{18}$$

$$\Delta l_{II} = 2 \left(\frac{\Delta K_{i-1}}{\sigma_{pre}} \right)^2 \frac{1}{\pi Y(l)},$$

$$\Delta K_{i-1} = K_{li-1}^{max} (1 - \rho_{si-1}),$$

$$K_{li-1}^{max} = \sigma_{si-1}^{max}(t, t_0) \sqrt{l_{i-1}(t, t_0) Y(l)},$$

где Δl_{II} – зона влияния предыдущего блока нагружения;

ΔK_{i-1} – коэффициент интенсивности напряжений в вершине усталостной трещины;

$Y(l)$ – функция, учитывающая вид трещины и схему нагружения, в практических расчетах может быть принята равной 1,2;

$V(l)$ – скорость развития микротрещин в рассматриваемом блоке нагружения.

Тогда предел выносливости арматуры в конце рассматриваемого блока нагружения:

$$R_{si,rep} = R_{si-1,rep} - \frac{\lg(N_i - N_D)}{\lg(2 \cdot 10^6)} R_{si-1,rep} - R_{sp, \frac{rep}{\Delta K_s}}. \tag{19}$$

Сопоставление теоретических и экспериментальных значений выносливости представлены на рис. 4.

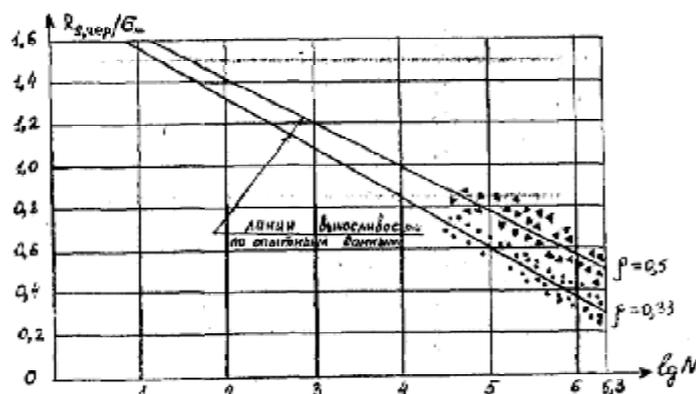


Рис. 4. Графики выносливости арматуры (иллюстрация авторов)

Заключение

1. Проведенные исследования позволили установить, что условия для формирования продольной растянутой арматуры в составе изгибаемого железобетонного элемента нестационарные независимо от режима нагружения.

2. Разработаны уравнения выносливости продольной растянутой арматуры железобетонного изгибаемого элемента при режимных многократно повторяющихся циклических нагружениях с использованием теории виброползучести бетона и механики разрушения упругопластических материалов. Полученное уравнение адекватно и достаточно оценивает выносливость арматуры при повышающихся и понижающихся режимах нагружения и позволяет получить надёжные и одновременно экономичные проектные решения.

Список библиографических ссылок

1. Bareley L., Kowalsky M. Critical bending strain of reinforcing steel and the buckled bar tension test // *ACI Materials Journal*. 2019. № 3 (116). P. 53–61.
2. Liang J., Nie X., Masud M., Li J., Mo Y. L. A study on the simulation method for fatigue damage behavior of reinforced concrete structures // *Engineering Structures*. 2017. № 150. P. 25–38.
3. Luo X., Tan Z., Chen Y. F., Wang Y. Comparative study on fatigue behavior between unbonded prestressed and ordinary reinforced reactive powder concrete beams // *Materialpruefung. Materials Testing*. 2019. № 4 (61). P. 323–328.
4. Mirsayapov Ilshat T. Detection of stress concentration regions in cyclic loading by the heat monitoring method // *Mechanics of Solids*. 2010. № 1 (45). P. 133–139.
5. Song L., Fan Z., Hou J. Experimental and Analytical Investigation of the Fatigue Flexural Behavior of Corroded Reinforced Concrete Beams // *International Journal of Concrete Structures and Materials*. 2019. № 1 (13).
6. Zhang G., Zhang Y., Zhou Y. Fatigue Tests of Concrete Slabs Reinforced with Stainless Steel Bars // *Advances in Materials Science and Engineering*. 2018. № 1.
7. Мирсаяпов Ильшат Т. Усталостное сопротивление изгибаемых элементов действию поперечных сил при средних пролетах среза // *Бетон и железобетон*. 2006. № 3. С. 23–25.
8. Мирсаяпов Ильшат Т., Тамразян А. Г. К разработке научных основ теории выносливости железобетонных конструкций // *Промышленное и гражданское строительство*. 2017. № 1. С. 50–56.
9. Mirsayapov Ilshat T. A study of stress concentration zones under cyclic loading by thermal imaging method // *Strength of Materials*. 2009. № 3 (41). P. 339–344.
10. Trekin N. N., Kodysh E. N., Mamin A. N., Trekin D. N., Onana J. Improving methods of evaluating the crack resistance of concrete structures // *American Concrete Institute, ACI Special Publication*. 2018. № 326. P. 93.1–93.6.
11. Zhang C., Duan P., Zheng B., Li M. Numerical analysis of diaphragm fatigue of reinforced concrete simply supported T-beams // *Journal of Engineering Science and Technology Review*. 2018. № 5 (11). P. 193–201.

Mirsayapov Ilizar Talgatovich

doctor of technical sciences, professor

E-mail: mirsayapov1@mail.ru

Kazan State University of Architecture and Engineering

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

Garifullin Dinar Rafikovich

engineer

E-mail: fsrkazan@mail.ru

NPPF Fundamentspetsremont

The organization address: 420087, Russia, Kazan, Gvardeyskaya st, 56

Equations of the endurance of the reinforcement of a bending reinforced concrete element under regime repeated loading

Abstract

Problem statement. In reinforced concrete bending elements under the action of repeated cyclic loading, regardless of the loading regime, inelastic creep deformations appear and develop in the concrete of the compressed zone. For this reason, the concrete deformation conditions of the compressed zone and the longitudinal stretched reinforcement are non-stationary regardless of the loading mode.

Results. Experimental and theoretical studies of the behavior of a reinforced concrete bending element under repeated cyclic loading and the established modes of deformation of the longitudinal reinforcement as part of the bending element are carried out. To assess the endurance of the reinforcement under such deformation regimes, studies have been conducted and equations of reinforcement endurance under different loading modes have been obtained using the methods of fracture mechanics of elastic-plastic materials. Based on the conducted research, an equation of rebar endurance was developed for practical calculations of reinforced concrete bending elements under regime repeated loads.

Conclusions. The significance of the results obtained for the construction industry is that the proposed method allows the most accurate assessment of the stress-strain state of the reinforcement and the processes of changing the strength of steel from the standpoint of fracture mechanics, which is a significant contribution to the theory of fatigue strength and provides steel savings of up to 20 % compared to existing methods.

Keywords: reinforced concrete, reinforcement, endurance, regime loading, cyclic loading, bending element, fracture mechanics.

References

1. Bareley L., Kowalsky M. Critical bending strain of reinforcing steel and the buckled bar tension test // *ACI Materials Journal*. 2019. № 3 (116). P. 53–61.
2. Liang J., Nie X., Masud M., Li J., Mo Y. L. A study on the simulation method for fatigue damage behavior of reinforced concrete structures // *Engineering Structures*. 2017. № 150. P. 25–38.
3. Luo X., Tan Z., Chen Y. F., Wang Y. Comparative study on fatigue behavior between unbonded prestressed and ordinary reinforced reactive powder concrete beams // *Materialpruefung. Materials Testing*. 2019. № 4 (61). P. 323–328.
4. Mirsayapov Ilshat T. Detection of stress concentration regions in cyclic loading by the heat monitoring method // *Mechanics of Solids*. 2010. № 1 (45). P. 133–139.
5. Song L., Fan Z., Hou J. Experimental and Analytical Investigation of the Fatigue Flexural Behavior of Corroded Reinforced Concrete Beams // *International Journal of Concrete Structures and Materials*. 2019. № 1 (13).
6. Zhang G., Zhang Y., Zhou Y. Fatigue Tests of Concrete Slabs Reinforced with Stainless Steel Bars // *Advances in Materials Science and Engineering*. 2018. № 1.
7. Mirsayapov Ilshat T. Fatigue resistance of bending elements to the action of transverse forces at average cross-section spans // *Beton i jelezobeton*. 2006. № 3. P. 23–25.
8. Mirsayapov Ilshat T., Tamrazyan A.G. On develop the scientific basis of the theory of endurance of reinforced concrete structures // *Promishlennoye i grajdanskoye stroitelstvo*. 2017. № 1. P. 50–56.
9. Mirsayapov Ilshat T. A study of stress concentration zones under cyclic loading by thermal imaging method // *Strength of Materials*. 2009. № 3 (41). P. 339–344.
10. Trekin N. N., Kodysh E. N., Mamin A. N., Trekin D. N., Onana J. Improving methods of evaluating the crack resistance of concrete structures // *American Concrete Institute, ACI Special Publication*. 2018. № 326. P. 93.1–93.6.
11. Zhang C., Duan P., Zheng B., Li M. Numerical analysis of diaphragm fatigue of reinforced concrete simply supported T-beams // *Journal of Engineering Science and Technology Review*. 2018. № 5 (11). P. 193–201.



УДК 624.131.7

Мирсаяпов Илизар Талгатович

доктор технических наук, профессор

E-mail: mirsayapov1@mail.ru

Айсин Нияз Наилович

аспирант

E-mail: zarejay@gmail.com

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

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

Развитие вертикальных деформаций здания в зоне влияния глубокого котлована

Аннотация

Постановка задачи. Существующие методы расчета осадок оснований фундаментов зданий разработаны для случая однократного кратковременного статического нагружения. Эти методы не в состоянии учитывать реальные режимы нагружения грунтовых оснований, в том числе изменение механических характеристик грунтов в предыдущих этапах нагружения, проявление реологических свойств во времени, образование и развитие трещин, а также изменение условий нагружения. В данной работе рассматривается методика расчета осадок оснований фундаментов с учетом вышеизложенных изменений, как параметров грунтов, так и условий нагружения.

Результаты. Предложенный метод расчета учитывает изменения объемного напряженно-деформированного состояния грунта, ползучести, разгрузки, длительного нагружения, образования и развития микро- и макротрещин в грунтовом массиве основания. За основу взята модифицированная модель Пастернака и внесены изменения путем трансформирования диаграмм деформирования грунта при трехосном длительном нагружении. Предельные напряжения в грунте, с учетом предыстории нагружения, образования и развития трещин в грунте, определяется исходя из расчетной модели грунта при трехосном сжатии.

Выводы. Значимость полученных результатов для строительной отрасли состоит в том, что разработанный метод позволяет получить более достоверные результаты. Метод был опробован на реальном реконструируемом объекте. Эпюры деформирования и значения осадок, полученные в результате расчетов, подтвердились результатами мониторинга здания.

Ключевые слова: фундаменты, основания, грунты, глубокий котлован, взаимовлияние, реология, метод расчета, Пастернак, нелинейная деформация.

Введение

Устройство глубоких котлованов приводит к изменению напряженно-деформированного состояния грунтового массива в пределах радиуса зоны влияния. Это вызвано разгрузкой основания при выемке грунта, горизонтальным перемещением стенок котлована, технологическими факторами [1, 2]. При попадании в зону существующей застройки возникает необходимость в оценке и геотехническом прогнозе влияния строительства на осадки и техническое состояние зданий и сооружений. При этом необходимо учитывать вышеперечисленные факторы, а также нагрузки от вновь возводимого здания или сооружения, последовательность строительства [3]. Согласно нормативным документам РФ в зависимости от категории технического состояния существующих зданий допустимые дополнительные осадки зданий составляют 20-50 мм. Расчет осадок оснований сооружений окружающей застройки, расположенных в зоне влияния строительства или реконструкции, в соответствии нормативными документами проектирования оснований, проводят из условия:

$$s_{ad} \leq s_{ad,u}$$

где s_{ad} – дополнительная осадка здания окружающей застройки;

$s_{ad,u}$ – допустимая дополнительная осадка зданий окружающей застройки.

Методы расчета вертикальных деформаций грунтов оснований, используемые в настоящее время, разработаны для случая кратковременного нагружения без учета

проявления реологических свойств грунтов [4]. На самом деле, при устройстве котлованов рядом с существующими зданиями, грунты оснований фундаментов претерпевают изменения механических и реологических свойств [5]. В связи с этим необходима разработка методов расчетов осадок оснований, которые учитывают особенности деформирования при таких условиях.

Объект исследования

Исследуемое здание двухэтажное с неполным железобетонным каркасом из сборного железобетона, с подвальным этажом, в плане имеет прямоугольную форму, расположено в осях 9-15/А-Г, имеет размеры 36 м на 36 м. Вертикальными несущими элементами являются колонны и кирпичная стена в осях 9-15/Г, 9/Е-Г, 15/Г-Е. План здания приведен на рис. 1.

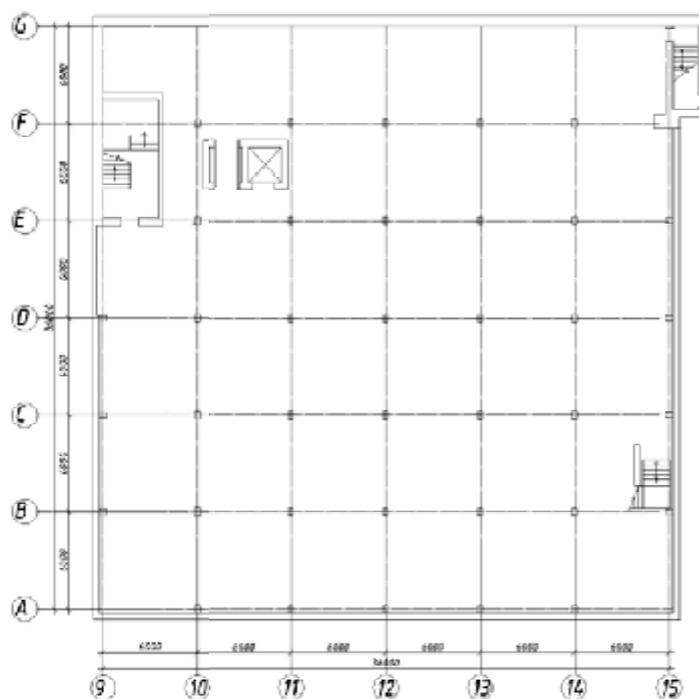


Рис. 1. План здания (иллюстрация авторов)

Колонны размерами 300 мм на 450 мм выполнены из бетона класса В20. Плиты перекрытия и покрытия толщиной 220 мм – из бетона класса В25. Ригели высотой 550 мм – из бетона класса В25.

Фундаменты здания столбчатые в характерной части с размером 2,0 м на 2,0 м. Глубина заложения – 4,150 м и ленточные под кирпичными стенами.

Инженерно-геологические условия

Согласно результатам изысканий, в геологическом строении участка (на вскрытую скважинами глубину) принимают участие аллювиально-делювиальные верхнепермские элювиальные отложения и четвертичные отложения. У поверхности толща техногенных отложений четвертичного возраста.

Геолого-литологическое строение до глубины 25 м представлено следующими инженерно-геологическими элементами (ИГЭ): ИГЭ-1. Насыпной грунт; ИГЭ-2. Суглинок твердый; ИГЭ-3. Суглинок тугопластичный; ИГЭ-4. Глина твердая; ИГЭ-5. Песчаник низкой прочности.

В целом геолого-литологическое строение площадки характеризуется относительной выдержанностью грунтов по площади и глубине, неоднородностью их состава и состояния. Инженерно-геологические разрез приведен на рис. 2, физико-механические характеристики грунтов оснований фундаментов приведены в таблице.

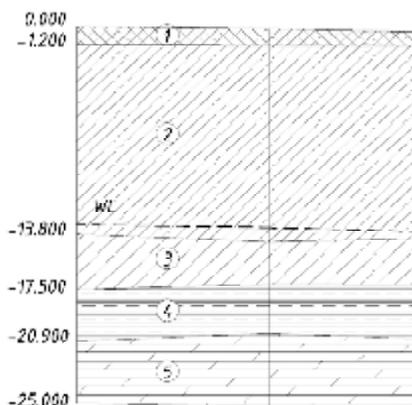


Рис. 2. Инженерно-геологический разрез (иллюстрация авторов)

Таблица

Физико-механические характеристики грунтов

№	ρ	e	E	φ	C
2	1,91	0,76	15,1	21	32
3	1,88	0,842	13,1	19	25
4	1,88	0,857	25,2	21	46
5	1,91	0,617	37,8	35	0

Примечание: ρ – плотность при природной влажности (т/м^3), e – коэффициент пористости, E – модуль деформации (МПа), φ – угол внутреннего трения (град), C – удельное сцепление расчетное (кПа).

Исходные предпосылки

В непосредственной близости от обследуемого здания со стоны осей А, 9 и 15 устроен котлован. Глубина котлована, выполненного с вертикальными стенками без надлежащего крепления, составляет 13 м. В результате откопки глубокого котлована произошли сдвиговые деформации основания фундаментов, а также чрезмерные вертикальные деформации. Подтверждением чрезмерной деформации грунтов основания являлись появления трещин: трещины с шириной раскрытия до 1,5 мм в швах плит перекрытия подвала, трещины в ригелях перекрытия подвала – до 1,5 мм.

В связи с этим были проведены численные исследования осадок основания. При расчетах использовалась модифицированная расчетная модель Пастернака. В расчетной модели заложены аналитические диаграммы деформирования грунта при трехосном режимном нагружении [6, 7].

Исследования осадок фундаментов с учетом непрерывной трансформации напряженно-деформированного состояния грунтового массива основания выполнялись методом конечных элементов с использованием расчетной программы ЛИРА-САПР. Для учета влияния жесткости подземной части здания на осадку грунтового основания фундамента здания с учетом совместного для формирования единой системы «грунтовое основание – фундамент – подземная часть здания – надземная часть здания» в условиях непрерывного изменения напряженно-деформированного состояния и прочностных и деформационных характеристик всех элементов системы в структуре расчетной программы создана пространственная модель здания и грунтового массива под зданием [8].

В качестве расчетной модели основания для совместного расчета системы принята, базирующаяся на теории местных упругих деформаций, комбинированная модель Пастернака с двумя коэффициентами постели C_1 и C_2 . Первый коэффициент постели C_1 учитывает деформации грунта при сжатии и растяжении, второй – C_2 учитывает деформирования грунта при сдвиге, то есть распределительную способность грунтового основания.

В данной работе модифицированная модель Пастернака была модифицирована. Для этого при расчете коэффициентов постели грунта C_1 и C_2 модули деформаций грунта основания принимаются для режимного трехосного сжатия с учетом изменения объемного напряженно-деформированного состояния грунта, ползучести, разгрузки, длительного нагружения, образования и развития микро- и макротрещин в грунтовом

массиве основания согласно рекомендациям [9].

При прогнозе геомеханического поведения грунта основания фундамента необходимо учитывать изменение угла внутреннего трения, удельное сцепление между частицами, модуль общих деформаций, модуль сдвига, характеризующие техническое состояние грунта во время эксплуатации. Для этого используется диаграмма состояния грунта, интегрально учитывающая механическое состояние грунта в реологической расчетной модели.

Расчетная модель

За диаграмму состояния принимается аналитическая диаграмма деформирования грунта для трехосного сжатия.

Расчетная модель создавалась на основе диаграмм состояния грунта при трехосном сжатии. Вычисленные характерные точки позволяют построить диаграмму деформирования грунта в конкретных условиях нагружения с учетом состояния грунта в рассматриваемый момент времени (рис. 3).

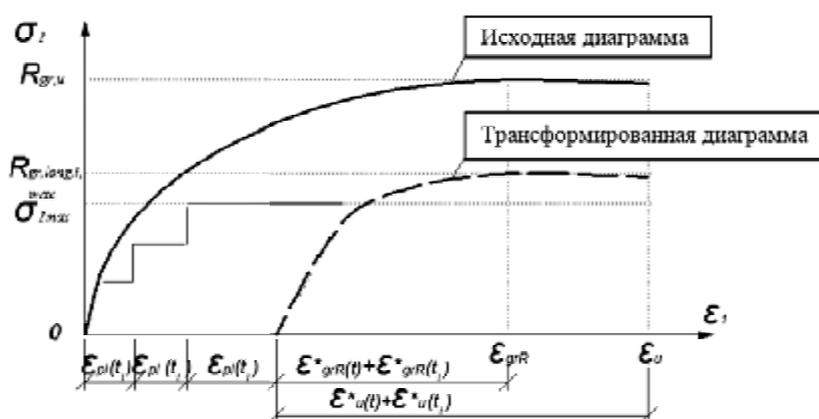


Рис. 3. Исходная и трансформированная диаграммы деформирования грунта (иллюстрация авторов)

На рис. 3 $R_{gr,u}$ – предел прочности грунта при трехосной кратковременной нагрузке; $R_{gr,long}$ – предел длительного сопротивления грунта при трехосном действии нагрузки; ε_{grR} – деформации, отвечающие деформациям в вершине диаграммы при статическом нагружении; ε_u – предельные деформации при кратковременном трехосном сжатии; $\varepsilon_{pl}(t_1)$ – деформации ползучести грунта в момент времени t_1 ; угол наклона диаграмм принимается с учетом изменения вертикального модуля деформации грунта при трехосном нагружении.

Анализ результатов экспериментальных и теоретических исследований, проведенных И.Т. Мирсаяповым и И.В. Королёвой [10], показывает, что при режимных длительных статических и циклических напряжениях происходит изменение модуля деформации, угла внутреннего трения, удельного сцепления между частицами за счёт образования и развития микро и макротрещин в плоскостях предельного равновесия.

Аналитические уравнения поведения грунтов при рассмотренных режимах деформирования оснований и фундаментов зданий разрабатывались на основе пространственной расчетной модели грунта при трехосном сжатии предложенной И.Т. Мирсаяповым и И.В. Королёвой [11].

Предельные напряжения в грунте при трехосном режимном нагружении записывается в виде:

$$R_{gr}(t, t_1, N) = \sigma_{tu}(t, t_1, N) = \frac{4A_{sh}}{A_1} \left[\sigma_v(t, t_1, N) \cdot \cos \alpha_1(t, t_1, N) + \tau_v(t, t_1, N) \cdot \sin \alpha_1(t, t_1, N) \right] \quad (1)$$

где $A_{sh} = \frac{b^2}{4 \cos \alpha_2(t, t_1, N)}$ – площадь граней пирамиды напряжений, а $A_1 = b^2$ – площадь поверхности куба.

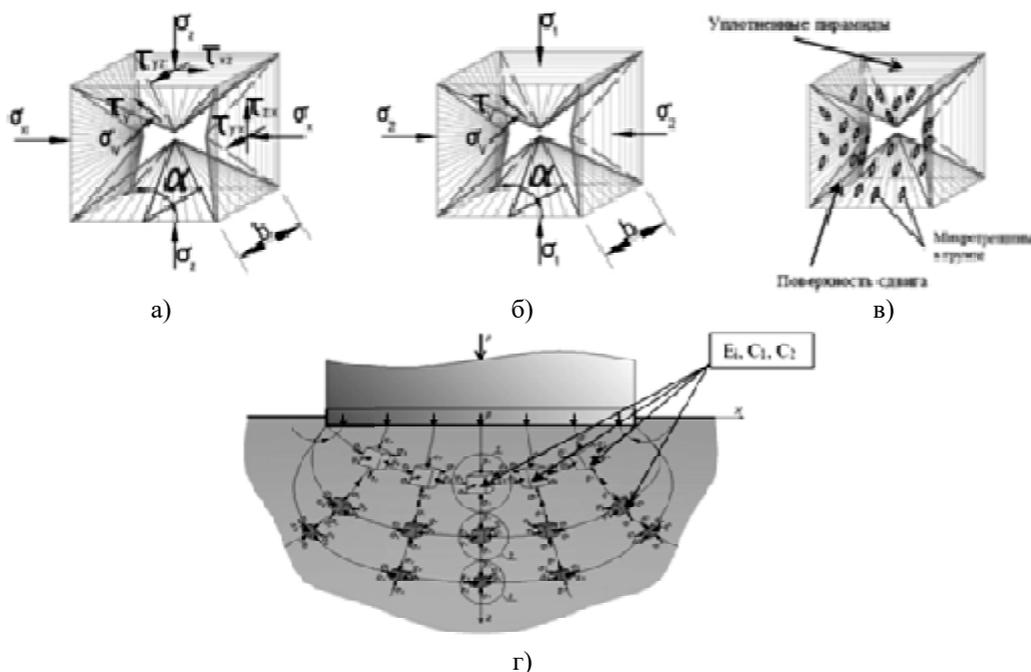


Рис. 4. Напряженное состояние в грунтового массива (иллюстрация авторов):
 а) под фундаментом в пространстве X, Y, Z;
 б) в пространстве главных напряжений на стадии предельного равновесия;
 в) схема развития трещин в плоскостях предельного равновесия;
 г) схема напряженно-деформированного состояния грунтового основания в каждой точке

Нормальные напряжения в виде:

$$\sigma_v(t, t_1, N) = \sigma_1 \cdot l(t, t_1, N) \cdot l'(t, t_1, N) + \sigma_2 \cdot m(t, t_1, N) \cdot m'(t, t_1, N) + \sigma_3 \cdot n(t, t_1, N) \cdot n'(t, t_1, N). \tag{2}$$

Дилатантные напряжения в виде:

$$\sigma_d(t, t_1, N) = \frac{E \cdot \Delta \delta_d}{(1 + \nu) \cdot r}. \tag{3}$$

Сдвиговые напряжения на участке предельного равновесия:

$$\tau_v(t, t_1, N) = S \cdot tg\varphi_0(t, t_1, N, \tau) + c_0(t, t_1, N, \tau). \tag{4}$$

Деформации ползучести грунта в момент времени t_1 при длительном статическом нагружении определяются по формуле:

$$\varepsilon_{pl}(t_1, t_0) = c_{\infty}(t_1, \tau) \cdot \sigma(t_1, t_0) f(t_1, t_0), \tag{5}$$

где $f(t_1, t_0) = 1 - e^{-\gamma(t-t_0)}$ – функция роста деформации ползучести;

γ – параметр ползучести грунта;

$c_{\infty}(t_1, \tau) = \frac{\varepsilon_{pl}(t_1, \tau)}{R_{gr.u}(t_1, \tau)}$ – предельная мера ползучести грунта в момент времени t .

После разработки аналитических диаграмм деформирования грунта при режимном нагружении на каждой стадии учитывается изменение модуля деформации грунта, связанное с изменения объемного напряженно-деформированного состояния грунта, ползучести, разгрузки, длительного нагружения, образования и развития микро- и макротрещин в грунтовой массиве основания, который требуется для вычисления коэффициента постели грунта основания C_1 и C_2 :

$$E_1(t, t_1) = \frac{\Delta \sigma_1(t, t_1)}{\Delta \varepsilon_1(t, t_1)}, \tag{6}$$

где $E_1(t, t_1)$ – вертикальный модуль деформации грунта при трехосном режимном нагружении;

$\Delta \sigma_1(t, t_1)$ – приращение вертикального давления (девиатор) в режиме трехосного нагружения;

$\Delta \varepsilon_1(t, t_1)$ – приращение вертикальных деформаций грунта при трехосном нагружении;

t – время, соответствующее моменту наблюдения;

t_1 – время, соответствующее моменту приложения нагрузки.

На каждом этапе, в каждой точке грунтового основания (рис. 4 г) вычисляются коэффициенты для модифицированной модели Пастернака по формулам:

$$C_1 = \frac{E_1(t, \tau)}{H_C(1 - 2\mu_S)}; \quad (7)$$

$$C_2 = \frac{C_1 \cdot H_C(1 - 2\mu_S)}{6(1 - \mu_S)}; \quad (8)$$

$$E_1(t, \tau) = \frac{H_C}{\sum_{i=1}^n \frac{H_C}{u_i \cdot E_{1i}(t, \tau)}}; \quad (9)$$

$$u = \frac{11z^2 \cdot h_i}{H_C}; \quad (10)$$

$$\mu_S = \frac{\sum_{i=1}^n \mu_i \cdot h_i}{H_C}, \quad (11)$$

где H_C – глубина сжимаемой толщи основания фундаментов, u – поправочный коэффициент к модулю деформаций грунта, учитывающий неравномерные свойства грунтов по глубине, μ – осредненный коэффициент Пуассона грунта по глубине, h_i – толщина i -го слоя грунта.

Эта модель учитывает изменения коэффициента постели C_1 и C_2 в каждой точке по вертикали и горизонтали (рис. 4 г), т.е. принимаются переменные коэффициенты постели по вертикали и горизонтали грунтового массива основания.

Результаты численных исследований

На основании вышеприведенной методики были проведены численные исследования напряженно-деформированного состояния грунтов основания фундаментов рассматриваемого здания в программном комплексе ЛИРА-САПР, реализующем метод конечных элементов, с учетом влияния глубокого котлована с использованием модифицированной расчетной модели Пастернака на основе аналитической расчетной модели грунта при трехосном режимном нагружении. Полученные результаты расчетов подтверждают общую картину деформирования исследуемого здания.

Заключение

1. Разработана пространственная расчетная модель здания и грунтов основания фундаментов, учитывающая совместное реформирование системы «грунтовое основание – фундамент – надземная часть здания», позволяющая вычислить осадки основания фундамента с учетом предыстории нагружения, образования и развития дефектов структуры грунта в процессе режимного длительного нагружения.

2. Предложенная модель расчета апробирована при оценке осадок трехэтажного здания с одним подземным этажом. Полученные результаты расчёта показывают хорошую сходимость (погрешность 15 %) с результатами мониторинга деформаций здания.

3. Численные исследования показали, что под фундаментами здания происходят как вертикальные, так и горизонтальные деформации. В зоне горизонтальных деформаций более 5 мм оказывается больше половины здания. Деформации основания приводят к деформации всего каркаса здания и к дополнительным непроектным усилиям в конструкциях. Максимальные горизонтальные и вертикальные перемещения фундаментов составили 40 и 70 мм соответственно.

Список библиографических ссылок

1. Katzenbach R., Leppla S., Ramm H., Seip M., Kuttig H. Design and construction of deep foundation systems and retaining structures in urban areas in difficult soil and groundwater conditions // *Procedia Engineering*. 2013. № 57. P. 540–548.
2. Liu Y., Xiang B., Fu M. Observed Performance of a Large-Scale Deep Triangular Excavation in Shanghai Soft Clays // *Geotechnical and Geological Engineering*. 2019. № 4 (37). P. 2791–2809.
3. Dong Y., Burd H. J., Houlsby G. T. Finite element study of deep excavation construction

- processes // Soils and Foundations. 2017. № 6 (57). P. 965–979.
4. Kayumov R. A., Tazyukov B. F., Mukhamedova I. Z. Identification of Mechanical Characteristics of a Nonlinear-Viscoelastic Composite by Results of Tests on Shells of Revolution // Mechanics of Composite Materials. 2019. № 2 (55). P. 171–180.
 5. Wang W., Griffiths D. V. Case study of slope failure during construction of an open pit mine in Indonesia // Canadian Geotechnical Journal. 2019. № 5 (56). P. 636–648.
 6. Mirsayapov Ilizar T., Koroleva I. V. Bearing capacity and deformation of the base of deep foundations' ground bases : Proceedings of the 8th Int. Symposium on Geotechnical Aspects of Underground Construction in Soft Ground / TC204 ISSMGE. Seoul, 2014. P. 401–404.
 7. Boudaa S., Khalfallah S., Bilotta E. Static interaction analysis between beam and layered soil using a two-parameter elastic foundation // International Journal of Advanced Structural Engineering. 2019. № 1 (11). P. 21–30.
 8. Bhaduri A., Choudhury D. Serviceability-Based Finite-Element Approach on Analyzing Combined Pile-Raft Foundation // International Journal of Geomechanics. 2020. № 2 (20).
 9. Mirsayapov Ilizar T., Koroleva I. V. Strength and Deformability of Clay Soil Under Different Triaxial Load Regimes that Consider Crack Formation // Soil Mechanics and Foundation Engineering. 2016. № 1 (53). P. 5–11.
 10. Mirsayapov Ilizar T., Koroleva I. V. The strength and deformability of clay soils under the regime spatial stress state in view of cracking // Grounds, foundations and soil mechanics. 2016. № 1. P. 16–23.
 11. Mirsayapov Ilizar T., Koroleva I. V. Long-term Settlements Assessment of High-rise Building Groundbase Based on Analytical Ground Deformation Diagram // Procedia Engineering. 2016. № 165. P. 519–527.

Mirsayapov Ilizar Talgatovich

doctor of technical sciences, professor

E-mail: mirsayapov1@mail.ru

Aysin Niyaz Nailovich

post-graduate student

E-mail: zarejay@gmail.com

Kazan State University of Architecture and Engineering

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

Growth of vertical deformations of building in an influence zone of deep pit**Abstract**

Problem statement. Existing calculation methods of building settlement are based on the case of a single short-term static loading. These methods are not able to take into account the actual loading conditions of soil subgrade, including a change in the mechanical characteristics of soils in the previous stages of loading, the manifestation of rheological properties over time, the formation and development of cracks, as well as changes in loading conditions. This paper provides a methodology for calculating settlements, taking into account the abovementioned changes of soil parameters and loading conditions.

Results. The proposed calculation method takes into account changes in the tridimensional stress-strain state of the soil, creep, unloading, prolonged loading, formation and development of micro- and macrocracks in the soil mass of the subgrade. It is based on a modified Pasternak model. The model modified by transforming the soil deformation diagrams under triaxial long-term loading. The ultimate stresses in the soil, taking into account the history of loading, formation and development of cracks in the soil, are determined based on the calculation model of the soil under three-axial compression.

Conclusions. The significance of the results obtained for the construction industry is that the developed method allows you to get more reliable results. The developed method was tested on a real reconstructed object. The deformation plots and settlement values obtained as a result of calculations were confirmed by the results of monitoring.

Keywords: foundation, subgrade, soil, deep pit, interaction, rheology, calculation method, Pasternak, nonlinear deformation.

References

1. Katzenbach R., Leppla S., Ramm H., Seip M., Kuttig H. Design and construction of deep foundation systems and retaining structures in urban areas in difficult soil and groundwater conditions // *Procedia Engineering*. 2013. № 57. P. 540–548.
2. Liu Y., Xiang B., Fu M. Observed Performance of a Large-Scale Deep Triangular Excavation in Shanghai Soft Clays // *Geotechnical and Geological Engineering*. 2019. № 4 (37). P. 2791–2809.
3. Dong Y., Burd H. J., Houlsby G. T. Finite element study of deep excavation construction processes // *Soils and Foundations*. 2017. № 6 (57). P. 965–979.
4. Kayumov R. A., Tazyukov B. F., Mukhamedova I. Z. Identification of Mechanical Characteristics of a Nonlinear-Viscoelastic Composite by Results of Tests on Shells of Revolution // *Mechanics of Composite Materials*. 2019. № 2 (55). P. 171–180.
5. Wang W., Griffiths D. V. Case study of slope failure during construction of an open pit mine in Indonesia // *Canadian Geotechnical Journal*. 2019. № 5 (56). P. 636–648.
6. Mirsayapov Ilizar T., Koroleva I. V. Bearing capacity and deformation of the base of deep foundations' ground bases : Proceedings of the 8th Int. Symposium on Geotechnical Aspects of Underground Construction in Soft Ground / TC204 ISSMGE. Seoul, 2014. P. 401–404.
7. Boudaa S., Khalfallah S., Bilotta E. Static interaction analysis between beam and layered soil using a two-parameter elastic foundation // *International Journal of Advanced Structural Engineering*. 2019. № 1 (11). P. 21–30.
8. Bhaduri A., Choudhury D. Serviceability-Based Finite-Element Approach on Analyzing Combined Pile-Raft Foundation // *International Journal of Geomechanics*. 2020. № 2 (20).
9. Mirsayapov Ilizar T., Koroleva I. V. Strength and Deformability of Clay Soil Under Different Triaxial Load Regimes that Consider Crack Formation // *Soil Mechanics and Foundation Engineering*. 2016. № 1 (53). P. 5–11.
10. Mirsayapov Ilizar T., Koroleva I. V. The strength and deformability of clay soils under the regime spatial stress state in view of cracking // *Grounds, foundations and soil mechanics*. 2016. № 1. P. 16–23.
11. Mirsayapov Ilizar T., Koroleva I. V. Long-term Settlements Assessment of High-rise Building Groundbase Based on Analytical Ground Deformation Diagram // *Procedia Engineering*. 2016. № 165. P. 519–527.



УДК 697.9 (075.8)

Байдюсенов Галым Нуржанович

аспирант

E-mail: galymbai88@mail.ru

Абильдинова Сауле Кианбековна

доцент

E-mail: saule18kz@mail.ru

Елеманова Алия Аликовна

старший преподаватель

E-mail: a.elemanova@aes.kz

Алматинский университет энергетики и связи

Адрес организации: 050013, Казахстан, г. Алматы, ул. Байтурсынова, д. 126

Садыков Ренат Ахатович

доктор технических наук, профессор

E-mail: sadykov_r_a@mail.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

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

Эффективность пенополиуретановых труб при модернизации теплосетей

Аннотация

Постановка задачи. Цель исследования – оценка потерь тепловой энергии через изоляционные конструкции трубопроводов с пенополиуретаном, с учетом способа прокладки трубопроводов и дополнительных факторов, возникающих при эксплуатации тепловых сетей.

Результаты. Повышение эффективности использования и транспортировки тепловой энергии в системах теплоснабжения зависит от состояния теплосетей. Для модернизации и реконструкции теплосетей Республики Казахстан (РК) в настоящее время используются предизолированные трубы из пенополиуретана (ППУ), которые обеспечивают высокую надежность работы и минимальные потери энергии. Представлены основные направления работ по модернизации и реконструкции существующих теплосетей. Проведены расчеты тепловых потерь через изоляцию магистральных трубопроводов с различными стандартными диаметрами. В расчетах использована нормативная методика определения теплопотерь, учитывающая дополнительные факторы, связанные с эксплуатацией трубопроводов при канальной и бесканальной прокладке теплосетей. Полученные расчетные удельные теплопотери магистральных трубопроводов с ППУ-изоляцией при изменении температуры теплоносителя не превышали нормативных значений теплопотерь при идентичных условиях. Результаты проведенных исследований показали необходимость корректировки существующих нормативов теплопотерь в системах теплоснабжения, которая позволит повысить их эффективность.

Выводы. Значимость полученных результатов для строительной отрасли состоит в том, что предложенные расчетные методики подтверждают сокращение нормативных и сверхнормативных потерь тепловой энергии при использовании ППУ-труб. Проведенные расчеты позволяют оценить теплопотери в тепловых сетях, а также показывают эффективность теплоизоляционной конструкции из пенополиуретана.

Ключевые слова: тепловая изоляция, трубопроводы, пенополиуретан, тепловые потери, термическое сопротивление.

Введение

Главной задачей для развития экономики любого государства является рациональное использование топливно-энергетических ресурсов. Решение проблем энергосбережения в сфере использования тепловой энергии в значительной степени зависит от состояния тепловых сетей и эффективности промышленной тепловой изоляции.

В настоящее время тепловые сети РК требуют модернизации, т.к. около 40 % протяженности тепловых сетей страны, или в линейном исчислении 9,6 тыс. км его длины, имеют 100 % износа [1].

Министерство национальной экономики РК разработало концепцию реформирования теплоснабжения, которая предусматривает повышение эффективности этого сектора на основе увеличения КПД теплоисточников до 85 % и модернизации 7000 км теплосетей.

Для модернизации теплосетей привлечены международные институты развития: Европейский банк реконструкции и развития (ЕБРР) и Исламский инфраструктурный фонд (ИИФ), совместное предприятие азиатского банка развития. Модернизация и реконструкция теплосетей направлены на:

- повышение их надежности в крупных городах РК;
- сокращение нормативных и сверхнормативных потерь путем применения ППУ-труб;
- создание измерительной и информационной базы на основе реализации автоматизированных систем контроля и учета тепловой энергии (АСКУТЭ);
- создание автоматизированной системы диспетчерского управления работой оборудования.

Мероприятия, выполняемые в рамках займа ЕБРР и ИИФ, не решают полностью проблемы теплоснабжения, а только поддерживают жизнеспособность систем теплоснабжения. К примеру, АО «Центрально-Азиатская Электроэнергетическая Корпорация» ежегодно поставляет своим потребителям 11,5 млн. Гкал тепловой энергии и из них 33 % составляют потери. Из них 20 % составляют нормативные потери, а оставшиеся 13 % – сверхнормативные потери тепла. В целях сокращения нормативных и сверхнормативных потерь тепла поставщиками предложена замена существующих магистральных трубопроводов на предизолированные трубы большого диаметра от 630 до 1020 мм с ППУ-оболочкой. Увеличение диаметра труб подающей магистрали позволяет обеспечить стабильное теплоснабжение в крупных городах и регионах, где с каждым годом сильно возрастает потребность в тепловой энергии, и сократить ежегодные сверхнормативные потери тепла на 1,5-2 %.

Объект, метод и критерий исследования

Для уменьшения потерь теплоты по длине трубопровода в теплосетях РК масштабно используются предизолированные трубы с тепловой изоляцией из пенополиуретана (ППУ). В работе рассмотрены основные преимущества и недостатки ППУ-труб, их характеристики, свойства и технология производства, энергосберегающая эффективность и методика расчета теплопотерь ППУ-изоляции с учетом способа прокладки трубопроводов и дополнительных факторов, возникающих при эксплуатации тепловых сетей [2-3].

Изготовлением стальных труб с теплоизоляционным слоем из пенополиуретана в Казахстане занимаются несколько заводов, такие как ТОО «АлмаЗИТ», ТОО «ArInvest», Казахстанский трубный завод и др.

Предизолированные трубы и фасонные изделия этих заводов представляют собой жесткую конструкцию типа «труба в трубе», где внутренняя стальная труба воспринимает давление и температуру теплоносителя с высокой температурой, пенополиуретан несет функцию тепловой изоляции стальной трубы, а полиэтиленовая трубная оболочка выполняет функцию защиты конструкции от проникновения грунтовых вод и механических повреждений. Всепененный полиуретан заполняет все свободное пространство между стальной трубой и оболочкой. Для оболочки трубы, в зависимости от способа прокладки трубы, можно использовать различные материалы. Полиэтиленовая оболочка применяется для труб при подземной прокладке, а для надземной прокладки оболочка выполняется из оцинкованной стали для надежной защиты от коррозии. ППУ-труба в разрезе представлена на рис. 1 [4].

Если же трубопровод прокладывается под землей, используют полиэтилен, который эффективен при защите металла от агрессивной среды.

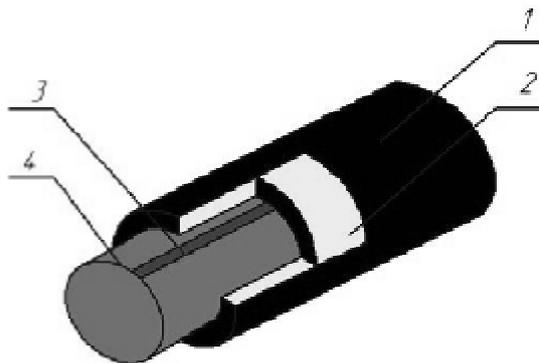


Рис. 1. Предизолированная труба с ППУ в разрезе (иллюстрация авторов):
1 – труба оболочка; 2 – изоляция из ППУ; 3 – стальная труба;
4 – сигнальный провод системы ОДК

Предизолированные трубы с ППУ имеют следующие технические характеристики:

- трубы выдерживают давление до 16 атмосфер и температуру 150°C (с кратковременным повышением температуры до 170°C);
- трубы и фасонные изделия с ППУ изоляцией имеют встроенные медные проводники D 1,39 мм, составляющие основу системы оперативного дистанционного контроля (ОДК), информирующей диспетчерскую службу о состоянии трубопровода и наличии дефектов.

Основные преимущества ППУ-труб:

- высокие теплоизоляционные и прочностные характеристики;
- коэффициент теплопроводности λ при средней температуре 50°C не более 0,033 Вт/(м·К); прочность на сдвиг в осевом направлении при температуре 140°C составляет $\sigma=0,08$ МПа;
- снижение тепловых потерь с действительных 25-30 % до 2-3 %;
- уменьшение эксплуатационных затрат в 2 раза и расходов на ремонт теплотрасс в 3 раза;
- возможность быстрого обнаружения утечек благодаря системе ОДК;
- увеличение срока службы трубопроводов с 10-15 лет до 30 лет и более.

Недостатки ППУ-труб:

- пенополиуретан – горючий материал, неустойчивый к механическому воздействию;
- несмотря на высокие антикоррозийные показатели, трубопровод с ППУ требует проведения специальных мероприятий по защите от электро-химической коррозии;
- ограниченные температуры теплоносителя в ППУ-трубах до 130 °C требуют в случае применения температурного графика в теплосети выше 130 °C дополнительной изоляции;
- каждый трубопровод с системой ОДК должен быть оснащен приборами контроля обеспечения быстрого обнаружения повреждений [2].

Способы расчета величины тепловых потерь магистральных трубопроводов с ППУ-изоляцией и анализ их эффективности

Задача определения тепловых потерь через теплоизоляционную конструкцию трубопроводов считается достаточно сложной и должна учитывать ряд факторов, определяющих эффективность работы тепловых сетей.

В настоящее время тепловые потери магистральных трубопроводов определяются по результатам специальных промышленных испытаний [5] с целью применения их результатов для обоснования нормативных тепловых потерь или расчетных методик. Промышленные испытания теплосетей возможны в условиях действующего теплопровода во время отопительного сезона и на протяженном участке теплосети длиной более 3 км. Методика определения тепловых потерь [5] позволяет определить тепловые потери в квартальных сетях на основе прямых измерений, однако осуществить мониторинг не

возможно по техническим причинам, поскольку не у всех потребителей тепловой энергии установлены приборы учета теплоты. Поэтому на время проведения промышленных испытаний по определению количественных значений теплопотерь (по предлагаемой методике) требуются значительные материальные ресурсы для проведения большого объема подготовительных работ с отключением системы теплоснабжения от абонентов.

Расчетно-аналитические методики [6, 7], основанные на учете норм плотности теплового потока через поверхности изоляции трубопроводов, не учитывают потери тепла, обусловленные «старением» тепловой изоляции, а также влияние состава и влагосодержания грунта на увеличение и изменения тепловых потерь, обусловленные составом грунта, природными условиями местности и глубиной заложения трубопроводов теплосети. Для учета этих дополнительных факторов при оценке тепловых потерь необходимо вводить поправочные коэффициенты, определяющие реальные условия эксплуатации, и тогда реальные тепловые потери труб с ППУ-изоляцией при транспортировке теплоносителей будут выше.

С учетом вышеизложенных факторов проведен расчет общих теплопотерь труб с ППУ-изоляцией различного диаметра. Для оценки эффективности работы ППУ-труб были рассмотрены только линейные тепловые потери по длине трассы через наружную поверхность трубопровода без компенсации температурных деформаций. Тогда интегральные тепловые потери трубопровода на участке длиной l можно рассчитать по формуле:

$$Q_m = q_e l,$$

где q_e – действительные удельные тепловые потери изолированным трубопроводом, кВт·час; l – длина рассматриваемого участка тепловой сети, согласно генплана, м.

Действительные удельные тепловые потери изолированным трубопроводом определяются по формуле:

$$q_e = k(t_{m.n.} - t_{o.c.}),$$

где $k = 1/R_T$ – коэффициент теплопередачи для единицы длины теплосети, Вт/м·К; R_T – действительное полное термическое сопротивление изолированного трубопровода, мК/Вт; $t_{m.n.}$ и $t_{o.c.}$ – температуры теплоносителя ($m.n.$) и окружающей среды ($o.c.$) соответственно, °С.

При расположении изолированного теплопровода на открытом воздухе, температура окружающей среды принимается равной средней температуре отопительного периода для условий г. Петропавловска (РК): $t_{o.c.} = -8,6^\circ\text{C}$.

При расположении изолированного теплопровода в каналах и бесканально, температура окружающей среды принимается равной средней расчетной среднегодовой температуре грунта заложения трубопроводов, которая равна $+5^\circ\text{C}$ [4].

Величина R_T определяется в зависимости от способа прокладки трубопроводов и в общем случае определяется как аддитивная сумма отдельных термических сопротивлений:

$$R_T = \sum_{i=0}^4 R_i,$$

где $R_1 = R_6 = 1/(\pi \alpha_6 d_n)$ – термическое сопротивление внутренней стенки трубопровода; $R_2 = R_{ИЗ} = (\ln|d_{из}/d_H|)/(2\pi \lambda_{из})$ – термическое сопротивление основного изоляционного слоя; $R_3 = R_{П} = (\ln|d_{из}/d_k|)/(2\pi \lambda_{П})$ – термическое сопротивление защитного покрытия; $R_4 = R_H = 1/(\pi d_k \alpha_n)$ – термическое сопротивление теплоотдаче от поверхности изоляции к окружающему воздуху;

где α_6 , α_n – соответственно коэффициенты теплоотдачи от теплоносителя к внутренней стенке трубопровода и от наружной поверхности изоляционной конструкции в окружающую среду. Ввиду того, что $\alpha_6 \gg \alpha_n$, то при выполнении этого условия величиной R_6 можно пренебречь.

$d_{ИЗ} = d_H + 2 \cdot \delta_{из}$ – наружный диаметр основного слоя изоляции, м; d_H – наружный диаметр трубопровода, м.

$\lambda_{из}$, λ_n – коэффициенты теплопроводности основного и покровного слоя изоляции, Вт/(м·К); d_k – наружный диаметр покрытия, м.

В расчетах приняты следующие значения α_H :

$\alpha_H = 29$; $\alpha_H = 8$; $\alpha_H = 7$ – коэффициенты теплоотдачи от поверхности изоляционной конструкции в окружающую среду на открытом воздухе; для трубопроводов, прокладываемых в каналах и бесканально соответственно, Вт/м²к.

При бесканальной прокладке двутрубных теплосетей с тепловой изоляцией из ППУ в расчетах теплопотерь необходимо учесть увлажнение изоляции. Увлажнение тепловой изоляции трубопроводов приводит к увеличению ее теплопроводности и точная оценка количественного влияния этого фактора затруднительна из-за сложности определения степени увлажнения участков теплосети грунтовой водой.

При надземной и подземной прокладке теплопровод адсорбирует влагу из воздуха или грунта, адсорбированная влага может проникать через поврежденные участки кровного слоя в теплоизоляционную конструкцию, тем самым ухудшая ее защитные свойства.

В процессе движения теплоносителя по тепловым сетям происходит частичная просушка тепловой изоляции, в ее слое начинаются тепломассообменные процессы, устанавливаются нестационарные температурные и влажностные поля. При этом градиенты тепло- и влагообменных процессов обычно противоположно направлены. Изменение температуры в слое близко к линейному, а изменение влагосодержания нелинейно с увеличением влагосодержания к границе кровного слоя. Эти физические процессы особенно актуальны при бесканальной прокладке, когда трубопровод находится в непосредственном контакте с влажным грунтом.

При подземной бесканальной прокладке тепловая энергия с поверхности кровно-защитного слоя передается непосредственно грунту, т.е. $R_H = R_T + R_{дон}$. Значение R_T определяется по формуле Форхгеймера [8]:

$$R_T = (2\pi\lambda_{zp})^{-1} \ln \left[d_k^{-1} \left(2h + \sqrt{4h^2 - d_k^2} \right) \right],$$

где R_T – термическое сопротивление грунта, λ_{zp} – теплопроводность грунта, h – глубина заложения оси трубопровода от поверхности земли, м.

Коэффициент теплопроводности грунта λ_{zp} зависит от структуры грунта и его влажности, в расчетах теплопотерь его значение в условиях бесканальной прокладки в песчаном мерзлом грунте было принято равным $\lambda_{zp} = 3,7$ Вт/(м·К).

В двухтрубных тепловых сетях при бесканальной прокладке наблюдается сильный прогрев слоя грунта между трубопроводами, который уменьшает теплоотдачу от изоляции к грунту. В этом случае необходимо учесть добавочное условное термическое сопротивление грунта, определяемое по выражению [8]:

$$R_{дон} = (2\pi\lambda_{zp})^{-1} \ln \left[\sqrt{1 + (2h/b)^2} \right],$$

где b – горизонтальное расстояние между осями труб, м;

При бесканальной прокладке с типовой конструкцией теплосети: $b \approx 1,5d_k$.

Расчетные теплопотери изолированных теплопроводов с изоляционными материалами марок «Пенополиуретан» приведены в табл. 1. Для пенополиуретана, согласно ТУ [3], в случае воздушной прокладки теплопровода с температурой теплоносителя $t_{м.н.} = 70^\circ\text{C}$ принимается коэффициент теплопроводности $\lambda_{из} = 0,0373$ Вт/м·град; для температур $t_{м.н.} = 90^\circ\text{C}$ и $t_{м.н.} = 130^\circ\text{C}$ принимается $\lambda_{из} = 0,0411$ Вт/м·град и $\lambda_{из} = 0,0485$ Вт/м·град соответственно [9]. Коэффициент теплопроводности для кровного материала из тонколистовой оцинкованной стали $\lambda_{л} = 58$ Вт/м·град. При подземной канальной и бесканальной прокладке теплопровода кровным материалом является полиэтилен с $\lambda_{л} = 0,3$ Вт/м·град. Суммарные тепловые потери трубопровода определены на участке длиной $l = 1000$ м.

Характеристики ППУ и кровного слоя в зависимости от стандартных диаметров труб приведены в таблице 2. Расчетная толщина слоя изоляции и наружный диаметр покрытия приняты по нормам [10]. Расчеты проведены для значений стандартных диаметров труб: $d_y = 100; 159; 273; 325; 530; 630; 720; 820; 1020$ мм. Исходные данные теплоизоляционных материалов приведены в табл. 2.

Таблица 1

Расчет линейных тепловых потерь магистрального участка теплосети (т/с)

Способ прокладки труб	$t_{o.c.}, ^\circ\text{C}$	$t_{n.n.}, ^\circ\text{C}$	$\delta_{из}, \text{М}$	$\lambda_{из}, \text{Вт/М}\cdot\text{К}$	$d_{из}, \text{М}$	$d_k, \text{М}$	$R_{из}, \text{М}\cdot\text{К/Вт}$	$R_{np}, \text{М}\cdot\text{К/Вт}$	$R_T, \text{М}\cdot\text{К/Вт}$	$q_e, \text{Вт/М}$	$Q_{мп}, \text{Гкал/с}$
$d_{вн}=530 \text{ мм}$ воздушная прокладка т/с	-8,6	70	0,072	0,0373	0,673	0,6736	1,019	0,016	1,0	73	391
		90		0,0411			0,925		0,94	101	540
		130	0,089	0,0485	0,708		0,784		0,80	167	893
подземная канальная прокладка т/с	5	70	0,072	0,0373	0,673	0,6736	1,019	0,059	1,1	58	311
		90		0,0411			0,925		0,98	76	406
		130	0,089	0,0485	0,708		0,784		0,84	111	597
подземная бесканальная прокладка т/с	5	70	0,079	0,0373	0,6878	0,6884	1,112	0,182	1,3	49	264
		90		0,0411			1,009		1,2	70	374
		130	0,089	0,0485	0,708		0,855		1,0	118	633

Таблица 2

Характеристики ППУ и покровного слоя
для канальной и бесканальной прокладки теплопроводов*

$d_y, \text{мм}$	$\min \delta_{n.э.}, \text{мм}$	Расчетная $\delta_{из}, \text{мм}$	$d_k, \text{М}$ $d_k = d_{из} + \min \delta_{n.э.}$
100	3	33	$d_k = d_{из} + 0,003$
159	4	41,5	$d_k = d_{из} + 0,004$
273	6,5	57	$d_k = d_{из} + 0,0065$
325	7	55,5	$d_k = d_{из} + 0,007$
530	11,1	78,9	$d_k = d_{из} + 0,0111$
630	12,5	72,5	$d_k = d_{из} + 0,0125$
720	14,0	76,0	$d_k = d_{из} + 0,014$
820	17,6	72,4	$d_k = d_{из} + 0,0176$
1020	19,6	70,4	$d_k = d_{из} + 0,0196$

* $\delta_{n.э.}$ – толщина оболочки из полиэтилена; $\delta_{из}$ – расчетная толщина изоляции, d_k – наружный диаметр покрытия.

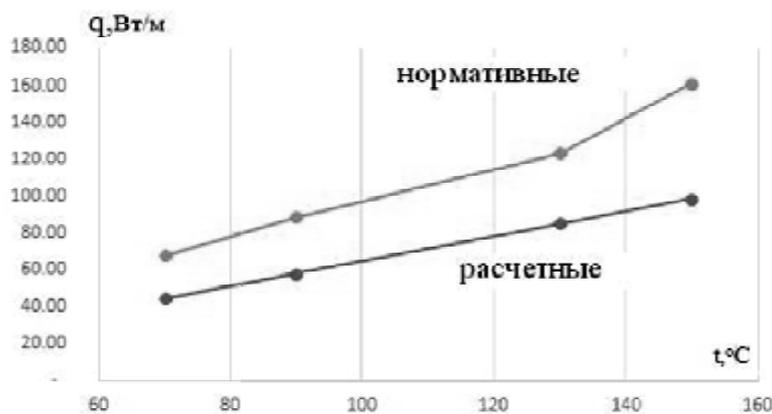


Рис. 2. Зависимость удельных расчетных и нормативных потерь тепла от температуры теплоносителя в предизолированных трубопроводах с ППУ изоляцией (иллюстрация авторов)

Расчетные значения удельных тепловых потерь q_e сравнивались с нормативными значениями тепловых потерь $(q_e)_{норм}$ при тех же условиях эксплуатации [6] и показаны на графике зависимости удельных тепловых потерь от температуры теплоносителя (т.н.). Сравнительный анализ показал, что расчетные значения удельных тепловых потерь q_e не

превышают нормативные $(q_e)_{\text{норм}}$. Относительная разность отклонений q_e от нормативных для стандартного диаметра $d_y = 530$ мм при подземной бесканальной прокладке трубопровода и при изменении температуры теплоносителя от 70 °С до 150 °С составляют от $34,6$ % до $38,5$ %. На рис. 2 приведена зависимость расчетных удельных потерь тепла в зависимости от температуры теплоносителя в трубопроводе, которая может быть представлена в виде линейной зависимости: $q(t)=a+bt$, где $a = -10$, $b = 0,75$.

Анализ проведенных расчетов на магистральных трубопроводах с условным диаметром $d_y = 100; 159; 273; 325; 530; 630; 720; 820; 1020$ мм показывает, что тепловые потери не превышают нормативные. Следует отметить то, что с увеличением d_y тепловые потери возрастают, что, очевидно, связано с увеличением поверхности теплообмена.

Например, при $t_T = 90$ °С и подземной канальной прокладке теплосети в непроходном канале для $d_y = 530$ мм: $q_e = 75,8$ Вт/м ($q_{e \text{ норм}} = 93,5$ Вт/м), для $d_y = 1020$ мм: $q_e = 149,3$ Вт/м ($q_{e \text{ норм}} = 158$ Вт/м), т.е. удельные тепловые потери возросли, но они не превышают их нормативных значений при аналогичных условиях эксплуатации тепловых сетей.

Отсюда следует вывод, что ППУ является достаточно надежным теплоизоляционным материалом и может эффективно использоваться также и для трубопроводов в нештатных условиях с целью минимизации общих тепловых потерь и увеличения срока службы их эксплуатации.

Заключение

Расчеты тепловых потерь предизолированных пенополиуретаном магистральных труб теплосети при воздушном, канальном и бесканальном расположении подтверждают эффективность этого вида тепловой изоляции. Расчеты удельных тепловых потерь для стандартных диаметров труб теплосети проведены по методике определения нормативов тепловых потерь при передаче тепловой энергии с учетом дополнительных факторов, имеющих место при эксплуатации тепловых сетей. Значимость полученных результатов для транспортировки тепловой энергии в системах теплоснабжения состоит в доказательстве энергетической эффективности использования ППУ-труб для повышения надежности теплосетей и сокращения нормативных и сверхнормативных потерь энергии.

Список библиографических ссылок

1. Абильдинова С. К., Байдусенов Г. Н. Анализ транспортных потерь тепловой энергии через теплоизоляционные конструкции трубопроводов тепловых сетей : сб. научных трудов по материалам международной научно-практической конференции «Интеграционные процессы мирового научно-технологического развития» часть II / ООО АПНИ. Белгород, 2017. С. 68–74.
2. Манюк В. И. Наладка и эксплуатация водяных тепловых сетей. М. : Книжный дом, Либроком, 2009. 432 с.
3. Канев С. Н., Ивашкевич А. А. Расчет тепловых потерь в системах теплоснабжения // ЭНИ «Ученые заметки ТОГУ». 2013. т. 4. № 4. С. 1975–1998.
4. Соколов Е. Я. Теплофикация и тепловые сети. М. : МЭИ, 2001. 472 с.
5. Lianying Z., Zhenni W., Xiaohu Y., Liwen J., Qunli Z., Wenju H. Thermo-economic analysis for directly-buried pipes insulation of district heating piping systems // Energy procedia. 2017. № 105. P. 3369–3376.
6. Стратегия деятельности ЕБРР в Р.К. // ebrd.com : ежедн. интернет-изд. 2017. URL: <https://www.ebrd.com/documents/strategy-and-policy-coordination/strategy-in-kazakhstan-russian.pdf> (дата обращения: 02.12.2019).
7. Парамонов А. И. Тепловые сети: справочник. Алматы : Капитал, 2013. 298 с.
8. Abildinova S. K., Baydyussenov G. N., Makatov A. K. Optimization of parameters of multilayer thermal insulation in heat-networks // Vestnik AUES. 2018. № 3 (42). P. 16–25.
9. Kayfeci M. Determination of energy saving and optimum insulation thicknesses of the heating piping systems for different insulation materials // Energy and buildings. 2014. № 69. P. 278–284.

10. Ioannis A., Petros A., John G. Optimum insulation thickness for external walls on different orientations considering the speed and direction of the wind // *Applied Energy*. 2014. № 117. P. 167–175.

Baidyusenov Galym Nurzhanovich

post-graduate student

E-mail: galymbai88@mail.ru

Abildinova Saule Kianbekovna

associate professor

E-mail: saule18kz@mail.ru

Elemanova Aliya Alikovna

senior lecturer

E-mail: a.elemanova@aes.kz

Almaty University of Power Engineering and Telecommunications

The organization address: 050013, Kazakhstan, Almaty, Baytursynov st., 126

Sadykov Renat Ahatovich

doctor of technical sciences, professor

E-mail: sadykov_r_a@mail.ru

Kazan State University of Architecture and Engineering

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

Efficiency of polyurethane foam pipes in the modernization of heating systems

Abstract

Problem statement. The purpose of the study is to assess the loss of thermal energy through the insulating structures of pipelines with polyurethane foam, taking into account the method of laying pipelines and additional factors that arise during the operation of heat networks. The technical potential for improving the efficiency of the use and transportation of thermal energy in heat supply systems depends on the condition of the heating networks. For modernization and reconstruction of heating systems of Kazakhstan currently used pre-insulated pipes made of polyurethane foam, which provide high reliability and minimal energy loss. The directions of work for modernization and reconstruction of existing heating systems are indicated.

Results. Calculations of heat losses through the insulation of main pipelines with different standard diameters are carried out. In calculations, the standard technique of definition of a heat loss considering the additional factors connected with the operation of pipelines at the channel and channel-free laying of a heating system is used. The calculated specific heat loss of main pipelines with polyurethane foam insulation when the temperature of the medium does not exceed the standard values of heat loss under the same conditions. The obtained results create objective prerequisites for the revision and adjustment of the existing standards of heat loss in heat supply networks, which can increase the efficiency of heat energy transportation.

Conclusions. The significance of the results obtained for the construction field is that the proposed calculation methods confirm the reduction of normative and excess heat energy losses when using polyurethane foam pipes. The calculations show the effectiveness of the thermal insulation design of polyurethane foam and allow us to estimate the heat loss.

Keywords: thermal insulation, pipelines, polyurethane foam, heat loss, thermal resistance.

References

1. Abildinova S. K., Baydyusenov G. N. Analysis of transport losses of thermal energy through heat-insulating structures of pipelines of heating networks : coll. of scientific papers on the materials of the international scientific-practical conference «Integration processes of world scientific and technological development» part II / APNI. Belgorod, 2017. P. 68–74.

2. Manyuk V. I. Adjustment and operation of water heating networks. M. : Book House, Librocom, 2009. 432 p.
3. Kanev S. N., Ivashkevich A. A. Calculation of heat loss in heat supply systems // Electronic scientific publication «Uchenyye zametki TOGU». 2013. v. 4. № 4. P. 1975–1998.
4. Sokolov E. Ya. Heating and heating networks. M. : MEI, 2001. 472 p.
5. Lianying Z., Zhenni W., Xiaohu Y., Liwen J., Qunli Z., Wenju H. Thermo-economic analysis for directly-buried pipes insulation of district heating piping systems // Energy procedia. 2017. № 105. P. 3369–3376.
6. EBRD strategy in Kazakhstan // ebrd.com : daily. internet-edit. 2017. URL: <https://www.ebrd.com/documents/strategy-and-policy-coordination/strategy-in-kazakhstan-russian.pdf> (reference date: 02.12.2019).
7. Paramonov A. I. Thermal networks: a reference. Almaty : Capital, 2013. 298 p.
8. Abildinova S. K., Baydyussenov G. N., Makatov A. K. Optimization of parameters of multilayer thermal insulation in heat-networks // Vestnik AUES. 2018. № 3 (42). P. 16–25.
9. Kayfeci M. Determination of energy saving and optimum insulation thicknesses of the heating piping systems for different insulation materials // Energy and buildings. 2014. № 69. P. 278–284.
10. Ioannis A., Petros A., John G. Optimum insulation thickness for external walls on different orientations considering the speed and direction of the wind // Applied Energy. 2014. № 117. P. 167–175.



УДК 627.42

Хафизов Айрат Райсович

доктор технических наук, профессор

E-mail: chafizov@mail.ru

Башкирский государственный аграрный университет

Адрес организации: 450001, Россия, г. Уфа, ул. 50-летия Октября, д. 34

Камалетдинов Фидан Франгилович

инженер

E-mail: kamaletdinoff.fidan@yandex.ru

Якушкина Алла Борисовна

инженер

E-mail: yakushkina_alla@mail.ru

Недосеко Игорь Вадимович

доктор технических наук, профессор

E-mail: nedoseko1964@mail.ru

Уфимский государственный нефтяной университет

Адрес организации: 450062, Россия, г. Уфа, ул. Космонавтов, д. 1

Строительные регуляционные системы для защиты берегов реки Уфы в районе водозаборов города Уфы

Аннотация

Постановка задачи. Целью исследования является выбор принципиальных конструкций строительных регуляционных систем для защиты берегов реки Уфы в районе водозаборов города Уфы. Поставлена задача на основе полученных научных результатов инженерно-геологических и гидрологических исследований нижнего течения реки Уфы в районе трех крупных водозаборов города Уфы разработать строительные регуляционные системы в районах водозаборов. Под разработкой понимается выбор принципиальных конструкций и обоснование их основных параметров.

Результаты. По результатам исследований параметров современных русловых процессов и анализа тренда русловых деформаций выявлены основные проблемы реки Уфы в районе трех крупных водозаборов города Уфы: на участке Северного водозабора – размыв берега; водозабора ТЭЦ-2 – посадка уровня воды; Южного водозабора – заиление берега с локальным размывом. Для решения выявленных проблем предложены следующие строительные регуляционные системы: на участке Северного водозабора – удлинение существующего крепления берега; водозабора ТЭЦ-2 – создание продольной дамбы, сужающей русло; Южного водозабора – устройство шпор в сочетании с локальным креплением.

Выводы. Значимость полученных результатов для строительной отрасли состоит в разработке принципиальных строительных регуляционных систем, учитывающих русловые процессы и тренд русловых деформаций на рассматриваемом участке. Строительные системы разработаны для трех наиболее вероятных русловых процессов: размыв берега, посадка уровня воды и заиление берега.

Ключевые слова: строительные регуляционные системы, водозабор, гидрологические и инженерно-геологические исследования, русловые деформации, посадка уровня, шпоры, продольные дамбы, берегоукрепительные работы.

Введение

Современное состояние реки Уфы во многом определяется возросшей техногенной нагрузкой на реку и ухудшением гидролого-экологического режима реки и активизацией процессов перестроения русла. Нижнее течение реки Уфы характеризуется наличием русловых деформаций, посадкой уровня воды, размывами дна и берегов реки. Приведенные негативные процессы ухудшают условия водозабора и судоходства, а также размывают откосы и основания искусственных сооружений (мостов, подводных переходов и т.п).

Целью работы является разработка (выбор принципиальной конструкции и обоснование основных параметров конструкции) строительных регуляционных систем для защиты берегов реки Уфы в районе водозаборов города Уфы.

Современное гидрологическое состояние реки Уфы и существующие проблемы анализировались по результатам новейших комплексных исследований, проведенных Башкирским филиалом РосНИИВХ. Выбор принципиальных строительных регуляционных систем и обоснование их основных параметров производились на основе выявленных проблем и современного состояния реки. Основным способом защиты предлагается искусственное формирование устойчивого русла (крепление берега, продольные дамбы и шпоры).

Современное состояние реки Уфа в районе города Уфы

Река Уфа является второй по величине рекой республики и самым крупным притоком реки Белой. Площадь водосбора – 53,1 тыс. км², длина – 918 км. Река берет свое начало на северо-восточном склоне горы Юрмы в Челябинской области и впадает в реку Белую в створе 487 км чуть выше г. Уфы. От истоков к устью течение реки меняется от северного и северо-западного на южное и юго-западное направление. В среднем течении река Уфа зарегулирована Павловским водохранилищем. Участок реки Уфы в районе города Уфа, расположенный ниже Павловского водохранилища, относится к нижнему течению. Для исследования русловых процессов на реке Уфе в районе города Уфы были выбраны участки в трех крупных водозаборах: Северный водозабор, водозабор технической воды ТЭЦ-2 и Южный водозабор.

Исследования дна и берегов реки Уфа в районе города Уфы

При комплексных исследованиях, проведенных Башкирским филиалом РосНИИВХ в 2016-2019 гг., изучались гидрологические режимы, инженерно-геологические условия и русловые процессы в нижнем течении реки Уфы. Выполнены полевые и лабораторные исследования грунтов дна и берегов, проведены батиметрические и топографические съемки участков, комплексное гидрологическое обследование.

В результате полевых и камеральных работ разработана следующая документация:

1. Планы батиметрических съемок трех исследуемых участков в масштабе 1:5000;
2. Поперечные профили по выбранным морфостворам участков;
3. Топографический план для трех исследуемых участков в масштабе 1:5000.

В результате инженерно-геологического обследования местности выявлено [1], что по рельефу земной поверхности исследуемые участки отличаются развитием увалистых и холмистых равнин с преобладанием широколиственных лесов и серых лесных почв. Большие лесные массивы сохранились в водосборе реки Уфы на крутых склонах, вершинах водоразделов, балках и карстовых воронках. Водосборы нижней части реки Уфы отличаются пологоувалистым рельефом и сильным развитием карста. Почвы – аллювиальные луговые, темно-серые лесные и черноземы оподзоленные. Грунты – аллювиальные и делювиальные четвертичные суглинки, глины, пески и галечники с гипсами, выходящими на дневную поверхность, ангидридами, известняками и доломитами.

Так же был проведен комплекс работ по оценке современной динамики посадки уровней, оценке параметров русловых процессов и транспорта наносов, выполнен прогноз русловых деформаций при различных колебаниях водности в исследуемых створах водозаборов реки Уфы. Проведенные исследования показали [1], что в период межени на исследуемых участках русло формируется свободно, без стеснений. Русловые процессы нижнего течения реки Уфы относятся к типу свободного меандрирования русла. Результаты расчета транспортирующей способности потока показали, что взвешенные наносы мало влияют на характер русловых процессов на исследуемых участках.

Результаты исследований позволили разработать строительные регуляционные системы с учетом полученных параметров современных русловых процессов и прогноза русловых деформаций для каждого из участков водозаборов.

Защита берегов и дна от размыва р. Уфы на участке Северного водозабора

Исследуемый участок (в дальнейшем – Северный водозабор) охватывает три водозабора: Северный инфильтрационный, Ковшовый поверхностный и Шакшинский подрусловой.

Основной проблемой участка Северного водозабора реки Уфы является значительная боковая эрозия, приводящая к размыву берегов. На участке сформированы две излучины (рис. 1). Северный ковшовый водозабор расположен на излучине № 1, Северный инфильтрационный – на излучине № 2. При повороте русла, вода устремляется к вогнутому берегу, подмывает его. На рис. 1 направления потока показаны стрелками. Поверхностные струи направлены к вогнутому берегу и образовавшийся поперечный уклон водной поверхности вызывает перемещение донных струй от вогнутого берега к выпуклому. Возникает винтообразное движение воды в потоке, приводящее к углублению русла реки у вогнутого берега и накопление донных наносов у выпуклого берега [2, 3]. Вогнутый берег становится обрывистым, начинает отступать, увеличивая кривизну изгиба и ширину долины реки, а выпуклый берег – заиливается.

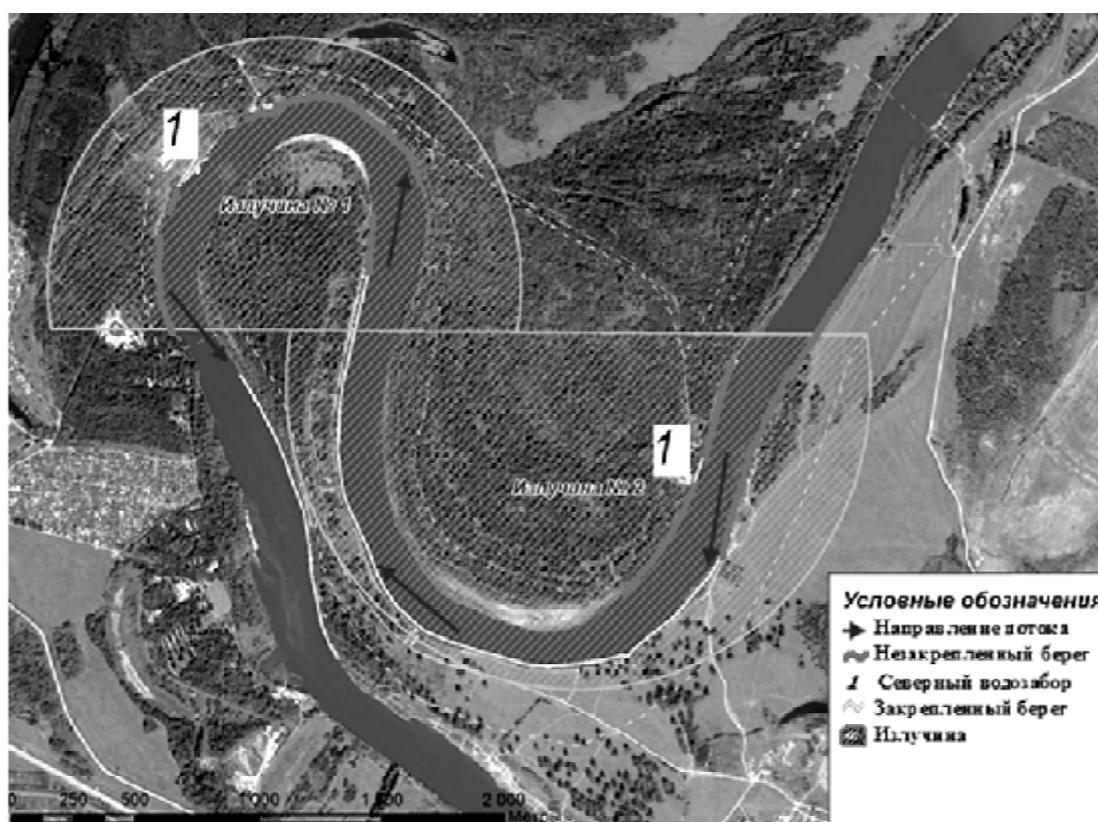


Рис. 1. Русловые деформации реки на участке Северного водозабора по излучинам (иллюстрация авторов)

Самым неблагоприятным извилистым участком, с точки зрения возможного негативного влияния на работу водозаборов, является участок низовых точек перегиба русла [4], где в результате циклических процессов постепенного увеличения извилистости русла, благодаря размыву его вогнутых берегов, развороту и смещению излучин, возможно образование прорыва перешейка со спрямлением русла. В настоящее время от прорыва перешейка защищает существующее крепление берега в виде каменной наброски.

Проектирование новых защитных сооружений на участке Северного водозабора необходимо выполнить с учетом имеющихся берегоукрепительных сооружений, которые уже сдерживают и предотвращают деформации размываемых берегов. На Северном водозаборе размывается неукрепленный левый берег общей длиной 1610 м и неукрепленный правый берег длиной 1090 м.

Анализ плановых и высотных деформаций, показал, что в местах, где есть укрепления берега, плановые деформации либо не происходят, либо значительно уменьшаются. Так, после проведения берегоукрепительных работ, смещение укрепленных бровок берегов более чем за 10 лет не произошло. Тренд русловых деформаций на участке Северного водозабора показывает снижение плановых деформаций. На данный момент составляет 1,6 м в год.

После изучения и анализа берегоукрепительных сооружения [5] было выявлено, что наиболее приемлемыми способами защиты берега от размыва являются каменная наброска, железобетонные плиты и матрацы Рено.

Каменная наброска состоит из несортированного рваного камня в виде горной массы. Железобетонные плиты представляют собой накладку бетонных плит на откосы рек. Для такого вида крепления применяются плиты различных размеров и форм. Плиты укладываются на однослойный обратный фильтр толщиной 0,2 м из песчано-гравийной смеси. Матрацы Рено – это объемная проволочная конструкция, выполненная из сетки с шестиугольными ячейками, изготовленная способом двойного кручения. Матрацы Рено укладываются на слой из обратного фильтра или дренирующего слоя из песка.

Наиболее экономичный тип берегоукрепления определен технико-экономическим обоснованием. Расчет стоимости крепления выполнен по объему основного крепления.

Наиболее экономичным является крепление берега из каменной наброски в виде горной массы (табл.). Предлагается для дальнейшей разработки.

Таблица

Стоимости строительства выбранных вариантов крепления

Тип крепления	Стоимость объема 1 м ³ основного крепления, руб.	Объем крепления, м ³	Общая стоимость основного крепления (в ценах 2001 г.), рублей
Каменная наброска в виде горной массы	214	70 956	15 397 452
Матрац Рено	1336	14 782	19 749 420
Железобетонные плиты	3167	11 826	37 452 942

Каменная наброска отсыпается из рваного камня средних размеров (от 15 до 70 см) и укладывается на слой из обратного фильтра или дренирующего слоя из песка, щебня и гравия. Основное крепление снизу у подошвы откоса подпирается упорной призмой. Рекомендуемые размеры: толщина основного крепления – 1,2 м и диаметр камня – 0,4 м. Параметры фильтра и призмы назначаются конструктивно (рис. 2).

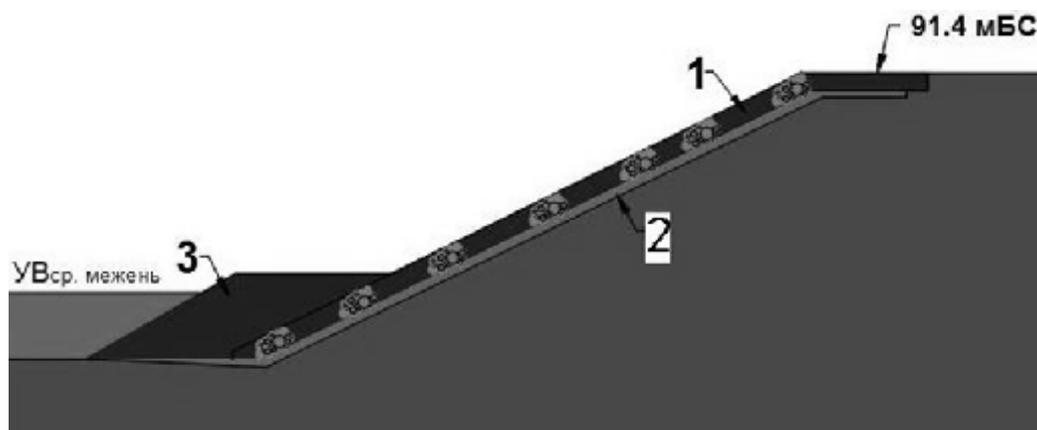


Рис. 2. Принципиальная конструктивная схема берегоукрепления из каменной наброски:
1 – основное крепление из камня; 2 – подготовка однослойная (обратный фильтр);
3 – условный упор (призма или зуб) (иллюстрация авторов)

Строительные работы рекомендуется проводить в меженный период при минимальных уровнях воды стандартными способами:

1. отсыпка призмы производится способом «отсыпки в воду»;
2. устройство крепления проводят «способом насухо».

Защита берегов и дна от размыва р. Уфы на участке Южного водозабора (ЮВ)

На исследуемом участке реки происходит локальная, но значительная боковая эрозия, ведущая к размыву части вогнутого левого берега. Продукты размыва (взвешенные и донные наносы), влекомые циркуляционным течением, направляются к вогнутому правому берегу, где расположены водозаборные скважины Южного водозабора (далее – ЮВ), за счет которого происходят аккумулятивные процессы в районе водозаборных скважин (рис. 3). Такой процесс становится причиной относительно быстрой кольматации водозаборных скважин.

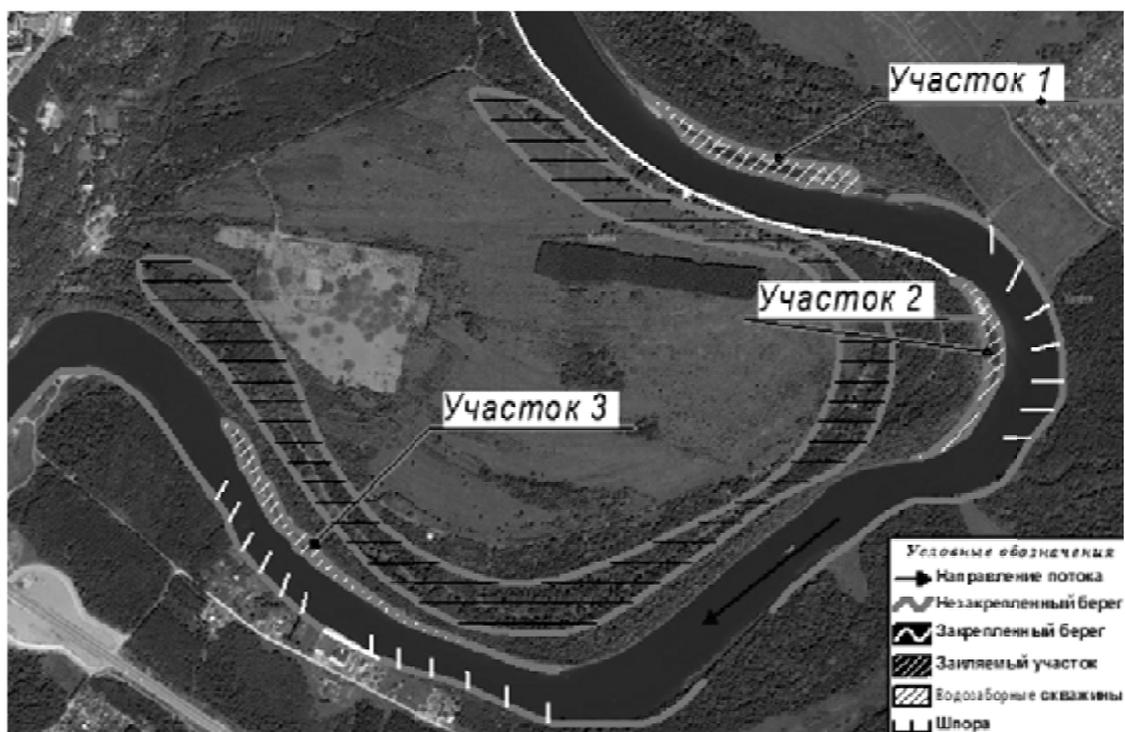


Рис. 3. Размываемые и заиляемые части реки на участке Южного водозабора.
Схематическое расположение шпор (иллюстрация авторов)

На ЮВ размывается левый неукрепленный берег длиной – 3100 м. Так, после проведения берегоукрепительных работ, смещения закрепленных откосов берегов в течение более чем 10 лет не произошло. Тренд русловых деформаций на участке ЮВ показывает стабилизацию деформаций на уровне 1,2 м.

Согласно проведенным исследованиям [1] в русле реки Уфы на участке ЮВ происходят одновременно два русловых процесса: размыв левого берега и аккумуляция наносов на правом берегу. За счет формирования «П»-образного изгиба, образуются три отдельных участка заиления и два участка размыва – в начале и в конце изгиба (рис. 4). В связи с этим, предлагается использовать комбинированный метод защиты [6]. На одной части берега установить пассивную защиту (крепление берега), а на другой – активную защиту (устройство шпор). При этом оба сооружения будут воспринимать различные динамические нагрузки [7].

Для крепления берегов и дна русла р. Уфы на участке ЮВ от размыва по аналогии с Северным водозабором предлагается каменная наброска.

Шпоры устанавливаются под углом 60° к течению потока, но не перекрывают его (рис. 3). Шпоры не только защищают берег от размыва, но и направляют течение реки в

противоположный берег (где происходит аккумуляция наносов) и размывают отложившиеся наносы с этого берега. Шпоры отсыпают в виде каменной наброски, как наиболее экономичный вариант. Предлагается следующая конструкция шпоры (рис. 5): длина – 28 м, ширина по верху – 3 м, заложение откосов 1:1,5 (рис. 4). Расстояние между шпорами – 96 м, количество шпор – 19 шт.

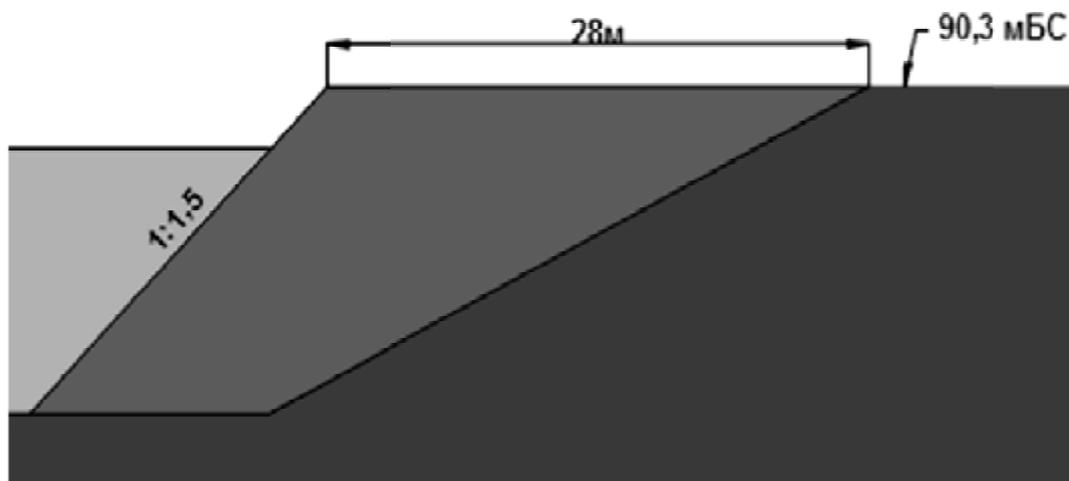


Рис. 4. Принципиальная конструктивная схема шпор (иллюстрация авторов)

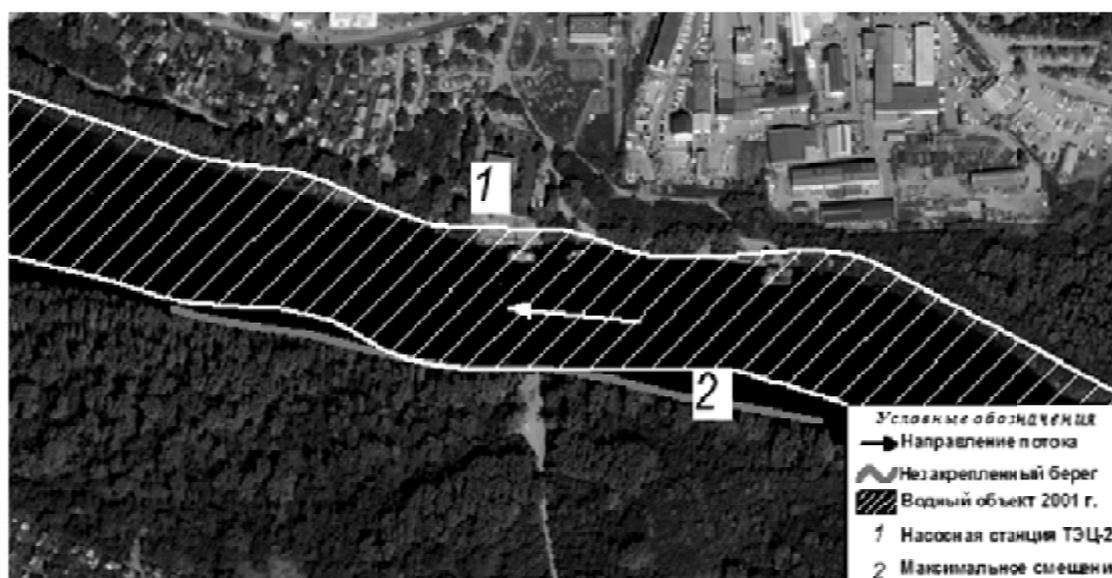


Рис. 5. Размываемые участки, места наибольших смещений русла на р. Уфы в районе ТЭЦ-2 (иллюстрация авторов)

Защита реки Уфы на участке ТЭЦ-2 от посадки уровня воды

Сравнение конфигурации береговых линий разных лет показало нестабильность русловых процессов и наличие на исследуемом участке русловых деформаций (рис. 5). Размывается левый берег длиной 1470 м.

Исследование динамики русловых деформаций на участке водозабора насосной станции ТЭЦ-2 (далее – ТЭЦ-2) показали снижение плановых деформаций до 0,4 м в год. Основной проблемой ТЭЦ-2 является посадка уровней воды, т.е. постоянное снижение уровня воды во времени. Нашими и другими исследованиями [1, 8] доказано, что основной причиной посадки является добыча ПГС.

В настоящее время необходимо повышение уровня воды до уровня, обеспечивающего гарантированную работу ТЭЦ-2. Для этого требуется повышение межженного уровня не менее чем на 0,5 м. Анализируя существующую научно-

техническую документацию по ТЭЦ-2 и исследования других авторов [9-12] выбрали и систематизировали технические решения, способные решить проблему посадки уровня:

1. Возведение придонной затопленной плотины.

Создается искусственный порог с сохранением фарватера для прохождения судов. Устройство обеспечит локальный подъем уровня воды в акватории водозабора за счет стеснения русла. Недостатком данного сооружения является аккумуляция взвешенных и влекомых русловых наносов выше дамбы.

2. Устройство шпор.

Короткие шпоры стесняют русла в акватории водозабора. Устройство шпор подобно устройству придонной плотины с тем лишь различием, что гребень шпор выступает над средним уровнем воды. Недостатком является аккумуляция наносов вблизи шпор.

3. Устройство струенаправляющей дамбы.

Дамба располагается в середине реки. При наличии судоходства не применяется.

4. Создание перегораживающего подпорного сооружения.

Необходимые уровни воды поддерживаются водовыпуском с затворами, которыми перекрывают водный поток и создают подпор уровня воды. Недостатком является перекрытие реки, исключаящее или затрудняющее судоходство.

Учитывая значительные недостатки вышеуказанных строительных систем, авторами предлагаются дополнительные варианты повышения меженного уровня в створе ТЭЦ-2:

1. Увеличение сбросных расходов Павловского водохранилища в межень, поддерживающих уровень воды реки Уфы в створе ТЭЦ-2, гарантирующих бесперебойную работу ТЭЦ-2. Для этого необходимо пересмотреть режимы регулирования и Правила использования Павловского водохранилища.

2. Сужение поперечного сечения реки в створе продольными дамбами. Продольные дамбы по конструкции аналогичны с поперечными, но располагаются вдоль русла реки [13]. Речному (обращенному к реке) откосу придают большую пологость и прочность. Гидравлическими расчетами получено, что для увеличения уровня воды на 0,5 м в межень следует сузить русло на 40 м. Устройство продольной плотины сужает русло реки. Это в свою очередь ведет к уменьшению сечения реки и подъему уровня воды. Одновременно увеличивается скорость потока на данном участке (при одинаковых расходах) и начинается размыв дна и русла реки. За счет этого в дальнейшем русло будет углубляться, и уровни начнут опускаться. Поэтому требуется крепление дна реки для исключения его размыва. В отличие от придонной затопленной дамбы не будет происходить аккумуляция наносов возле водозабора. Размывы будут минимизированы за счет крепления берегов и дна. Устройство продольной дамбы с креплением берегов и дна рекомендуется производить поэтапно:

1. Продольная дамба устраивается на противоположном (левом) берегу от водозабора. После начала эксплуатации дамбы организуется мониторинг состояния берегов и дна. В случае активизации русловых процессов начинается следующий этап строительства.

2. Укрепление правого берега и дна в районе водозабора. Здесь могут быть выбраны несколько способов крепления: каменно-набросная, матрацы Рено, габионы. Крепление дна и берегов предусматривается от створа начала продольной дамбы до створа стабилизации скорости потока до естественного (без стеснений русла). Расстояние уточняется после строительства самой дамбы (перед вторым этапом). Устройство крепления дополнительно сузит русло. Вследствие этого дополнительно увеличится уровень воды.

Продольная дамба в основное время года будет затопленной. Отметка гребня дамбы – 85,0 мБС, отметка дна – 81,0 мБС. Строительством дамбы достигается локальный подъем уровня р. Уфы в межень на 0,5 м. Отметка уровня воды в межень составит 83,5 мБС (рис. 6).

Материал крепления правого берега, гребня и откоса дамбы – каменная наброска толщиной 1,2 м (самый экономичный вариант). Материал крепления дна русла реки – матрацы Рено (толщина – 0,25 м) (из условия судоходства).

Общая длина продольной дамбы с примыканиями – 420 м. Длина одного примыкания – 160 м, расположены под углом 14° к берегу реки (для уменьшения завихрений при входе в дамбу). Дно русла реки крепится на длину – 100 м. Крепление правого берега реки Уфы по всей длине дамбы – 420 м.



Рис. 6. Конструкция русла после сужения: 1 – крепление откоса и гребня дамбы; 2 – крепление дна русла; 3 – крепление правого берега; 4 – продольная дамба (иллюстрация авторов)

Заключение

После проведения комплексного исследования реки Уфы в районе водозаборов города Уфы было выявлено, что современные русловые процессы нижнего течения реки Уфы относятся к типу свободного меандрирования. В районе водозаборов на русловые процессы влияют крепления берегов. Наличие русловых деформаций в районе водозаборов подтверждает незавершенность русловых процессов, однако снижение интенсивности русловых деформаций в среднем в три раза показывает затухание руслоформирующих процессов. Интенсивность русловых деформаций прогнозируется в пределах $0,4 \div 1,6$ см/год.

На Северном водозаборе на реке Уфе основной проблемой является боковая эрозия. Для защиты берегов и дна русла реки Уфы на участке Северного водозабора рекомендуется запроектировать каменную наброску толщиной 1,2 м из рваного камня размером 0,4 м. Каменная наброска укладывается на слой из обратного фильтра, подпирается упорной призмой и является наиболее экономичным вариантом.

Основной проблемой Южного водозабора является боковая эрозия левого берега и заиление правого берега. Для защиты берегов и дна русла реки Уфы в районе Южного водозабора рекомендуется комбинированная защита из каменной наброски толщиной 1,2 м из рваного камня размером 0,4 м и шпор длиной 28 м в количестве 19 шт. Шпоры устраиваются из каменной наброски и устанавливаются под углом 60° к потоку.

Основной проблемой на водозаборе ТЭЦ-2 является посадка уровня воды. Дальнейшая посадка уровня воды на водозаборе ТЭЦ-2 может привести к остановке работы ТЭЦ-2. Для решения данной проблемы авторами предлагается вариант сужения поперечного сечения реки в створе продольными дамбами. Материал крепления правого берега, гребня и откоса дамбы – каменная наброска толщиной 1,2 м (самый экономичный вариант). Материал крепления дна русла реки – матрацы Рено (толщина – 0,25 м) (из условия судоходства).

Список библиографических ссылок

1. Хафизов А. Р., Недосеко И. В., Валитов С. А., Камалетдинова Л. А., Низамова Р. А. Современный гидрологический режим и русловые процессы нижнего течения реки Уфы в районе водозаборов города Уфы // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2018. № 5. С. 4–20.
2. Бабич Д. Б., Иванов В. В., Коротаяев В. Н. Размывы речных берегов как негативные проявления русловых процессов (на примере нижней Волги и ее дельты) // ГЕОРИСК. 2016. № 3. С. 34–45.
3. Kozlov D. Some provisions of calculations of hydraulic structures according to Russian norms and American standards // MATEC Web of Conferences. № 251. 2018.

4. Антроповский В. И., Петров О. А. Морфология и русловые процессы рек в районах распространения карста // Известия российского государственного педагогического университета им. А.И. Герцена. 2002. № 4. С. 145–152.
5. Рогачко С. И., Шунько Н. В. Научное сопровождение проектирования берегозащитных сооружений // Вестник МГСУ. 2016. № 12. С. 103–113.
6. Davis R. J., Gregory K. J. A new distinct mechanism of riverbankerosion in a forested catchment // Journal of Hydrology. 1994. V. 157. P. 1–11.
7. Mirsaidov M. M., Sultanov T. Z., Abdikarimov R. A., Ishmatov A. N., Yuldoshev B. S., Toshmatov E. S., Jurayev D. P. Strength parameters of earth dams under various dynamic effects // Magazine of Civil Engineering. 2018. № 1 (77). С. 101–111.
8. Калюжный В. К. Современное состояние «посадки» уровней воды на Р. Белой // Географический вестник. 2011. № 3. С. 23–27.
9. Новиков В. Ю. Экологическая безопасность городов и переработка берегов // Вестник университета. 2012. № 14-1. С. 183–190.
10. Enzo Pranzini Shoreprotection in Italy: From hard to soft engineering ... and back // Ocean & Coastal Management. 2018. V. 156. P. 43–57.
11. Kory M. Konsoer, Bruce L. Rhoads, Eddy J. Langendoen, James L. Best, Marcelo H. Garcia Spatial Variability in bank resistance to erosion on a large meandering, mixed bedrock-alluvial river // Geomorphology. 2016. V. 252. P. 80–97.
12. Mirsaidov M., Sultanov T., Yarashov J., Toshmatov E. Assessment of dynamic behaviour of earth dams taking into account large strains // E3S Web of Conferences. № 97. 2019.
13. Rangel-Buitrago Nelson, Williams A. T., Anfuso Giorgio. Hard protection structures as a principal coastal erosion management strategy along the Caribbean coast of Colombia. A chronicle of pitfalls // Ocean & Coastal Management. 2018. V. 156. P. 58–75.

Khafizov Airat Raisovich

doctor of technical sciences, professor

E-mail: chafizov@mail.ru

Bashkir State Agrarian University

The organization address: 450001, Russia, Ufa, 50 let Oktjabrja st., 34

Kamaletdinov Fidan Frangilovich

engineer

E-mail: kamaletdinoff.fidan@yandex.ru

Yakushkina Alla Borisovna

engineer

E-mail: yakushkina_alla@mail.ru

Nedoseko Igor Vadimovich

doctor of technical sciences, professor

E-mail: nedoseko1964@mail.ru

Ufa State Oil University

The organization address: 450062, Russia, Ufa, Kosmonavtov st., 1

**Construction regulatory systems to protect the banks of the Ufa river
in the area of Ufa water intake****Abstract**

Problem statement. The purpose of the study is to select the principal structures of the construction regulatory systems for the protection of the banks of the Ufa River in the area of water intakes in the city of Ufa. The task is set – based on the obtained scientific results of engineering-geological and hydrological research of the lower flow of the Ufa River in the area of three large water intakes of the city of Ufa to develop construction regulatory systems in the areas of water intakes. Development means selection of principal structures and justification of their main parameters.

Results. According to the results of studies of modern channel processes' parameters and analysis of trend of channel deformations, the main problems of the Ufa River in the area of three large water intakes of the city of Ufa have been identified: on the section of the Northern water intake – coastal erosion; on the Cogeneration plant-2 area – water level planting, on the section of the Southern water intake – shedding of the bank with local washing. To solve the identified problems, the following construction regulatory systems are proposed: extension of the existing shore attachment on the section of the Northern water intake; creation of longitudinal dam narrowing the bed on the Cogeneration plant-2 area; spur arrangement in combination with local attachment on the section of the Southern water intake.

Conclusions. The significance of the obtained results for the construction industry consists in the development of basic construction regulatory systems, which take into account the channel processes and the trend of channel deformations at the site under consideration. Construction systems are designed for the three most likely channel processes: coastal erosion, water level planting and shore silting.

Keywords: building regulatory systems, water intake, hydrological and engineering-geological investigations, channel deformations, level planting, spurs, longitudinal dams, coastal strengthening works.

References

1. Khafizov A. R., Nedoseko I. V., Valitov S. A. Kamaletdinova L. A., Nizamova R. A. Modern hydrological regime and channel processes of the lower reaches of the Ufa river in the area of water intakes in the city of Ufa // *Vodnoye khozyaystvo Rossii: problemy, tekhnologii, upravleniye*. 2018. № 5. P. 4–20.
2. Babich D. B., Ivanov V. V., Korotaev V. N. River washouts as negative manifestations of channel processes (on the example of the lower Volga and its delta) // *GEORISK*. 2016. № 3. P. 34–45.
3. Kozlov D. Some provisions of calculations of hydraulic structures according to Russian norms and American standards // *MATEC Web of Conferences*. № 251. 2018.
4. Antropovsky V. I., Petrov O. A. Morphology and riverbed processes of rivers in areas of karst distribution // *Izvestiya rossiyskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta im. A.I. Gertsena*. 2002. № 4. P. 145–152.
5. Rogachko S. I., Shunko N. In Scientific support for the design of shore protection structures // *Vestnik MGSU*. 2016. № 12. P. 103–113.
6. Davis R. J., Gregory K. J. A new distinct mechanism of riverbankerosion in a forested catchment // *Journal of Hydrology*. 1994. V. 157. P. 1–11.
7. Mirsaidov M. M., Sultanov T. Z., Abdikarimov R. A., Ishmatov A. N., Yuldoshev B. S., Toshmatov E. S., Jurayev D. P. Strength parameters of earth dams under various dynamic effects // *Magazine of Civil Engineering*. 2018. № 1 (77). P. 101–111.
8. Kalyuzhny V. K. The current state of «landing» of water levels on R. Belaya // *Geograficheskiy vestnik*. 2011. № 3. P. 23–27.
9. Novikov V. Yu. Ecological safety of cities and coastal processing // *Vestnik universiteta*. 2012. № 14-1. P. 183–190.
10. Enzo Pranzini Shoreprotection in Italy: From hard to soft engineering... and back // *Ocean & Coastal Management*. 2018. V. 156. P. 43–57.
11. Kory M., Konsoer, Bruce L. Rhoads, Eddy J. Langendoen, James L. Best, Marcelo H. Garcia Spatial Variability in bank resistance to erosion on a large meandering, mixed bedrock-alluvial river // *Geomorphology*. 2016. V. 252. P. 80–97.
12. Mirsaidov M., Sultanov T., Yarashov J., Toshmatov E. Assessment of dynamic behaviour of earth dams taking into account large strains // *E3S Web of Conferences*. № 97. 2019.
13. Rangel-Buitrago Nelson, Williams A. T., Anfuso Giorgio. Hard protection structures as a principal coastal erosion management strategy along the Caribbean coast of Colombia. A chronicle of pitfalls // *Ocean & Coastal Management*. 2018. V. 156. P. 58–75.



УДК 620.169.2

Гайфутдинов Рустем Флюсович

заместитель начальника отдела лабораторного контроля

E-mail: 9600872235@mail.ru

ГКУ «Главтатдортранс»

Адрес организации: 420012, Россия, г. Казань, ул. Достоевского, д. 18/75

Хафизов Эдуард Радикович

кандидат технических наук, доцент

E-mail: hafizov@kgasu.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

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

Исследование абразивного износа щебня для автомобильных дорог

Аннотация

Постановка задачи. Цель данного исследования – изучение степени влияния шероховатости поверхности каменных материалов на абразивный износ под влиянием эксплуатационных нагрузок. Абразивный износ щебня имеет отрицательный экономический и экологический эффект и нуждается в изучении для повышения качества автодорожных материалов. Несмотря на то, что абразивный износ достаточно изучен, недостаточно известна степень влияния шероховатости на износостойкость щебня.

Результаты. Основные результаты исследования состоят в оценке износостойкости щебня при помощи теста Микро-Деваль. Испытание двух групп материалов – смеси габброидов и диорита – с различными характеристиками шероховатости их поверхности, полученными искусственно, показали высокое влияние этого параметра на износостойкость щебня. Так влияние шероховатости поверхности на абразивный износ данных материалов составило более 40 %.

Выводы. Значимость полученных результатов исследования для строительной отрасли состоит в возможности выбора долговечных каменных материалов при строительстве автомобильных дорог. Высокую степень влияния шероховатости поверхности каменных материалов на их абразивный износ необходимо учитывать при прогнозировании поведения каменных материалов под воздействием эксплуатационных нагрузок.

Ключевые слова: щебень, абразивный износ, шероховатость, Микро-Деваль, износостойкость.

Введение

Повышение износостойкости щебня для строительства автомобильных дорог является первостепенной задачей существующей транспортной отрасли. Помимо увеличения требований к транспортно-эксплуатационным показателям, возрастает транспортная нагрузка на автомобильных дорогах. Доля дефектов, связанных с абразивным износом покрытий, в данный момент времени на дорогах Российской Федерации увеличивается. Между тем, возрастает и загрязнение окружающей среды продуктами эксплуатационного износа покрытий автомобильных дорог. Согласно исследованиям, содержание алюмосиликатов в притрассовой территории составляет более 11 ПДК и прогнозируется увеличение выбросов. Масса выбросов на 2014 год составляла 90 тыс. т. [1].

В связи с этим необходимо улучшать качество материалов для строительства дорог и изучать факторы, влияющие на процесс образования разрушений покрытий автомобильных дорог [2].

В целом, абразивный износ довольно широко изучен, в первую очередь, в случаях однородных сред наподобие металлов. Интересны практические и теоретические изыскания зарубежных исследователей в этом направлении, однако, в случае каменных материалов не было проведено достаточного количества исследований.

Для понимания процесса износа каменного материала были предложены некоторые расчетные модели на основе кинетической трактовки временной прочности частиц при

износе. Абразивный износ, в случае данной трактовки, пропорционален временной прочности частицы и зависит от характера приложения нагрузки. В случае частиц абразивного материала существуют формулы [3]:

$$\tau = \tau_0 - \exp\left(\frac{U_0 - \gamma\sigma}{kT}\right), \quad (1)$$

где τ – время существования частицы с момента приложения нагрузки до его разрыва;

τ_0 – период тепловой флуктуации одного атома тела;

U_0 – энергоактивационный барьер;

γ – характеристика материала;

σ – напряжение, действующее в материале;

k – постоянная Больцмана;

T – температура тела.

Из этой формулы следует, что, чем выше напряжение на поверхности разрыва удельной частицы материала, тем ниже время жизни частицы материала, хотя его прочность и может превышать обычную прочность тела при медленном нагружении. В случае абразивной нагрузки разрушение происходит по поверхности тела. Из этого следует, что наибольшее влияние на абразивную стойкость тела имеют характеристики поверхности, в том числе шероховатость.

Не принимая во внимание прочностные параметры самого материала, можно сделать вывод, что, чем выше шероховатость, тем ниже площадь поверхности разрушения и тем выше напряжение на поверхности. И действительно, эти выводы подтверждаются в случаях работы абразивного зерна шлифовального круга. Согласно исследованиям, наибольшее напряжение и наибольший износ абразивного зерна наблюдается в начальный период работы, данный период работы называется «притиркой» и характеризуется ростом площадки затупления на контакте зерна с обрабатываемым материалом [4].

Более интересны, с точки зрения каменного материала, исследования в области абразивного износа композитных материалов. Сами каменные материалы, как правило, имеют неравномерную структуру с включениями различных минералов, поэтому данная модель наиболее близка к каменному материалу. При этом масштабы данной модели соответствуют масштабам рассматриваемых процессов абразивного износа, когда отдельные частицы материала в цементирующей фазе или же неравномерные кристаллы различных минералов по размеру соответствуют части абразива. Согласно исследованиям Lee, в композитных системах выделяют две фазы: матрицу или основную фазу (matrix) и укрепленные частицы (reinforcement) [5]. При этом укрепленные частицы имеют большую твердость, нежели матрица.

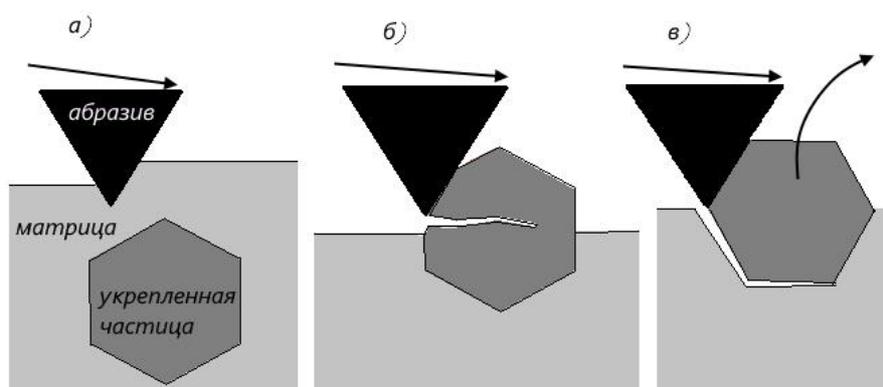


Рис. 1. Механизм абразивного износа (иллюстрация авторов): а – вспашка; б – разрушение укрепленных частиц или матрицы; в – перемещение укрепленных частиц

Согласно данной модели (рис. 1), износ осуществляется благодаря трем основным процессам:

1. Вспашке (plowing) – когда удаление материала осуществляется за счет последовательного разрушения матрицы путем её вспашки, то есть оставления царапин.

2. Разрушению укрепленных частиц или матрицы (cracking at the interface or in the reinforcement) – когда укрепленные материалы, препятствуя движению абразива, разрушают матрицу или же разрушаются сами.

3. Перемещению укрепленных частиц (particle removal) – когда укрепленные частицы и её части отрываются от матрицы и покидают композитную систему.

Данная модель дает объяснение износа двухфазного композита и, в том числе, механизма «ложного укрепления», когда наличие твердых частиц в композите лишь усугубляет процесс износа. Также она подтверждена некоторыми практическими изысканиями.

Согласно этой модели, шероховатость также является качеством материала, усугубляющим его абразивный износ. Быстрый вынос твердой укрепленной частицы из матрицы композита, в качестве которого в данном случае выступает каменный материал, будет вносить наибольший вклад в износ. При этом шероховатость создает наиболее отрицательные условия работы укрепленных частиц, при которых для их отрыва и разрушения воздействуют наибольшие напряжения [5].

Существуют исследования, направленные на связь петрографических параметров каменных материалов и сопротивление износу. Так Johansson представила исследование, в котором пришла к выводу, что четыре различных группы петрографических факторов влияют на прочность и технические свойства горных пород:

1. Минералогический состав и содержание связанной воды, которые важны для различной текстуры слагающих минералов, твердости и слоистости.

2. Микротрещины и пористость – зоны с наименьшей прочностью, способствующие распространению новых микротрещин

3. Размер зерен и их форма – влияют на распространение трещин, разрушения и на степень сцепления между соседними зёрнами материала.

4. Слоистость макроструктуры – влияет на анизотропное поведение породы.

Минералогический состав и размер зерна оказали наибольшее влияние в случае магматических пород, что касается метаморфических пород, максимально влияние слоистости, текстуры и макроструктуры на прочностные свойства. Размер зерна, объем пор, содержание воды и минералогический состав считаются наиболее важными факторами, влияющими на износостойкость осадочных пород [6].

Существует множество работ, направленных на изучение износостойкости тех или иных местных материалов, поэтому существуют ориентировочные оценки сопротивления абразивному износу для различных пород [7, 8].

Влияние шероховатости на величину износа в случае каменного материала можно проследить в работе, посвященной модифицированному тесту Микро-Деваль. Исследователи Wu J., Hou Y. и другие ученые проследили динамику потери массы в процессе одного испытания Микро-Деваль. Для этого они прерывали испытание через определенные промежутки времени и проводили замеры параметров полученных материалов. Исследователи обнаружили замедление процесса износа на графике потери массы, что говорит о том, что наибольший износ каменный материал переживает в процессе аналогичной «притирки», когда влияние шероховатости максимально [9].

Однако при всем этом недостаточно исследований, направленных на оценку степени влияния шероховатости поверхности зерен щебня на износ. В связи с этим, цель данного исследования – изучение степени влияния шероховатости поверхности каменных материалов на его абразивный износ под влиянием эксплуатационных нагрузок.

В качестве каменных материалов были выбраны: щебень марки 1400 из диорита с карьера «Сангалык» и щебень марки 1200 из смеси габброидов с карьера «Билимбай».

Определение износостойкости каменного материала

Величина сопротивления износу в данной работе оценивалась по величине потери массы после испытания по методике Микро-Деваль.

Тест Микро-Деваль, созданный во Франции в 1960 году, дает оценку сопротивлению абразивному износу, как частицами самого каменного материала, так и стальными шарами в присутствии воды [10]. Тест был принят в качестве стандартов в ряде стран.

Тест Микро-Деваль указывается многими исследователями, как точный метод определения износостойкости каменного материала [11-13]. Тест Микро-Деваль рекомендуется для использования в дорожном строительстве. Так же была выявлена высокая точность оценки по методу Микро-Деваль при параллельных испытаниях [14].

При этом методика Микро-Деваль может быть выполнена по ряду стандартов, среди них EN 1097-1, ASTM D7428-15 и др. В целом, в различных документах есть некоторые отличия, в частности, в размерах испытываемых фракций и массе абразивной нагрузки. Это приводит к некоторым различиям полученных оценок для различных материалов и фракций, выполненных по различным документам [13].

В качестве основного рассматриваемого документа, регламентирующего порядок проведения испытаний, был выбран ГОСТ 33024-2014 «Дороги автомобильные общего пользования. Щебень и гравий из горных пород. Определение сопротивления истираемости по показателю Микро-Деваль». Согласно ему, истираемость щебня по показателю Микро-Деваль (МД) в процентах, рассчитывается по формуле:

$$МД = \frac{M_1 - M_2}{M_1} 100, \quad (2)$$

где M_1 – масса мерной пробы щебня до испытания, г;

M_2 – объединенная масса остатков на сите с размером ячеек 1,6 мм и 8 мм, высушенная до постоянной массы.

Мерная проба для испытания по ГОСТ 33024-2014 должна составлять 500 ± 5 г, фракции 10-14. При этом масса абразивной нагрузки, в виде шаров диаметром 10 мм, должна составлять 4500 г. Испытание считается оконченным по окончании 12000 оборотов.

Подготовка образцов

Для данного исследования необходимо было получить каменный материал, в котором зерна различаются лишь по величине шероховатости поверхности; минералогический состав, а также форма зерен должна быть идентичной при параллельных испытаниях.

Соблюдение данных условий было достигнуто путем искусственной обработки каменного материала из одной и той же пробы, для получения разных проб одного минералогического состава и формы зерен.

Искусственная обработка материала производилась на испытательном стенде Микро-Деваль. При этом количество абразивной нагрузки в виде стальных шаров было сокращено до 3000 г, а количество оборотов было сокращено в случае диорита до 4000 оборотов, а в случае габброидов – до 3000 оборотов. Масса каменного материала, подвергаемого обработке в одном барабане, составляла 3000 г.

На рис. 2 представлены фотографии поверхностей данных материалов, сделанные при помощи цифрового оптического микроскопа.

После искусственной обработки, из каменного материала были отобраны пробы для испытания по методике Микро-Деваль.

В процессе обработки контролировалась форма зерен каменного материала. Данная задача была решена путем замера площади поверхности зерен щебня. К примеру, при исследовании щебня в Ростовском государственном университете путей сообщения, выполнялись аналогичные замеры площади поверхности единичных зерен. Измерение поверхности производилось путем парафинирования с последующим определением расхода парафина по объему и толщине пленки парафина по поверхности зерна. Толщина пленки парафина определялась на пенетрометре с точностью 0,1 мм. В работе ученых применялся коэффициент, отражающий близость формы зерна к форме шара [15].

В данной работе в качестве сравнительной характеристики достаточно определения удельной площади поверхности:

$$S_{уд.м} = \frac{S_{нов.щ.}}{m_{щ.}}, \quad (3)$$

где $S_{уд.м}$ – удельная площадь поверхности;

$S_{нов. щ.}$ – площадь поверхности навески щебня, вычисленная при помощи парафина;

$m_{щ.}$ – масса навески щебня.

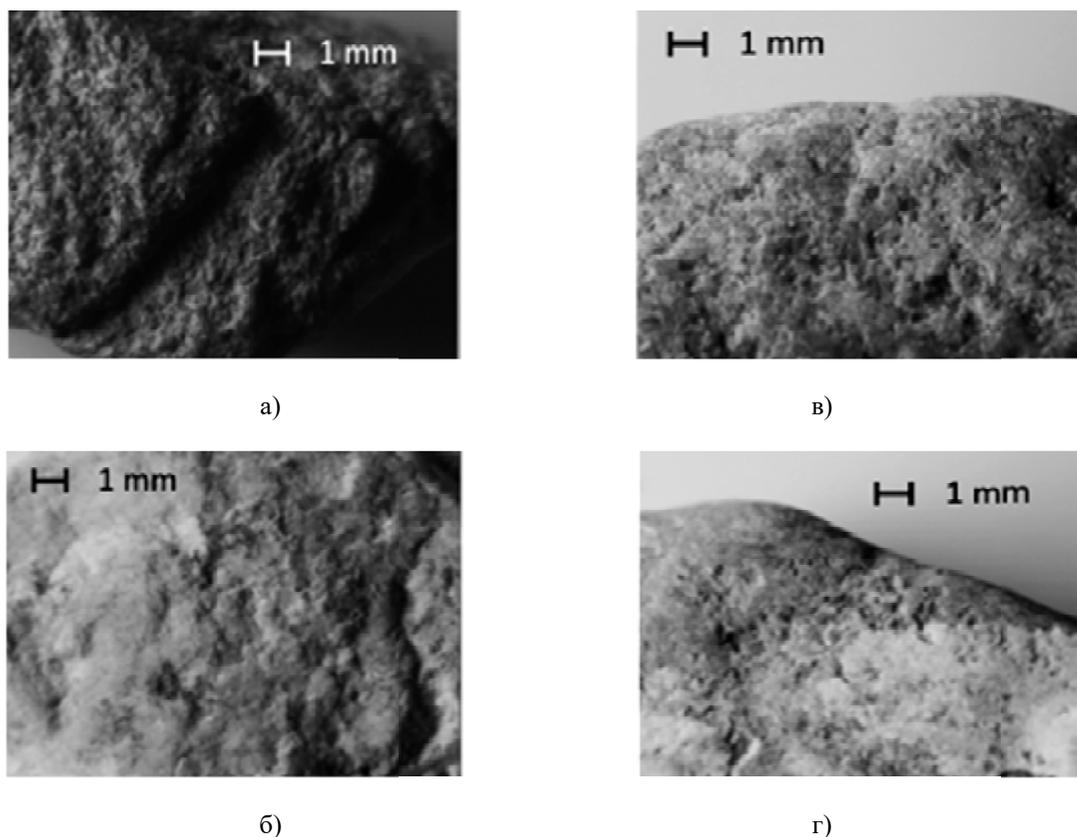


Рис. 2. Фотографии поверхности исследуемых материалов (иллюстрация авторов):
 а) необработанный диорит карьер «Сангалык»; б) обработанный диорит карьер «Сангалык»;
 в) необработанный габброид карьер «Билимбай»; г) обработанный габброид карьер «Билимбай»

Площадь навески пробы щебня определяется исходя из плотности парафина, его массы и толщины пленки. Масса парафина находится как разность массы навески щебня до и после парафинирования. Взвешивание производилось на весах с погрешностью измерений 0,01 г.

Толщина пленки определялась микрометром, в отличие от опыта исследователей из Ростовского государственного университета при аналогичной работе. Объясняется это сложностью ручных измерений на пенетрометре, т.к. зерно щебня, помещенное под иглу пенетрометра, смещается от своей изначальной высоты. При измерении микрометром же точность измерений составляла 10 мкм, также этот способ измерения был более практичен.

После измерения толщины пленки и массы парафина площадь поверхности парафина находилась по следующей формуле:

$$S_{\text{пов.щ.}} = \frac{m_n}{\rho_n * t}, \quad (4)$$

где m_n – масса парафина;

ρ_n – плотность парафина;

t – толщина парафиновой пленки на образцах щебня.

Определение шероховатости щебня

В данной работе оценивалась шероховатость поверхности щебня. В качестве основного измеряемого параметра было выбрано среднее отклонение высоты профиля поверхности от среднего значения высоты профиля – R_a .

Шероховатость поверхности щебня представляет собой сложный параметр для измерения, так как поверхность щебня имеет сложный рельеф. Поэтому оценка шероховатости имеет сравнительно невысокую точность, однако её достаточно для сравнительной оценки различных проб каменного материала.

Существует несколько способов измерения шероховатости поверхностей. Целесообразный масштаб имеют два способа: контактный с использованием профилометра и бесконтактный оптический по методу теневого сечения. Оба этих метода позволяют давать оценку шероховатости поверхности в масштабе от 0,8 до 63 мкм. Для измерения параметра шероховатости поверхности (R_a) был выбран метод теневого сечения, как наименее трудоемкий и более простой в обработке, при сложных рельефах поверхности [16].

Согласно этому методу, шероховатость поверхности оценивается по форме световой тени от грани линейки под углом к поверхности. Измерения проводятся с использованием оптических микроскопов. В данном случае использовался микроскоп с возможностью цифровой обработки фотографий. Обработка производилась в программном комплексе AutoCad вручную, затем профили поверхностей обрабатывались в программном комплексе Excel. Была получена оценка R_a , которая высчитывалась как интеграл графика поверхности, пересеченной средней высотой профиля:

$$R_a = \frac{\int |H - R_{cp}|}{t}, \quad (5)$$

где H – отметка профиля;

R_{cp} – средняя отметка профиля;

t – длина участка, на котором производился замер профиля.

Результаты исследования

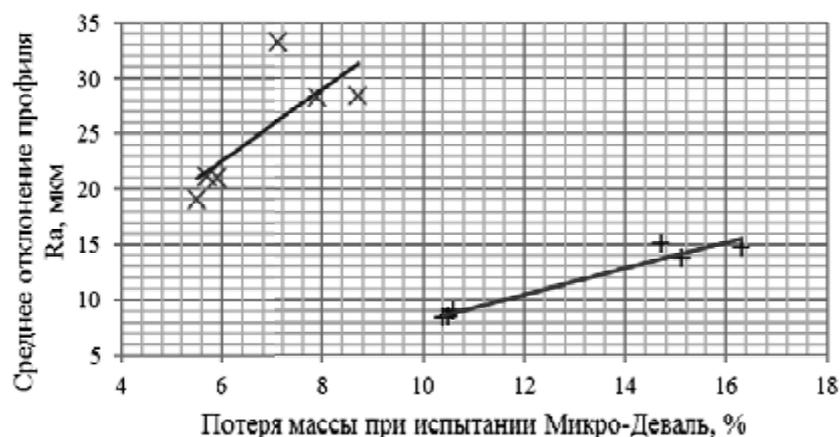
Было проведено 12 испытаний двух групп материалов. Первая группа – щебень марки 1400 из диорита карьера «Сангалык», вторая группа – щебень марки 1200 из смеси габброидных пород карьера «Билимбай». В каждой группе материалы различались по шероховатости, т.к. половина из них была искусственно частично обработана в установке Микро-Деваль для получения различных характеристик шероховатости поверхности.

Испытания включали в себя тест Микро-Деваль, определение водонасыщения, характеристик шероховатости и удельной поверхности щебня. Результаты испытаний приведены на графиках (рис. 3).

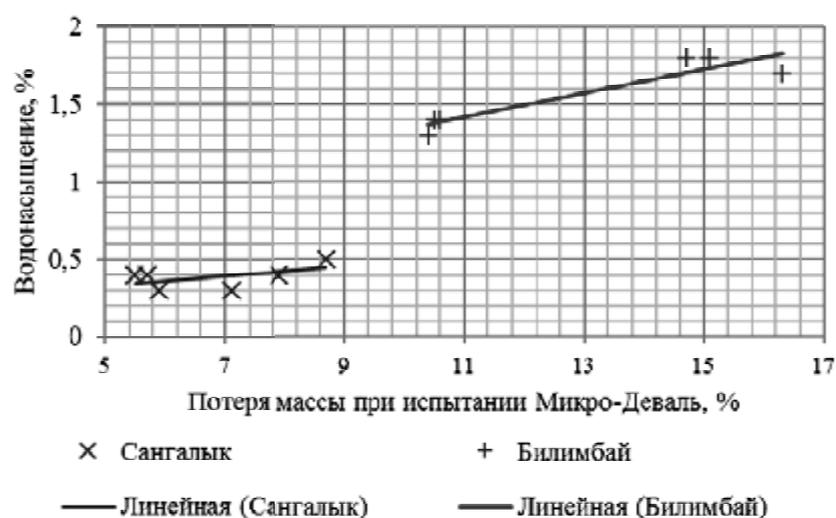
Заметна сильная корреляция между величиной среднего отклонения профиля и износостойкости щебня (рис. 3а). Это говорит о том, что шероховатость оказывает влияние на абразивную стойкость каменного материала. При этом, различия между значениями потери массы в пределах данной корреляции составляют для щебня карьера «Сангалык» до 47 %, а для щебня карьера «Билимбай» – до 46 %. Так для щебня карьера «Билимбай» это соответствует двум различным маркам по истираемости, МД2 и МД3, это говорит о том, что разница более чем существенная.

Так же можно отметить, что аппроксимационная прямая на графике, в случае диоритового щебня карьера «Сангалык», более крутая. Это может говорить о том, что, чем выше износостойкость щебня, тем ниже влияние шероховатости на абразивные процессы. Возможен другой вывод, так как шероховатость в случае диорита выше шероховатости габброидов во всех случаях, данный эффект может быть следствием того, что, чем выше шероховатость, тем меньше влияние её на изменение износостойкости щебня. Данные выводы требуют практических подтверждений и поэтому не отмечаются в данной работе должным образом.

Также заметна невысокая корреляция между водонасыщением и износостойкостью габброидного щебня карьера «Билимбай» (рис. 3б). Для диоритового щебня данной корреляции не замечено. Изменение водонасыщения в данном случае является следствием изменения шероховатости поверхности каменных материалов, так как изменяется количество открытых неровностей на поверхности, способных поглощать воду. Диоритовый щебень в целом характеризуется низким водонасыщением, поэтому, в данном случае, влияние не заметно.



а)



б)

Рис. 3. Зависимости потери массы каменных материалов при испытании Микро-Деваль от шероховатости и водонасыщения (иллюстрация авторов): а) шероховатости; б) водонасыщения

Величина удельной поверхности щебня в данных группах изменяется в невысоких пределах, в соответствии с целью эксперимента. Так же не замечено существенного влияния удельной поверхности щебня на сопротивление щебня абразивному износу в пределах полученных значений.

Единственное, что стоит отметить, это более высокий показатель удельной поверхности в случае диоритового щебня. Визуально форма щебня в случае диоритовых пород не отличается, и небольшое отклонение может быть следствием влияния шероховатости на способность щебня впитывать парафин, который использовался для определения площади поверхности зерен.

Заключение

Как показали результаты исследования, шероховатость поверхности каменных материалов оказывает существенное влияние на величину износа при испытании по методике Микро-Деваль. Заметна корреляция между замерами измеренной шероховатости и потерей массы щебня по методике Микро-Деваль. Так более высокая шероховатость приводит к большей потере массы при испытании. В случае смеси габброидных пород карьера «Билимбай», данное влияние достигает 45 %, в случае диоритового щебня карьера «Сангалык» – 46 % при аналогичных испытаниях. Это может негативно сказаться при изысканиях, так как более прочные породы могут показать

низкие параметры износостойкости, а менее прочные, наоборот, способны дать хорошие результаты при испытаниях. Для адекватной оценки качества щебня необходимо учитывать данный параметр.

Данный вывод – большой вклад в последующие теоретические изыскания в данном направлении. Анализ шероховатостей поверхности каменных материалов для дорожного строительства при разработке моделей абразивного износа щебня позволит более точно предсказывать поведение тех или иных материалов в условиях эксплуатационных нагрузок. В первую очередь точное прогнозирование позволяет увеличить долговечность материалов и покрытий, в том числе и на автомобильных дорогах.

Список библиографических ссылок

1. Леванчук А. В. Загрязнение окружающей среды продуктами эксплуатационного износа автомобильных дорог // *NAUKOVEDENIE.RU: интернет-журнал «Науковедение»*. 2014. № 1 (20).
2. Makarov D. B., Krasinikova N. M., Morozov N. M., Ayupov D. A., Borovskikh I. V., Khokhryakov O. V., Yagund E. M., Khozin V. G. Improving the Quality of Materials for Highway Construction // *Journal of Engineering and Applied Sciences*. 2017. V. 11. № 14. P. 3035–3041.
3. Ардашев Д. В. Кинетическая трактовка стойкости абразивного зерна // *Металлообработка*. 2013. № 3 (75). С. 10–19.
4. Ардашев Д. В. Определение величины механического износа абразивных зерен при шлифовании // *Вестник ЮУрГУ. Серия «Машиностроение»*. 2014. Т. 14. № 4. С. 55–66.
5. Lee Gun Y., Dharan C. K. H., Ritchie R. O. A physically-based abrasive wear model for composite materials // *Wear*. 2002. P. 322–331.
6. Johansson E. Technological properties of rock aggregates // *Luleå university of technology*. Luleå. 2011. URL: <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:990291/FULLTEXT01.pdf> (дата обращения: 18.01.2020).
7. Kekec B., Bilim N., Dьндar S. Abrasion properties of some building stone wastes and usability for sustainability // *Geo-Resources Environment and Engineering*. 2017. P. 218–222.
8. Teltayev B. B. Importance of rocks in road construction // *News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, Series of Geology and Technical Sciences*. 2017. № 423 (3). P. 283–292.
9. Wu J., Hou Y., Wang L., Guo M., Meng L., Xiong H. Analysis of coarse aggregate performance based on the modified Micro Deval abrasion test // *International Journal of Pavement Research and Technology*. 2017. № 11 (2). P. 185–194.
10. Tanyu B. F., Yavuz A. B., Ullah S. A parametric study to improve suitability of micro-deval test to assess unbound base course aggregates // *Construction and Building Materials*. 2017. P. 328–338.
11. Deiros I., Voivret C., Combe G., Emeriault, F. Quantifying Degradation of Railway Ballast Using Numerical Simulations of Micro-deval Test and In-situ Conditions // *In Procedia Engineering*. 2016. Vol. 143. P. 1016–1023.
12. Wang D., Wang H., Bu Y., Schulze C., Oeser, M. Evaluation of aggregate resistance to wear with Micro-Deval test in combination with aggregate imaging techniques // *Wear*. 2015. V. 338–339. P. 288–296.
13. Gökalp İ., Uz V. E., Saltan M. Testing the abrasion resistance of aggregates including by-products by using Micro Deval apparatus with different standard test methods // *Construction and Building Materials*. 2016. V. 123. P. 1–7.
14. Tabatabai H., Titi H., Chin-Wei Lee, Quamhia I., Puerta Fella G. Investigation of Testing Methods to Determine Long-Term Durability of Wisconsin Aggregates. Final report // *University of Wisconsin – Milwaukee Department of Civil Engineering and Mechanics*. 2013. URL: <https://wisconsin.gov/documents2/research/final-reports-projects/briefs/WisDOT-WHRP-project-0092-10-08-final-report.pdf> (дата обращения: 18.01.2020).

15. Курочка П. Н., Мирзалиев Р. Р. Оценка формы зерен щебня, получаемого дроблением вторичного бетона // Новые технологии. 2012. № 2. С. 104–109.
16. Макеев А. В., Айрапетян В. С. Анализ современных методов исследования шероховатости поверхности деталей // Вестник СГГА. 2014. № 4 (28). С. 80–86.

Gayfutdinov Rustem Flyusovich

deputy head of laboratory control department

E-mail: 9600872235@mail.ru**SPI «Glavtadortrans»**

The organization address: 420012, Russia, Kazan, Dostoevskij st., 18/75

Khafizov Eduard Radikovich

candidate of technical sciences, associate professor

E-mail: hafizov@kgasu.ru**Kazan State University of Architecture and Engineering**

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

Research of abrasive wear of crushed stone for highways**Abstract**

Problem statement. The purpose of this research is to study the degree of influence of the surface roughness of stone materials on its abrasive wear under the influence of operational loads. Abrasive wear of crushed stone has a negative economic and environmental effect and needs to be studied to improve the quality of road materials. Although abrasive wear is well understood, the degree of influence of roughness on the wear resistance of crushed stone is not well known.

Results. The main results of the study are to assess the wear resistance of crushed stone using the Micro-Deval test. Testing of two groups of materials, a mixture of gabbros and diorite, with various surface roughness characteristics obtained artificially, showed a high effect of this parameter on the wear resistance of crushed stone. Thus, the effect of surface roughness on the abrasive wear of these materials amounted to more than 40 %.

Conclusions. The significance of the research results for the construction industry lies in the possibility of choosing durable stone materials for the construction of roads. The high degree of influence of the surface roughness of stone materials on their abrasive wear must be taken into account when predicting the behavior of stone materials under the influence of operational loads.

Keywords: crushed stone, abrasive wear, roughness, Micro-Deval, wear resistance.

References

1. Levanchuk A. V. Environmental pollution by products of road wear // NAUKOVEDENIE.RU: internet-journal «Naukovedenie». 2014. № 1 (20).
2. Makarov D. B., Krasnikova N. M., Morozov N. M., Ayupov D. A., Borovskikh I. V., Khokhryakov O. V., Yagund E. M., Khozin V. G. Improving the Quality of Materials for Highway Construction // Journal of Engineering and Applied Sciences. 2017. V. 11. № 14. P. 3035–3041.
3. Ardashev D. V. Kinetic interpretation of abrasive grain resistance // Metalloobrabotka. 2013. № 3 (75). P. 10–19.
4. Ardashev D. V. Determination of the mechanical wear of abrasive grains during grinding // Vestnik YuUrGU. Seriya «Mashinostroenie». 2014. V. 14. № 4. P. 55–66.
5. Lee Gun Y., Dharan C. K. H., Ritchie R. O. A physically-based abrasive wear model for composite materials // Wear. 2002. P. 322–331.

6. Johansson E. Technological properties of rock aggregates // Luleå university of technology. Luleå. 2011. URL: <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:990291/FULLTEXT01.pdf> (reference date: 18.01.2020).
7. Kekes B., Bilim N., Дьндар S. Abrasion properties of some building stone wastes and usability for sustainability // *Geo-Resources Environment and Engineering*. 2017. P. 218–222.
8. Teltayev B. B. Importance of rocks in road construction // *News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, Series of Geology and Technical Sciences*. 2017. № 423 (3). P. 283–292.
9. Wu J., Hou Y., Wang L., Guo M., Meng L., Xiong H. Analysis of coarse aggregate performance based on the modified Micro Deval abrasion test // *International Journal of Pavement Research and Technology*. 2017. № 11 (2). P. 185–194.
10. Tanyu B. F., Yavuz, A. B., Ullah, S. A parametric study to improve suitability of micro-deval test to assess unbound base course aggregates // *Construction and Building Materials*. 2017. P. 328–338.
11. Deiros I., Voivret C., Combe G., Emeriault, F. Quantifying Degradation of Railway Ballast Using Numerical Simulations of Micro-deval Test and In-situ Conditions // *In Procedia Engineering*. 2016. Vol. 143. P. 1016–1023.
12. Wang D., Wang H., Bu Y., Schulze C., Oeser M. Evaluation of aggregate resistance to wear with Micro-Deval test in combination with aggregate imaging techniques // *Wear*. 2015. V. 338–339. P. 288–296.
13. Gökalp İ., Uz V. E., Saltan M. Testing the abrasion resistance of aggregates including by-products by using Micro Deval apparatus with different standard test methods // *Construction and Building Materials*. 2016. V. 123. P. 1–7.
14. Tabatabai H., Titi H., Chin-Wei Lee, Quamhia I., Puerta Fella G. Investigation of Testing Methods to Determine Long-Term Durability of Wisconsin Aggregates. Final report // University of Wisconsin – Milwaukee Department of Civil Engineering and Mechanics. 2013. URL: <https://wisconsin.gov/documents2/research/final-reports-projects/briefs/WisDOT-WHRP-project-0092-10-08-final-report.pdf> (reference date: 18.01.2020).
15. Kurochka P. N., Mirzaliev R. R. Evaluation of the shape of grains of crushed stone obtained by crushing secondary concrete // *Novye texnologii*. 2012. № 2. P. 104–109.
16. Makeev A. V., Ajrapetyan V. S. Analysis of modern methods for studying the surface roughness of parts // *Vestnik SGGGA*. 2014. № 4 (28). P. 80–86.

УДК 535.33

Потапова Людмила Ильинична

кандидат химических наук, доцент

E-mail: ludmilapo@mail.ru

Фурер Виктор Львович

доктор химических наук, профессор

E-mail: furter@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

Институт органической и физической химии им. А.Е. Арбузова

Адрес организации: 420088, Россия, г. Казань, ул. Арбузова, д. 8

Изучение конформаций *p*-1-адамантилкаликс[8]арена методом ИК-спектроскопии – основа для создания полимерных материалов нового поколения

Аннотация

Постановка задачи. Определение пространственной структуры каликс[8]арена для создания потенциально эффективных полифункциональных стабилизаторов.

Изучение водородных связей и конформации молекул каликс[8]арена с трет-бутильным и адамантиловым заместителем в различных состояниях методом ИК-спектроскопии, для определения способности приспосабливаться к различным полимерным соединениям.

Результаты. Водородные связи и конформации молекул каликс[8]арена с *p*-трет-бутильным и *p*-1-адамантильным заместителями были изучены методом инфракрасной спектроскопии в различных состояниях. Конформации, реакционная способность, распределение заряда и ИК-спектры каликсаренов были рассчитаны методом теории функционала плотности (ТФП). Проведено сравнение ИК-спектров молекул каликс[8]аренов в конформации складчатой петли и кресла. Оптимизированная геометрия молекул воспроизводит экспериментальные рентгеновские данные. Конформация-кресло на 20 ккал/моль менее предпочтительна, чем конформация-складчатая петля. Конформация складчатой петли является наиболее стабильной в твердом состоянии и растворе. Водородные связи определяют стабильность этой структуры. В *p*-1-адамантилкаликс[8]арене реализуются более сильные водородные связи по сравнению с *p*-трет-бутилкаликс[8]ареном. Наблюдаемые ИК-спектры были интерпретированы с использованием рассчитанного распределения потенциальной энергии с квантово-химическими силовыми константами. Теоретические кривые поглощения, рассчитанные для конформации складчатой петли, соответствуют экспериментальным ИК-спектрам каликс[8]аренов.

Выводы. Значимость полученных результатов для строительной отрасли состоит в том, что изучены новые материалы, применяемые для термостабилизации пленочных покрытий, эпоксидных смол, а также других полимерных изделий. Изучены ИК-спектры *p*-трет-бутилкаликс[8]арена и *p*-1-адамантилкаликс[8]арена в кристаллическом состоянии, в растворе и при различных температурах. Каликс[8]арены занимают конформацию-складчатая петля с циклической системой внутримолекулярных водородных связей. Эта конформация является более стабильной, чем конформация-кресло. Для создания потенциально эффективных полифункциональных стабилизаторов изучена каликсареновая платформа, которая из-за своей отличительной геометрии способна приспосабливаться к различным соединениям, образуя комплексы включения посредством нековалентной связи, взаимодействия Ван-дер-Ваальса и водородной связи.

Ключевые слова: ИК-спектроскопия, каликсарены, водородная связь, квантовая химия, конформация.

Введение

Каликсарены представляют собой хорошо известный класс органических веществ, состоящих из связанных друг с другом ароматических групп [1]. Водородные связи влияют на форму молекул и их способность удерживать и транспортировать активные вещества [1]. Каликсарены способны к межмолекулярным взаимодействиям и включению небольших нейтральных органических молекул [1]. Эти взаимодействия играют важную роль в биологических системах и могут использоваться для регистрации вредных выбросов в атмосферу, а так же как основа для создания эффективных стабилизаторов полимеров нового поколения. Силы взаимодействия гость-хозяин зависят от размера полости и конформации каликсаренов. Поэтому изучение структуры и водородных связей в каликсаренах представляет очевидный интерес [1-9].

Замещенные полициклические каликсарены остаются малоизвестными [2]. Адамантильный фрагмент был выбран в качестве заместителя, поскольку он имеет липофильную структуру, которая обеспечивает растворимость в органических растворителях. Он также имеет несколько позиций для добавления заместителей и модификации способности каликсаренов образовывать комплексы. Пространственные молекулярные модели показывают, что введение 1-адамантильных заместителей в каликсарены увеличивает размер макроцикла [2]. Мы можем ожидать, что эти каликсарены являются новыми полезными хозяевами.

Огромные практические возможности каликсаренов продолжают привлекать научные группы к своим исследованиям. ИК-спектроскопия позволяет подробно описать эволюцию системы водородных связей соединений (эти изменения, в свою очередь, отражают состояние и перестройку электронных облаков молекул). Водородная связь является зондом для изучения структуры сложных молекулярных систем, таких как гидроксильированные каликсарены. Водородные связи в каликсарене удобнее изучать с помощью ИК-спектроскопии. Тем не менее интерпретация ИК-спектров каликсаренов в основном выполняется только для характеристических частот и имеет ограниченное значение. Необходимо интерпретировать экспериментальные ИК-спектры с помощью квантовых расчетов.

Теория функционала плотности (ТФП) позволяет изучать структуру и конформации каликсаренов и их комплексов с анионами, катионами и нейтральными молекулами. Метод ТФП широко используется для интерпретации экспериментальных данных ЯМР- и ИК-спектроскопии. Расчеты позволяют оценить влияние различных структурных факторов: природы функциональных групп, размера, конформационной подвижности макроцикла – на способы приспосабливаться к различным соединениям, образуя комплексы включения посредством нековалентной связи, взаимодействия Ван-дер-Ваальса и водородной связи.

Целью данной работы было установление конформаций и изучение водородных связей в *p*-1-адамантилкаликс[8]арене (АД8) с помощью ИК-спектроскопии и квантовых методов (рис. 1).

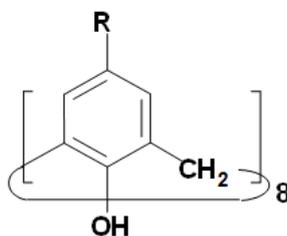


Рис. 1. Структура каликс[8]аренов; R = H, t-Бутил, АД (иллюстрация авторов)

Интересно было проследить эволюцию силы водородной связи в молекулах каликс[8]арена в зависимости от типа заместителя. Конформация складчатой петли преобладает для каликс[8]аренов, но в присутствии молекул пиридина образуется форма кресла [10]. В экспериментальных ИК-спектрах наложение отдельных полос конформеров затрудняет их идентификацию. Мы рассчитали кривые поглощения ИК-спектров конформеров складчатой петли и кресла каликс[8]аренов и сравнили их с экспериментальным спектром.

Методика съемки и расчета ИК-спектров каликсаренов

Синтез *p*-1-адамантилкаликс[8]арена (АД8) впервые был проведен авторами ранее [2] (рис. 1). Для сравнения авторы также изучали *p*-трет-бутилкаликс[8]арен (ТБ8) и каликс[8]-арен (К8) (рис. 1). Их синтез и их основные характеристики были ранее описаны [1]. В процессе очистки эти соединения кристаллизовали из смеси CHCl_3 -MeOH и сушили в вакууме при 140°C (кипящий ксилол). Температуры плавления и разрушения этих соединений достаточно высоки – 350°C и выше [1]. Оставшуюся воду и растворитель удаляли из каликсаренов нагреванием.

Инфракрасные спектры каликс[8]аренов в таблетках KBr записывали в области 4000-400 cm^{-1} с помощью ИК-анализатора Bruker Vector-22 с разрешением 2 cm^{-1} , накапливая 64 скана спектра.

Авторы создали модели АД8, ТБ8 и К8. Оптимизация геометрии молекул проводилась методом ТФП с применением программы PRIRODA. Авторы выбрали эту программу для получения оптимального соотношения точности и времени расчета для молекулы АД8, содержащей 304 атома. Большой размер молекулы АД8 не позволял проводить расчеты более высокого уровня. Процедура масштабирования частот не применялась.

При построении теоретических инфракрасных спектров использовалась лоренцева форма полос с полушириной 10 cm^{-1} . Отесение колебаний выполнялось путем расчета распределения потенциальной энергии с использованием программы SHRINK. Авторы выполнили анализ естественных связей с использованием программного обеспечения Gaussian 09, рассчитали молекулярные дескрипторы, используя энергию ионизации и сродство к электрону.

Изучение водородных связей в адамантилкаликс[8]арене

Каликсарены характеризуются конформационной подвижностью за счет вращения ароматических фрагментов [1, 2]. Для каликс[4]аренов возможны четыре конформации: конус, частичный конус, 1,2-альтернат и 1,3-альтернат [1, 2]. Для каликс[8]аренов число конформаций увеличивается до шестнадцати [1, 2]. Как следует из рентгеновских данных, в твердом состоянии каликс[8]арены находятся в конформации складчатой петли [1]. В этой структуре гидроксильные группы находятся выше и ниже плоскости, в которой лежат атомы кислорода и реализуется циклическая система водородных связей [1]. Конформация-кресло состоит из двух фрагментов каликс[4]арена в виде частичного конуса [10]. Изучение молекулярных моделей, полученных в этой статье, дает более наглядное представление об этих конформациях.

На рис. 2-3 и в таблице приведены ИК-спектры кристаллического АД8 и ТБ8.

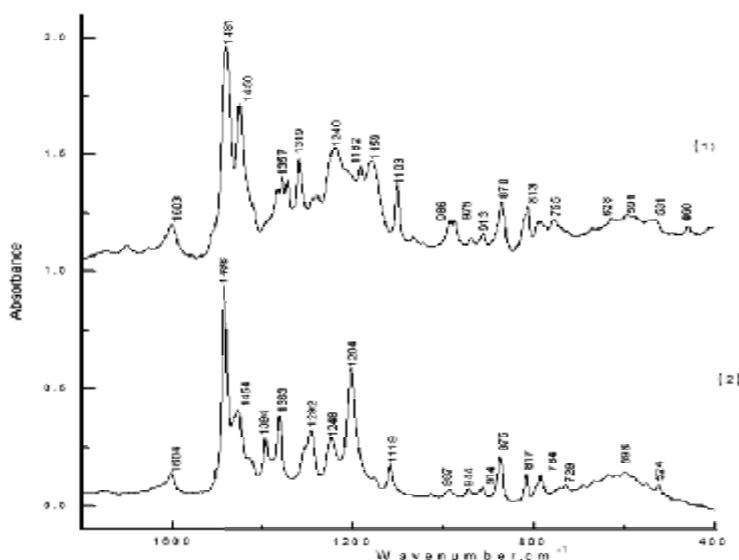


Рис. 2. Экспериментальные ИК-спектры АД8 (1) и ТБ8 (2) в кристаллическом состоянии в области 1800-400 cm^{-1} (иллюстрация авторов)

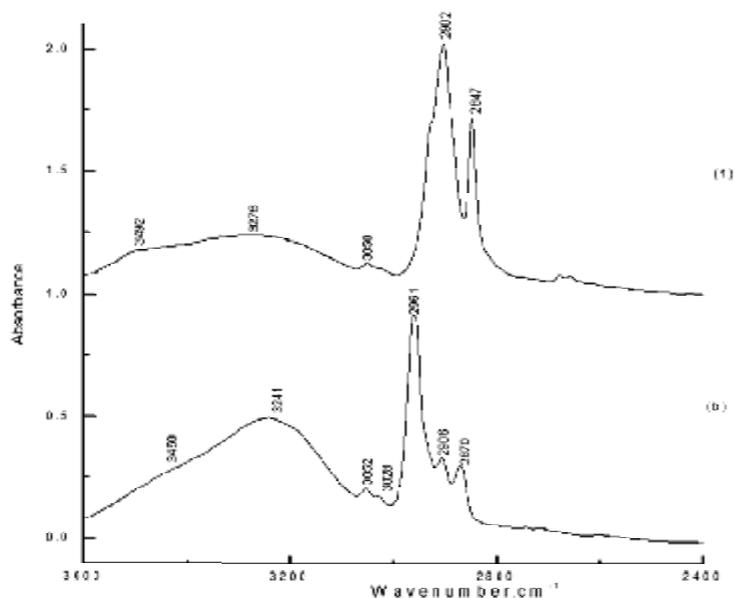


Рис. 3. Экспериментальные ИК-спектры АД8 (1) и ТБ8 (2) в кристаллическом состоянии в области $3600-2400\text{ см}^{-1}$ (иллюстрация авторов)

Таблица

Экспериментальные частоты колебаний гидроксильных групп νOH кристаллов в разбавленных растворах в CCl_4 и относительные энергии ΔE (ккал/моль) конформеров производных каликс[8]аренов

Соединение	Исходный кристалл, T_k	$T=180^\circ\text{ C}$	Охлажденный кристалл, T_k	Раствор в CCl_4	Складчатая петля	Кресло
С8	3274, 3343	3281, 3343	3272, 3343	3310	0	19,6
ТБ8	3248	3265	3243	3282	0	25,5
АД8	3372	3375	3372	3254	0	24,6

Полосы поглощения валентных колебаний гидроксила в разбавленных растворах каликс[8]аренов в CCl_4 с трет-бутильными и *p*-1-адамантильными заместителями находятся в узком частотном диапазоне 3185 см^{-1} для АД8 и 3192 см^{-1} для ТБ8 (таблица). В обоих случаях наблюдаются широкие полосы поглощения νOH . Степень смещения полосы $\nu(\text{OH})$ в сторону низких частот зависит от энергии водородной связи. В молекуле АД8 водородная связь слабее, чем в молекуле ТБ8. Наши ИК-спектральные данные согласуются с результатами, полученными рентгеновским и ЯМР-методами [1-8].

В ИК-спектрах кристаллических образцов каликс[8]аренов частоты валентных колебаний гидроксильных групп несколько выше, чем в спектрах растворов в CCl_4 (табл.), 3241 см^{-1} (ТБ8) и 3276 см^{-1} (АД8). Стерические помехи ослабляют водородную связь в АД8 по сравнению с ТБ8.

Рассмотрим эволюцию ИК-спектров каликс[8]аренов с ростом температуры (табл., рис. 2-3). При слабом нагревании до $100-180^\circ\text{ C}$ полоса νOH сдвигается для всех каликс[8]аренов. Но у разных каликсаренов это происходит по-разному. Например, при 180° C в ИК-спектре ТБ8 частота полосы νOH увеличивается на 4 см^{-1} , в то время как в ИК-спектре АД8 она уменьшается в тех же пропорциях. Неизменность ИК-спектров при нагревании до 180° C обусловлено реализацией конформации складчатой петли во всех исследованных каликс[8]аренах.

Удаление молекул воды и растворителя при нагревании может сопровождаться уменьшением дефектов кристаллического блока. Полосы в ИК-спектре сужаются, и он становится более разрешенным. Важная информация содержится в значениях смещений полос νOH при нагревании. Они зависят как от степени теплового движения фрагментов арена в кристалле, так и от различий в упаковке этих фрагментов каликсарена. Изучение ИК-спектров каликсаренов при различных температурах позволяет проследить

изменения конформационного состояния молекул и перестройки системы водородных связей, а также способности к образованию комплекса и свойств рецепторы.

Конформация-кресло на 20 ккал/моль менее предпочтительна, чем складчатая петля. Рассчитанная длина связи для АД8 и ТБ8 соответствует экспериментальным данным, полученным рентгеновским методом для ТБ8. В конформации-складчатая петля молекулы АД8 и ТБ8 имеют восемь водородных связей, расстояние между атомами кислорода равно 2,68 Å. Теоретические углы O(9)–H (11) ... O (22) в молекулах АД8 и ТБ8 равны 174,1 ° и 173,9 °.

Для характеристики водородных связей использовались индексы связи Виберга. Для молекулы АД8 среднее значение этого индекса составляет 0,117, а для молекулы ТБ8 – 0,077. Таким образом, в первой системе реализуются более прочные водородные связи.

Кольца, образованные на нижнем и верхнем краях каликсаренов, определяют структуру молекул. Для каликс[8]аренов размеры ковалентных и водородно-связанных макроциклов сопоставимы по размеру, а молекулы плоские. Как правило, в кристаллическом состоянии молекулы каликс[8]арена имеют конформацию складчатой петли. В этом случае атомы кислорода находятся в плоскости, образуя круг, а бензольные кольца образуют чередующиеся углы с этой плоскостью, и создают симметричные складки (рис. 4). Поэтому для данного конформера понятие молекулярной полости теряет смысл.

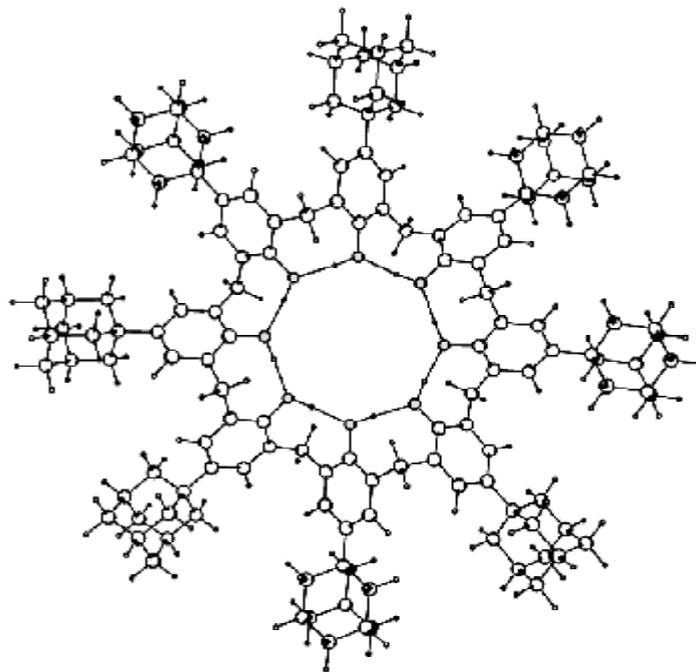


Рис. 4. Структура АД8 в конформации складчатой петли (иллюстрация авторов)

Углы кручения φ (C6-C3-C11-C14) и χ (C3-C11-C14-C17) определяют конформацию каликсаренов. Вычисленные угловые значения для молекул каликс[8]арена достаточно совместимы с экспериментальными значениями рентгеновского излучения. Средние абсолютные значения торсионных углов в молекуле ТБ8 в конформации складчатой петли составляют 91,2 и 85,6° и соответствуют экспериментальным данным 85,4 и 91,4°. В конформации складчатой петли молекулы АД8 средние значения углов φ и χ равны 101,6 и 89,3°. Видно, что смена заместителя в пара-положении ароматических фрагментов влияет на ориентацию бензольных колец.

В экспериментальном ИК-спектре АД8 наблюдаются сдвиги и расщепления полос. Классификация нормальных колебаний молекул ТБ8 и АД8 проводилась с помощью анализа распределенной потенциальной энергии.

Полосы валентных колебаний связей ОН и СН находятся в области 2800-3400 см⁻¹ экспериментального ИК-спектра АД8 (рис. 3). Значение частоты полосы ν (ОН) при 3276 см⁻¹ в ИК-спектре АД8 указывает на образование водородной связи. Слабые полосы

при 3050 и 3024 cm^{-1} относятся к валентным колебаниям связей СН ароматических групп. Частоты 2902 и 2847 cm^{-1} представляют собой $\nu_s(\text{CH}_2)$ колебания.

Линии 1603 и 1481 cm^{-1} в опытном ИК-спектре АД8 были отнесены к валентным колебаниям ароматических связей СС (рис. 2). Плоские колебания связей СН бензольных колец показывают полосы 1182, 1159 и 1103 cm^{-1} . Полоса 870 cm^{-1} относится к внеплоскостным колебаниям связей СН ароматических групп. Валентные колебания связей СС и СО показывают полосу при 1240 cm^{-1} .

Растягивающие колебания связей СС и изгибные колебания ССН вызывают появление полос при 939, 913 и 813 cm^{-1} . Крутильные колебания бензольных колец дают полосу при 755 cm^{-1} в ИК-спектре АД8.

Интересно наблюдать модификацию ИК-спектра каликс[8]аренов при переходе от конформации складчатой петли к конформации кресла. Для этого был проведен расчет ИК-спектров каликс[8]аренов в этих конформациях. Сравнение теоретических ИК-спектров молекул ТБ8 и АД8 в конформации складчатой петли и кресла показывает изменения частот и интенсивностей полос. Для аналитических целей были выбраны характеристические полосы каждого конформера молекулы АД8: 1457, 1252, 1203, 1091, 720 cm^{-1} (складчатая петля), 1235, 1123, 1087, 935 cm^{-1} (кресло).

Исследование модификаций электронной плотности позволяет определить природу внутримолекулярных водородных связей. При образовании водородной связи электронная плотность неподеленной электронной пары кислорода переносится на антисвязывающую орбиталь связи ОН. Это приводит к гибридизации орбиталей неподеленных электронных пар атомов кислорода и ОН.

Заключение

Авторами были изучены ИК-спектры *p*-трет-бутилкаликс[8]арена и *p*-1-адамантилкаликс[8]арена в кристаллическом состоянии, в растворе и при различных температурах. Каликс[8]арены занимают конформацию складчатой петли с циклической системой внутримолекулярных водородных связей. Эта конформация является более стабильной, чем конформация кресла. Представлены теоретические инфракрасные спектры и определены характерные полосы для каждой конформации. Данные соединения можно применять для комплексной свето- и термостабилизации полиолефинов при изготовлении погодостойких плёночных покрытий, смол и других полимерных материалов.

Список библиографических ссылок

1. Gutsche C. D. Calixarenes revisited. The Royal Society of Chemistry, Cambridge, 1998. 248 p.
2. Шокова Э. А., Хомич Э. В., Ахметов Н. Н., Вацуро И. М., Лузиков Ю. Н., Ковалев В. В. Синтез и конформационные свойства адамантилированных каликс[5] и [6]аренов // Ж. Орг. Хим. 2003. V. 39. P. 400–414.
3. Abdrakhmanova L. A., Stroganov V. F. Modification of polyvinylchloride compositions by polymerizable epoxy oligomers // Polymer Science D. 2019. V. 12. P. 121–123.
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 // Изв. Акад. наук. Сер. хим. 2002. № 5. С. 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., 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., Vandyukov A. E., Zaripov S. R., Solovieva S. E., Antipin I. S., Kovalenko V. I. FT-IR and FT-Raman study of hydrogen bonding in p-alkylcalix[8]arenes // *Vibrational Spectroscopy*. 2018. Vol. 95. № 1. P. 38–43.
8. Furer V. L., Potapova L. I., Vatsouro I. M., Kovalev V. V., Shokova E. A., Kovalenko V. I. Investigation of structure and hydrogen bonds in adamantyl[6]calixarene by IR-spectroscopy and DFT // *Vibrational Spectroscopy*. 2018. Vol. 96. № 1. P. 60–66.
9. 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.
10. Czugler M., Tisza S., Speir G. Versatility in inclusion hosts. Unusual conformation in the crystal structure of the p-tert-butylcalix[8]arene: pyridine (1:8) clathrate // *J. Incl. Phenom.* 1991. V. 11. P. 323–331.

Potapova Ludmila Ilinichna

doctor of chemical sciences, associate professor

E-mail: ludmilapo@mail.ru

Furer Victor Lvovich

doctor of chemical sciences, professor

E-mail: furer@kgasu.ru

Kazan State University of Architecture and Engineering

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

Kovalenko Valery Ignatievich

doctor of chemical sciences, professor

E-mail: koval@iopc.ru

A.E. Arbuzov Institute of Organic and Physical Chemistry, RAS

The organization address: 420088, Russia, Kazan, Arbuzov st., 8

The study of conformations of p-1-adamantylcalix[8]arene by IR-spectroscopy is the basis for the creation of a new generation of polymeric materials**Abstract**

Problem statement. Determination of the spatial structure of the calix[8]arene to create potentially effective multifunctional stabilizers. The study of hydrogen bonds and the conformation of calix[8]arene molecules with a tert-butyl and adamantyl substituent in various states by IR-spectroscopy to determine the ability to adapt to various polymer compounds.

Results. Hydrogen bonds and conformations of calix[8]arene molecules with p-tert-butyl and p-1-adamantyl substituents were studied by infrared spectroscopy in various states. Conformations, reactivity, charge distribution, and IR-spectra of calixarenes were calculated using the DFT method. The IR-spectra of calix[8]arenes were compared in the conformation of a folded loop and chair. Optimized molecular geometry reproduces experimental X-Ray data. A 20 kcal/mol chair conformation is less preferred than a folded loop conformation. The folded loop conformation is most stable in solid and solution. Hydrogen bonds determine the stability of this structure. In the p-1-adamantylcalix[8]arene, stronger hydrogen bonds are realized in comparison with the p-tert-butylcalix[8]arene. The observed IR-spectra were interpreted using the calculated potential energy distribution with quantum chemical force constants. The theoretical absorption curves calculated for the conformation of the folded loop correspond to the experimental IR-spectra of calix[8]arenes.

Conclusions. The significance of the results obtained for the construction industry lies in the fact that new materials used for the thermal stabilization of film coatings, epoxy resins, as well as other polymer products, have been studied. The IR-spectra of p-tert-butylcalix[8]arene and p-1-adamantylcalix[8]arene were studied in the crystalline state, in solution, and at various temperatures. The calix[8]arenes occupy the conformation of a folded loop with a cyclic system of intramolecular hydrogen bonds. This conformation is more stable than the conformation of the chair. Theoretical infrared spectra are presented and characteristic bands for each conformation are determined. To create potentially effective multifunctional stabilizers, a calixarene platform was studied, which, due to its distinctive geometry, is able to adapt to

various compounds, forming inclusion complexes via non-covalent bonds, Van der Waals interactions, and hydrogen bonds.

Keywords: IR-spectroscopy, calixarenes, hydrogen bonding, quantum chemistry, conformation.

References

1. Gutsche C. D. Calixarenes revisited. The Royal Society of Chemistry, Cambridge, 1998. 248 p.
2. 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 // J. Org. Khim. 2003. V. 39. P. 368–383.
3. Abdrakhmanova L. A., Stroganov V. F. Modification of polyvinylchloride compositions by polymerizable epoxy oligomers // Polymer Science D. 2019. V. 12. P. 121–123.
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 // Izv. Akad. nauk. Ser. khim. 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., Vandyukov A. E., Zaripov S. R., Solovieva S. E., Antipin I. S., Kovalenko V. I. FT-IR and FT-Raman study of hydrogen bonding in p-alkylcalix[8]arenes // Vibrational Spectroscopy. 2018. Vol. 95. № 1. P. 38–43.
8. Furer V. L., Potapova L. I., Vatsuro I. M., Kovalev V. V., Shokova E. A., Kovalenko V. I. Investigation of structure and hydrogen bonds in adamantyl[6]calixarene by IR-spectroscopy and DFT // Vibrational Spectroscopy. 2018. Vol. 96. № 1. P. 60–66.
9. 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.
10. Czugler M., Tisza S., Speir G. Versatility in inclusion hosts. Unusual conformation in the crystal structure of the p-t-butylcalix[8]arene: pyridine (1:8) clathrate // J. Incl. Phenom. 1991. V. 11. P. 323–331.

УДК. 691.42 : 681.3.06

Смирнов Денис Сергеевич

кандидат технических наук, доцент

E-mail: denis27111974@yandex.ru

Гараев Тимур Раисович

старший преподаватель

E-mail: svist_@list.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

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

Гарипова Диляра Руслановна

инженер 3 категории

E-mail: garipovadilyara@mail.ru

ООО «ИК «Спектр»

Адрес организации: 420061, Россия, г. Казань, ул. Космонавтов, д. 44

Моделирование свойств стеновой керамики методами регрессионного анализа

Аннотация

Постановка задачи. Цель исследования – получение математических моделей прочности на сжатие и водопоглощения стеновых керамических изделий в зависимости от суммарного содержания оксидов алюминия и титана, фракции <0,001 мм, пластичности и температуры обжига для умеренно-пластичного низкодисперсного глинистого сырья РТ.

Результаты. Основные результаты исследования состоят в получении статистических регрессионных моделей, позволяющих для умеренно-пластичного низкодисперсного глинистого сырья прогнозировать прочность и водопоглощение, и на основании этого оперативно без проведения объёмных лабораторных испытаний корректировать по мере возможности маркшейдерские разработки в карьере или технологический процесс производства.

Выводы. Значимость полученных результатов для строительной отрасли состоит в подготовке прикладной математической основы, обеспечивающей возможность оптимизации эксплуатационных характеристик стеновой керамики. Заложена основа для дальнейшей статистической обработки данных для глин месторождений РТ.

Ключевые слова: стеновая керамика, прочность на сжатие, температура обжига, водопоглощение, регрессионный анализ.

Введение

В области производства керамических материалов анализ сырья с использованием компьютерного моделирования является актуальной задачей. Так, в работах Березовского В.В. и соавторов [1], Сорокина О.Ю. и соавторов [2], а также в ряде аналогичных работ [3-10], рассмотрены, в том числе, возможности применения различных математических способов моделирования эксплуатационных показателей авиационной керамики. Аналогичная работа ведется и в смежных областях – при производстве композиционных портландцементов, в работах Ермиловой Е.Ю., Рахимова Р.З. [11] рассчитывается количественный состав продуктов температурного синтеза термоактивированных смесей основе минерального сырья Республики Татарстан. Предполагается работоспособность описанных в литературе подходов для сферы строительной стеновой керамики. Цель работы – построение математической модели прочности и водопоглощения стеновых керамических материалов на основе умеренно-пластичного низкосортного глинистого сырья Республики Татарстан.

Для достижения данной цели решены следующие задачи: формализация задачи, сбор статистической информации по свойствам глин основных месторождений РТ, разработка структуры и формирование базы данных, применение методов регрессионного анализа. Полученные математические модели позволяют прогнозировать свойства изделий, и на основании этого оперативно без проведения объёмных лабораторных испытаний корректировать по мере возможности маркшейдерские разработки в карьере или технологический процесс производства.

Глинистое сырьё Республики Татарстан характеризуется повышенным содержанием крупнозернистых включений карбонатных пород, соответственно – обладает повышенной чувствительностью к сушке. В данных условиях требования ГОСТ 530-2012 к глинистому сырью выполняются не в полном объеме. В обозначенных обстоятельствах анализ сырья для выявления всех его положительных качеств должен осуществляться особенно тщательно.

Рекомендации по технологическим параметрам (температуре сушки и обжига, их продолжительности и т.п.) и заключение по показателям свойств изделий даются по результатам длительных, сначала лабораторно-технологических, а затем ползаводских испытаний, включающих формование лабораторных образцов, их сушку и обжиг при различных температурах, физико-механические испытания. При этом, не полностью учитывается возможность различной технологической переработки и корректировки состава полиминеральной сырьевой смеси, что и не представляется возможным из-за необходимости учёта большого числа факторов, существенно влияющих на конечные свойства продукции. Таким образом, могут остаться неиспользованными потенциальные возможности рассматриваемого глинистого сырья. Эта многофакторная проблема может быть разрешена использованием возможностей компьютерного моделирования.

Целью данных исследований является получение математических моделей прочности на сжатие и водопоглощения стеновых керамических изделий в зависимости от суммарного содержания оксидов алюминия и титана, фракции $<0,001$ мм, пластичности и температуры обжига для умеренно-пластичного низкодисперсного глинистого сырья РТ.

Для достижения данной цели решены следующие задачи: формализация задачи, сбор статистической информации по свойствам глин основных месторождений РТ, разработка структуры и формирование базы данных, применение методов регрессионного анализа.

Подготовка и построение регрессионных моделей

База данных, необходимая для работы алгоритмов моделирования свойств керамических изделий, была сформирована на основании отчётов исследований кирпичного глинистого сырья месторождений Республики Татарстан, проведённых Государственным всесоюзным научно-исследовательским институтом строительных материалов и конструкций им. П.П. Будникова «ВНИИСТРОМ», объединением «ТАТАРСТРОЙМАТЕРИАЛЫ» (центральной производственной, проектно-конструкторской и технологической лабораториями), Уральским научно-исследовательским институтом строительных материалов «УралНИИСТРОМПРОЕКТ». Всего изучена 421 проба восемнадцати месторождений кирпичных глин РТ.

Вся имеющаяся информация по характеристикам глин была выписана из отчётов и сведена в таблицы, на основании которых была создана база данных принципиально нового для стеновых керамических изделий типа, допускающая своё развитие как по количеству вводимых проб, так и по количеству рассматриваемых параметров. Она представлена в табличной форме, где первый столбец составляют поля, а первую строку – записи (табл.). В качестве полей базы были заданы свойства изделий (от Y_1 до Y_6) и параметры технологии и добавки с учётом резерва (авторами обозначены от X_1 до X_{100}).

Систематизированная информация в базе данных, позволяет осуществлять выборки для ввода в ПЭВМ по различным критериям: взаимной коррелированности параметров, степени заполненности и т.д. Это позволяет её использовать в различных программах моделирования свойств керамических изделий, в частности, в программе построения регрессионных моделей, что и было нами осуществлено и показано далее.

В процессе анализа сформированной базы данных, выявлена значительная коррелированность ряда параметров между собой, что накладывает существенные ограничения на количество учитываемых факторов. Неучитываемые параметры не на 100 % коррелированы с рассматриваемыми параметрами и, соответственно, несут в себе необходимую информацию, передаваемую через другие параметры. Таким образом, существенный объём информации закладывается как фактор случайного воздействия.

Таблица

Структура базы универсальной данных

Группа полей	Поля базы данных	Обозначение полей базы данных
Моделируемые функции	Предел прочности на сжатие	Y_1
	Предел прочности на изгиб	Y_2
	Плотность	Y_3
	Водопоглощение	Y_4
	Резервные эксплуатационные характеристики	Y_5-Y_8
Параметры моделирования	Оксид кремния SiO_2	X_1
	Оксиды алюминия и титана $Al_2O_3+TiO_2$	X_2
	Оксид железа (II) FeO ,	X_3
	Оксид натрия Na_2O	X_4
	Оксид калия K_2O	X_5
	Оксид железа (III) Fe_2O_3	X_6
	Оксид кальция CaO	X_7
	Потери при прокаливании (п.п.п.)	X_8-X_{11}
	Огнеупорность	X_{12}
	Пластичность	X_{13}
	фр. 0,01-0,005 мм,	X_{14}
	фр. 0,005-0,001 мм	X_{15}
	фр. <0,001 мм	X_{16}
	Общая усадка	X_{17}
	Воздушная усадка	X_{18}
	Огневая усадка	X_{19}
	Чувствительность к сушке по Чижскому (сек.)	X_{20}
	Формовочная влажность	X_{21}
	Температура оплавления	X_{22}
	Чувствительность к сушке, определяемая коэффициентом	X_{23}
	Деформации образцов	X_{24}
	Температура вспучивания	X_{25}
	Температура сушки	X_{26}
	Продолжительность сушки	X_{27}
	Резервные технологические параметры сушки (влажность входящего воздушного потока, скорость обдува и т.д.)	X_{28}
	Температура обжига	X_{29}
	Продолжительность обжига	X_{30}
	Резервные технологические параметры обжига (скорость изменения температуры, градиент теплового потока по высоте кладки и т.п.)	X_{31}
	ОГП (Отходы гальванических производств),	X_{32}
	ПЩ (Подмыльный щелок)	X_{33}
	СН (Сульфат натрия)	X_{34}
	Шелуха гречихи	X_{35}
	Древесная пыль	X_{36}
	Опилки	X_{37}
	Уголь	X_{38}
	Шамот	X_{39}
	Зола	X_{40}
	Песок	X_{41}
	Дегидратированная глина	X_{42}
	Картонная крошка	X_{43}
	Жидкое стекло	X_{44}
	Резервные параметры по вводу добавок	$X_{45}-X_{100}$

Если выясняется, что разброс значений неучитываемых (по причине коррелированности с рассматриваемыми) параметров, несущих в себе информацию, непередаваемую

другими факторами, недопустимо велик, т.е. в фактор случайного воздействия внесён существенный объём информации, то сформированные модели свойств не предоставляют практическую ценность. С учетом обозначенного требования по коррелированности варьируемых параметров – для моделирования эксплуатационных показателей был выбран ряд параметров, удовлетворяющих требованиям регрессионного анализа.

Для осуществления количественного подхода к оценке глинистого сырья, на данный момент получены математические модели прочности на сжатие и водопоглощения изделий на основе умеренно пластичного низкодисперсного глинистого сырья, характерного для ряда месторождений РТ, в зависимости от суммарного содержания оксидов алюминия и титана, фракции <0,001 мм, пластичности и температуры обжига. Все модели построены для условий: способ производства – пластическое формование с вакуумированием при разряжении до 700 мм рт.ст.; предварительный помол глины на бегунах, вальцах и в глиномешалке различных типов. Не учитываемые моделями технологические параметры лежат в следующих пределах: продолжительность сушки в камерах – 48-77 часов; характеристики теплоносителя на входе: температура – 29-54 °С, влажность – 19-27 %, влагосодержание – 10-15 г/кг; характеристики теплоносителя на выходе: температура – 21-31 °С, влажность – 92-96 %, влагосодержание – 15,5-27 г/кг; режим обжига: подъём до 100 °С – 4-5 часов, от 100 до 680 °С – 11-18 часов, от 680 до 950 °С – 6-7 часов, от 950 до 1000/1050/1100°С – 1-2 часа, выдержка – 1-4 часа, постепенное охлаждение до 50/60 °С – 12-24 часа.

Для умереннопластичного низкодисперсного сырья Кукморского, Елабужского, Лукошкинского, Южно-Чистопольского, Шармалинского, Старо-Гришкинского, Кукчинского, Ключищинского месторождений от выбранных параметров моделирования получены модели прочности:

$$Y_1 [\text{кг/см}^2] = -910,993 + 10,339X_{13} + 57,674X_{16} + 0,269X_{29} - 4,595X_{13}X_{16} \quad (1)$$

и водопоглощения:

$$Y_4 [\text{процент по массе}] = -26,292 + 3,333X_2 + 2,814X_{13} - 0,39X_{16} + 0,026X_{29} - 0,062X_{13}X_{16} + 0,089X_{13}X_{13} - 0,248X_2X_{13} + 0,067X_2X_{16} - 0,002X_2X_{29}, \quad (2)$$

где X_2 – процент содержания по массе ($\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{TiO}_2$); X_{13} – пластичность; X_{16} – процент фракции <0,001; X_{29} – температура обжига. Нумерация параметров сквозная, соответствующая базе данных.

Из анализа значений коэффициентов при параметрах в построенных регрессионных моделях выявлена степень влияния на конечные свойства каждого из взаимозависимых (исключая t °С обжига) рассматриваемых параметров. На прочность наибольшее влияние по мере убывания оказывают – содержание глинистой фракции <0,001 мм, пластичность, а на водопоглощение – содержание ($\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{TiO}_2$), пластичность. На рис. 1-2 представлены поверхности, описываемые построенными моделями.

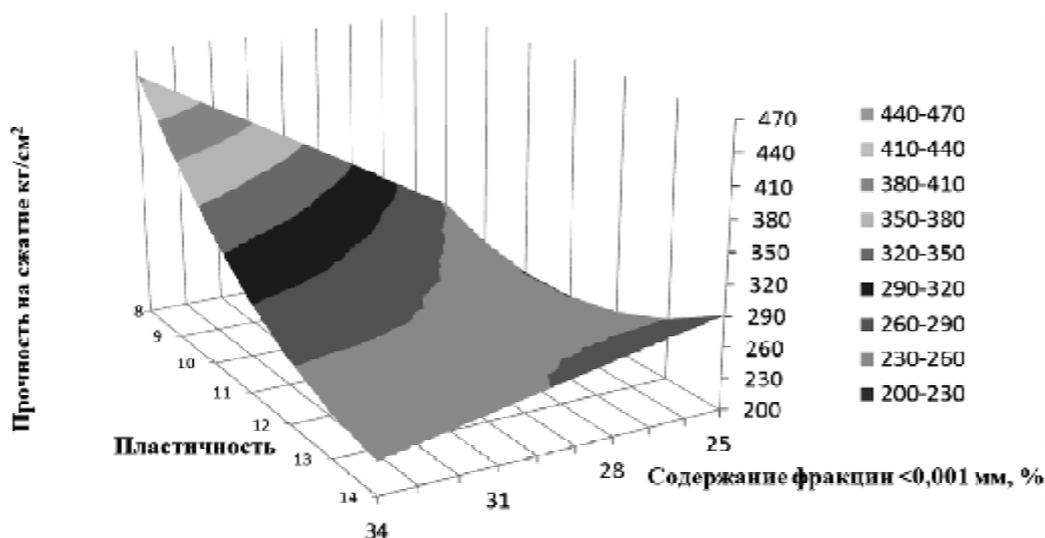


Рис. 1. Влияние содержания глинистой фракции и пластичности на прочность изделий на основе умеренно-пластичного низкодисперсного сырья (иллюстрация авторов)

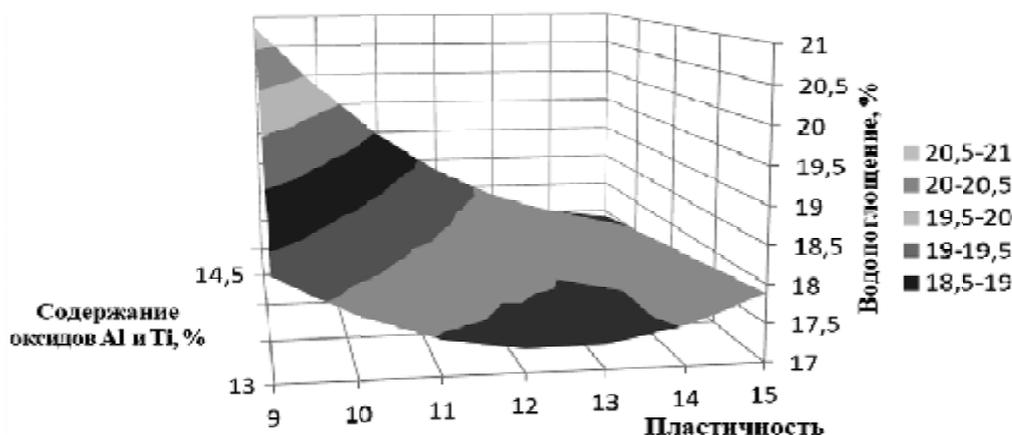


Рис. 2. Влияние содержания ($\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{TiO}_2$) и пластичности на водопоглощение изделий на основе умеренно-пластичного низкодисперсного сырья (иллюстрация авторов)

В качестве осей координат взяты параметры, оказывающие наибольшее влияние на моделируемое свойство. За константы приняты: на рис. 1 – содержание ($\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{TiO}_2$) – 14 %, на рис. 2 содержание фракции $<0,001$ мм – 29 %, температура обжига 900 °С для обеих диаграмм.

Измерения произведены с доверительной вероятностью или надежностью P -серии измерений. Вероятность попадания истинного значения измеряемой величины в данный интервал выражена в долях единицы. Интервал, в который попадает истинное значение контрольной величины с заданной доверительной вероятностью $P(\Delta x)$, называют доверительным интервалом или интервалом надежности – Δx .

Чем больше доверительный интервал, тем больше доверительная вероятность того, что результат измерения попадет в него. Величина доверительного интервала рассчитана методами теории вероятностей и математической статистики и определена выбором вида функции распределения случайных величин $f(\Delta x)$.

Перед измерениями, предварительно определены пределы точности данных приборов (инструментальные погрешности). Равноточные измерения исходных параметров и моделируемых функций произведены три раза и занесены в таблицу, с учетом инструментальной погрешности.

В рамках рассматриваемой задачи полученная погрешность измерения, как исходных параметров, так и эксплуатационных показателей (прочности на сжатие и водопоглощения), значительно меньше инструментальной. Соответственно, доверительная вероятность в результатах не указывается.

Найдено среднее значение, оценено среднеквадратичное отклонение. По заданному значению надежности и числу измерений, найдена случайная составляющую погрешности. Полная погрешность вычислена как корень квадратный из суммы квадратов случайной и инструментальной составляющих.

На основании произведенного контроля можно сделать вывод об адекватности построенных регрессионных моделей.

С точки зрения характера изменения прочностных характеристик от рассматриваемых параметров сырья, наиболее интересен факт «седловидного» падения прочности. Анализ диаграммы позволяет идентифицировать факт возврата к относительно высоким прочностным характеристикам с ростом содержания фракции $<0,001$ мм. Данное обстоятельство позволяет предположить, а впоследствии экспериментально подтвердить возможность использования методов механоактивации глинистого сырья с высокой пластичностью с целью возврата прочностных характеристик глинистых смесей в расчетные первоначально высокие значения.

Последующий анализ возможных физико-химических причин закономерности, выявленной в процессе моделирования, позволяет предположить, что наблюдаемое восстановление прочностных показателей при прочих равных условиях, является следствием увеличения удельной поверхности спекаемых минеральных частиц. Объем образования стеклофазы для выбранных глин при температуре обжига стеновой

керамики, обеспечивает связывание увеличенного количества частиц при сохранении скелета массива. Для подтверждения выдвинутого предположения необходимо проведение исследования микроструктуры керамического черепка выделенных составов.

Параллельно с рассматриваемой задачей рассматривалось влияние выгорающего отощителя глинистого сырья на прочностные характеристики и технологические параметры. На рис. 3 приведены отрицательные результаты введения избыточного количества отощителя.

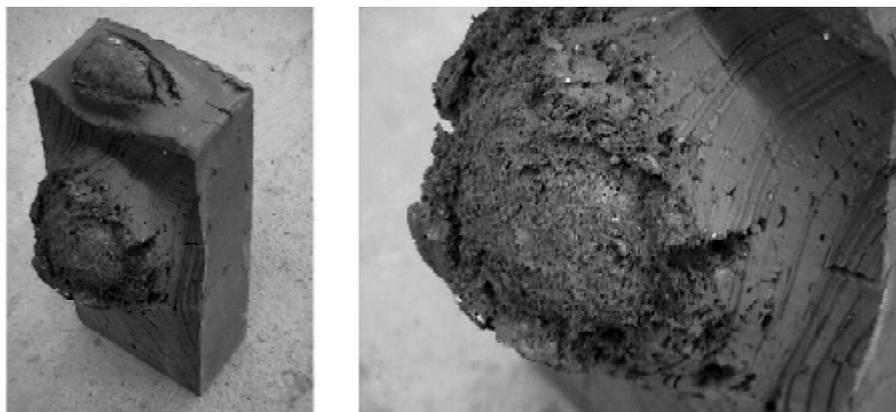


Рис. 3. Макросъемка характера разрушения кирпича в процессе обжига (иллюстрация авторов)

Изначально предполагаемая возможность внесения значимого объема отощающих добавок на основании эксперимента опровергнута. Таким образом, следующим шагом встает вопрос расширения регрессионной модели параметрами, отражающими процент введения выгорающего отощителя в состав шихты. Вместе с тем, поскольку технологические параметры одновременного внесения добавок в состав шихты являются в значительной степени коррелированными между собой (в силу замкнутости системы), необходим учет данного обстоятельства при поиске. Таким образом, помимо задачи расширения набора регрессионных моделей эксплуатационных параметров стеновой керамики, стоит вопрос разработки прикладного математического аппарата прогнозирования свойств материалов в зависимости от степени коррелированных между собой параметров сырьевых смесей.

Заключение

Полученные математические модели позволяют для умеренно-пластичного низкодисперсного глинистого сырья прогнозировать прочность и водопоглощение, и на основании этого оперативно без проведения объёмных лабораторных испытаний корректировать по мере возможности маркшейдерские разработки в карьере или технологический процесс производства.

Список библиографических ссылок

1. Березовский В. В., Шавнев А. А., Ломов С. Б., Курганова Ю. А. Получение и анализ структуры дисперсноупрочненных композиционных материалов системы Al-SiC с различным содержанием армирующей фазы // *Авиационные материалы и технологии*. 2014. № S6. С. 17–23.
2. Сорокин О. Ю., Солнцев С. С., Евдокимов С. А., Осин И. В. Метод гибридного искрового плазменного спекания: принцип, возможности, перспективы применения // *Авиационные материалы и технологии*. 2014. № S6. С. 11–16.
3. Гришина О. И., Шавнев А. А., Серпова В. М. Особенности влияния структурных параметров на механические характеристики металлического композиционного материала на основе алюминиевых сплавов, упрочненных частицами карбида кремния (обзор) // *Авиационные материалы и технологии*. 2014. № S6. С. 24–27.

4. Курбаткина Е. И., Косолапов Д. В., Ходькин Л. Г., Нигметов М. С. Исследование влияния добавки кремния на фазовый состав алюминиевых композиционных материалов, армированных частицами карбида кремния // *Авиационные материалы и технологии*. 2014. № S6. С. 35–38.
5. Нариков К. А., Жанторе А. У. Исследование свойств стеновой керамики с использованием механоактивированной композиционной добавки // *Молодой ученый*. 2015. № 20. С. 49–51.
6. Бондарюк А. Г. Стеновые керамические изделия на основе опок Баканского месторождения (Краснодарский край) // *Строительные материалы*. 2009. № 4. С. 5–7.
7. Каблов Е. Н. Инновационные разработки ФГУП «ВИАМ» ГНЦ РФ по реализации «Стратегических направлений развития материалов и технологий их переработки на период до 2030 года» // *Авиационные материалы и технологии*. 2015. № 1 (34). С. 3–33.
8. Fides M., Kovalcikova A., Hvizdos P. Mechanical and tribological properties of electrically conductive SiC based cermets // *International Journal of Refractory Metals and Hard Materials*. 2017. № 65. P. 76–82.
9. Gupta S., Sharma S. K., Kumar B. V. M., Kim Y.-W. Tribological characteristics of SiC ceramics sintered with a small amount of yttria // *Ceramics International*. 2015. № 41. P. 14780–14789.
10. Kim Y.-W., Cho T. Y., Kim K. J. Effect of grain growth on electrical properties of silicon carbide ceramics sintered with gadolinia and yttria // *Journal of the European Ceramic Society*. 2015. № 35. P. 4137–4142
11. Ермилова Е. Ю., Рахимов Р. З. Рентгенофазовый анализ образцов термоактивированных смесей на основе минерального сырья Республики Татарстан // *Вестник Казанского технологического университета*. 2018. № 10. С. 11–15.

Smirnov Denis Sergeevich

candidate of technical sciences, associate professor

E-mail: denis27111974@yandex.ru

Garaev Timur Raisovich

senior lecturer

E-mail: svist@list.ru

Kazan State University of Architecture and Engineering

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

Garipova Dilyara Ruslanovna

3rd category engineer

E-mail: garipovadilyara@gmail.com

LLC «IK «Spektr»

The organization address: 420061, Russia, Kazan, Kosmonavt st., 44

Modelling the properties of wall ceramics by regression analysis**Abstract**

Problem statement. The research data is to obtain mathematical models with a high degree of compression and water absorption of wall ceramic products, depending on the total content of aluminium oxides, titanium, fractions <0,001 mm, ductility and firing temperature for moderately ductile low-disperse clay raw materials of RT.

Results. The main results of the study consist in obtaining statistical regression models that allow predicting strength and watering absorption for moderately ductile low-dispersing clay raw materials and based on this, quickly, without carrying out volumetric laboratory tests, adjusting mine surveying developments in the quarry or the production process as far as possible.

Conclusions. The significance of the results obtained for the construction industry lies in the preparation of an applied mathematical basis that provides the opportunity to optimize the

operational characteristics of wall ceramics. The foundation has been laid for further statistical processing of data for clay deposits of the Republic of Tatarstan.

Keywords: wall ceramics, compressive strength, firing temperature, water absorption, regression analysis.

References

1. Berezovsky V. V., Shavnev A. A., Lomov S. B., Kurganova Yu. A. Obtaining and analysis of the structure of dispersion-strengthened composite materials of the Al–SiC system with different contents of the reinforcing phase // *Aviatsionnyye materialy i tekhnologii*. 2014. № S6. P. 17–23.
2. Sorokin O. Yu., Solntsev S. S., Evdokimov S. A., Osin I. V. Hybrid spark plasma sintering method: principle, capabilities, application prospects // *Aviatsionnyye materialy i tekhnologii*. 2014. № S6. P. 11–16.
3. Grishina O. I., Shavnev A. A., Serpova V. M. Features of the influence of structural parameters on the mechanical characteristics of a metal composite material based on aluminum alloys hardened by silicon carbide particles (review) // *Aviatsionnyye materialy i tekhnologii*. 2014. № S6. P. 24–27.
4. Kurbatkina E. I., Kosolapov D. V., Khodykin L. G., Nigmatov M. S. Investigation of the effect of silicon additives on the phase composition of aluminum composite materials reinforced with silicon carbide particles // *Aviatsionnyye materialy i tekhnologii*. 2014. № S6. P. 35–38.
5. Narikov K. A., Zhantore A. U. The study of the properties of wall ceramics using mechanically activated composite additives // *Molodoy uchenyy*. 2015. № 20. P. 49–51.
6. Bondaryuk A. G. Wall ceramic products based on flasks of the Bakanskoye deposit (Krasnodar region) // *Stroitel'nyye materialy*. 2009. № 4. P. 5–7.
7. Kablov E. N. Innovative developments of FSUE «VIAM» SSC RF on the implementation of «Strategic directions for the development of materials and technologies for their processing for the period until 2030» // *Aviatsionnyye materialy i tekhnologii*. 2015. № 1 (34). P. 3–33.
8. Fides M., Kovalcikova A., Hvizdos P. Mechanical and tribological properties of electrically conductive SiC based cermets // *International Journal of Refractory Metals and Hard Materials*. 2017. № 65. P. 76–82.
9. Gupta S., Sharma S. K., Kumar B. V. M., Kim Y.-W. Tribological characteristics of SiC ceramics sintered with a small amount of yttria // *Ceramics International*. 2015. № 41. P. 14780–14789.
10. Kim Y.-W., Cho T. Y., Kim K. J. Effect of grain growth on electrical properties of silicon carbide ceramics sintered with gadolinia and yttria // *Journal of the European Ceramic Society*. 2015. № 35. P. 4137–4142.
11. Ermilova E. Yu., Rakhimov R. Z. X-ray phase analysis of samples of thermally activated mixtures based on mineral raw materials of the Republic of Tatarstan // *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta*. 2018. № 10. P. 11–15.

УДК 535.33

Фурер Виктор Львович

доктор химических наук, профессор

E-mail: furer@kgasu.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

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

Коваленко Валерий Игнатьевич

доктор химических наук, профессор

E-mail: koval@iopc.ru

Институт органической и физической химии им. А.Е. Арбузова

Адрес организации: 420088, Россия, г. Казань, ул. Арбузова, д. 8

Спектроскопическое исследование комплексообразования золота с фосфорсодержащим дендримером

Аннотация

Постановка задачи. Цель работы состояла в том, чтобы путем экспериментального исследования ИК- и КР-спектров и квантово-химических расчетов изучить взаимодействие фосфорного дендримера с золотом. Требовалось объяснить почему стабильные комплексы образуются со связкой $P=N-P=S$, тогда как с изолированной связью $P=S$ этого не происходит.

Результаты. Обнаружено изменение геометрических параметров и делокализация электрического заряда под воздействием золота. Проведена классификация полос в экспериментальных колебательных спектрах дендримера и его комплекса.

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. ВЗМО молекулы дендримера локализован на связке $P=N-P=S$, тогда как НСМО расположен на концевой группе. В связке $P=N-P=S$ происходит заметная делокализация заряда, что приводит к изменению реакционной способности этой группы. Энергия взаимодействия молекул дендримера G'_0 и двух молекул $AuCl$ равна 25,2 эВ. Энергия ионизации и сродство к электрону для $AuCl$ выше, чем для дендримера, поэтому при образовании комплекса эти величины увеличиваются. Химический потенциал и индекс электрофильности в комплексе также увеличивается.

Ключевые слова: дендример, инфракрасные спектры, спектры комбинационного рассеяния света, нормальные колебания, квантовая химия.

Введение

Дендримеры представляют собой модель природных разветвленных структур [1-9]. Благодаря поэтапному синтезу, начинающемуся с ядра дендримера, и последующему увеличению числа повторяющихся звеньев и концевых функциональных групп, макромолекулы имеют строго определенную структуру [1-9].

Металлы могут быть привиты на поверхности или внутри дендримеров, полученные материалы обладают полезными свойствами и могут быть использованы в качестве катализаторов в электрохимии и фотофизике [2, 3]. Особый интерес представляют металлодендримеры на основе комплексов с золотом [2, 3]. Изучена природа взаимодействия ПАМAM-дендримеров с кластерами золота [3]. Однако в целом комплексы дендримеров с золотом изучены недостаточно. Золото может быть введено в ядро или на поверхность фосфорсодержащих дендримеров [2]. Дендримеры, содержащие тысячи атомов золота, были получены и исследованы с помощью электронной микроскопии [1].

Дендроны являются дендримерами с единственной функциональной группой на уровне ядра и могут использоваться для синтеза каскадных структур наиболее причудливой архитектуры [5]. Особый интерес представляют дендроны, содержащие группу $P=N-P=S$, которая наряду с собственной реакционной способностью повышает реакционную способность соседних функциональных групп. Колебательные спектры

фосфорсодержащих дендримеров изучались авторами ранее. Интерпретация спектров проводилась с использованием методов теории функционала плотности (ТФП).

В данной работе целью авторов было изучение комплексов фосфорсодержащего дендримера нулевого поколения, имеющего связку P=N-P=S на уровне ядра и 4 оксибензальдегидные группы на поверхности с золотом. Для решения задачи получены экспериментальные ИК- и КР-спектры и проведены расчеты методом ТФП. Комплексообразование с золотом происходит только по связям P=S в связке P=N-P=S, другие группы P=S в классических дендримерах не способны образовывать комплексы с золотом [1].

Авторы попытались проследить, как изменяется структура дендримера и его колебательные спектры, когда образуется комплекс с золотом. Сравнение энергий комплекса и дендримера позволяет оценить его прочность. Рассчитанные величины длин связей и валентных углов дендримера и его комплекса с золотом сравнивались с экспериментальными данными, полученными рентгеновским методом [2]. Поэтому основная цель данной работы состояла в том, чтобы объяснить наблюдаемые изменения геометрии и электронной структуры дендримера при образовании комплекса с золотом и установить его спектральные характеристики. Это позволяет определять активные центры в молекулах дендримеров для нуклеофильных и электрофильных атак. Расчет зарядов на атомах дендримеров позволяет оценить степень их делокализации при комплексообразовании и установить места, способные притягивать ионы или атомы металлов.

Методика регистрации колебательных спектров дендримера

Разработана методика получения дендримера G_0 и его комплекса с золотом (рис. 1) [2].

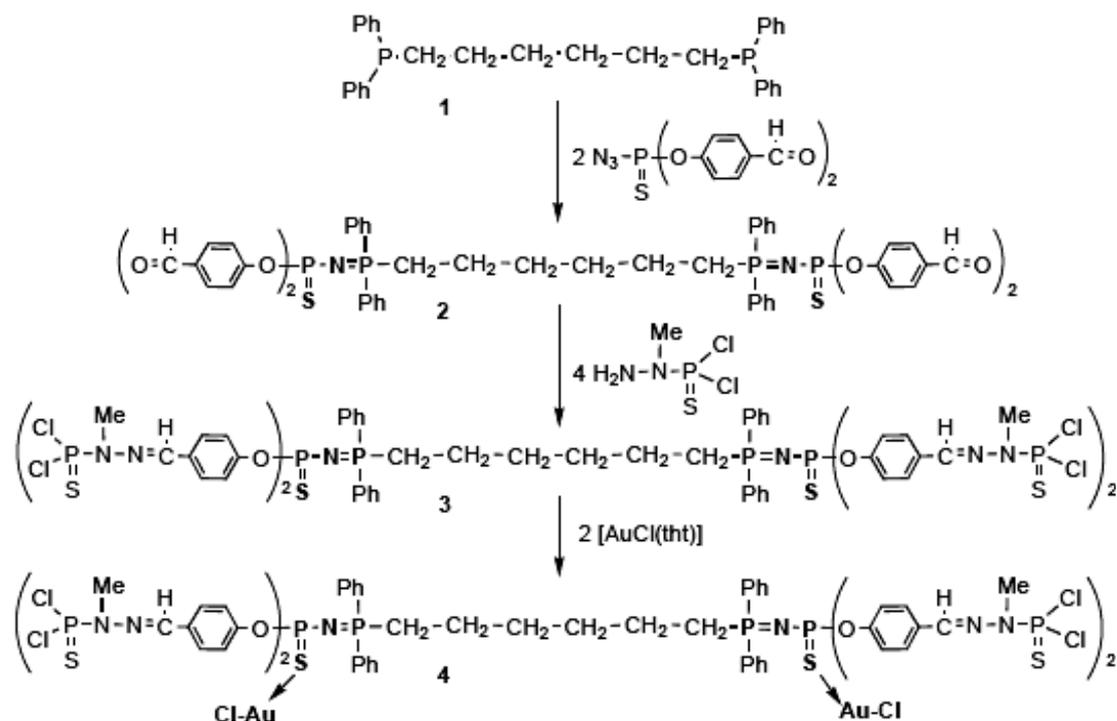


Рис. 1. Синтез дендримера G_0 (2) и двухъядерного комплекса дендримера с золотом G'_0 (4) (иллюстрация авторов)

Молекула G_0 включает ядро $>\text{P}(\text{S})-\text{N}(\text{C}_6\text{H}_5)_2\text{P}-(\text{CH}_2)_6-\text{P}(\text{C}_6\text{H}_5)_2-\text{N}-\text{P}(\text{S})<$ и 4-оксибензальдегидные $-\text{O}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{CH}=\text{O}$ терминальные группы. Двухъядерный комплекс с золотом G'_0 получали реакцией с $[\text{AuCl}(\text{tht})]$ в растворе дихлорметана. Комплекс представлял собой белый порошок.

Инфракрасные спектры получали с помощью спектрометра Bruker Vector-22 путем накопления 64 сканов в интервале $4000-400 \text{ см}^{-1}$ с разрешением 4 см^{-1} . Образцы прессовали в таблетки KBr.

Спектры комбинационного рассеяния дендримера регистрировали в области 3500-150 см⁻¹ с помощью ИК-спектрометра VERTEX 70 и модуля RAM II Bruker FT-Raman. Линия возбуждения при 1064 нм, генерируемая Nd: YAG-лазером с мощностью на образце 50 мВт, использовалась для максимального подавления флуоресценции в образце дендримера.

Расчеты колебательных спектров дендримера G_0 и его комплекса G'_0 проводились с функционалом PBE и штутгартским базисом. Расчеты проводились по программе ПРИРОДА. Для нахождения минимумов на потенциальной поверхности использовались стандартные методы оптимизации. Стационарные точки были охарактеризованы как минимумы путем расчета гессиана. Электронные энергии были скорректированы с учетом нулевой колебательной энергии.

Теоретические структурные и спектральные данные были получены для наиболее выгодного конформера при 298 К, 1 атм. Распределение потенциальной энергии (РПЭ) рассчитывалось для полос в колебательных спектрах с помощью программного обеспечения ШРИНК.

Анализ структуры дендримера

В молекуле дендримера тиофосфорильные группы связаны углеводородными цепями, где связи СС могут находиться в транс- и гош-положении. На первом этапе десять конформеров были получены методом молекулярной механики с силовым полем Дрейдинга. Затем с помощью полуэмпирического метода РМ6 было рассчитано восемь конформеров. Геометрия этих конформеров была оптимизирована методом ТФП, а энергия полученной структуры представлена в табл. 1.

Таблица 1

**Относительные свободные энергии Гиббса ΔG (кДж·моль⁻¹),
весовые факторы Больцмана P_i (%),
энергия взаимодействия дендримера с золотом E_{int} (ккал·моль⁻¹),
и двугранные углы (°) конформеров G'_0 с низкой энергией**

	Конформация				
	A	B	C	D	E
ΔG	0,0	1,759	3,263	10,941	17,120
p	56	28	19	1	0
$E_{вз}$	98,3	96,0	93,5	98,6	97,0
S(3)–P(5)–O(6)–C(14)	163,4	-157,1	-168,1	-176,1	177,9
S(3)–P(5)–O(7)–C(21)	-70,7	-71,9	106,5	78,3	86,1
S(3)–P(5)–N(8)–P(4)	-32,0	-45,7	41,6	163,6	154,7
P(4)–C(11)–C(12)–C(13)	-176,4	174,3	-150,0	-154,3	-164,7
C(11)–C(12)–C(13)–C(76)	-179,9	-172,7	-170,5	-49,4	-170,5
C(12)–C(13)–C(76)–C(75)	-180,0	-180,0	-161,7	-171,1	-173,1
C(13)–C(76)–C(75)–C(74)	179,8	-57,8	-60,5	-172,1	-50,8
C(76)–C(75)–C(74)–P(67)	176,5	-154,7	-118,5	-162,5	-153,7

Как видно из данных табл. 1, доминирует конформер А с наименьшей энергией. Его содержание в два раза выше, чем у следующего конформера В. Населенность трех конформеров А, В и С с наименьшей энергией составляет в общей сложности 99 %, поэтому ИК- и КР-спектры были рассчитаны только для этих структур. Оптимизированные структурные параметры комплекса дендримера с молекулами золота G'_0 , рассчитанные на уровне DFT/PBE с базисным набором Штутгарта для наиболее стабильного конформера, приведены на рис. 2.

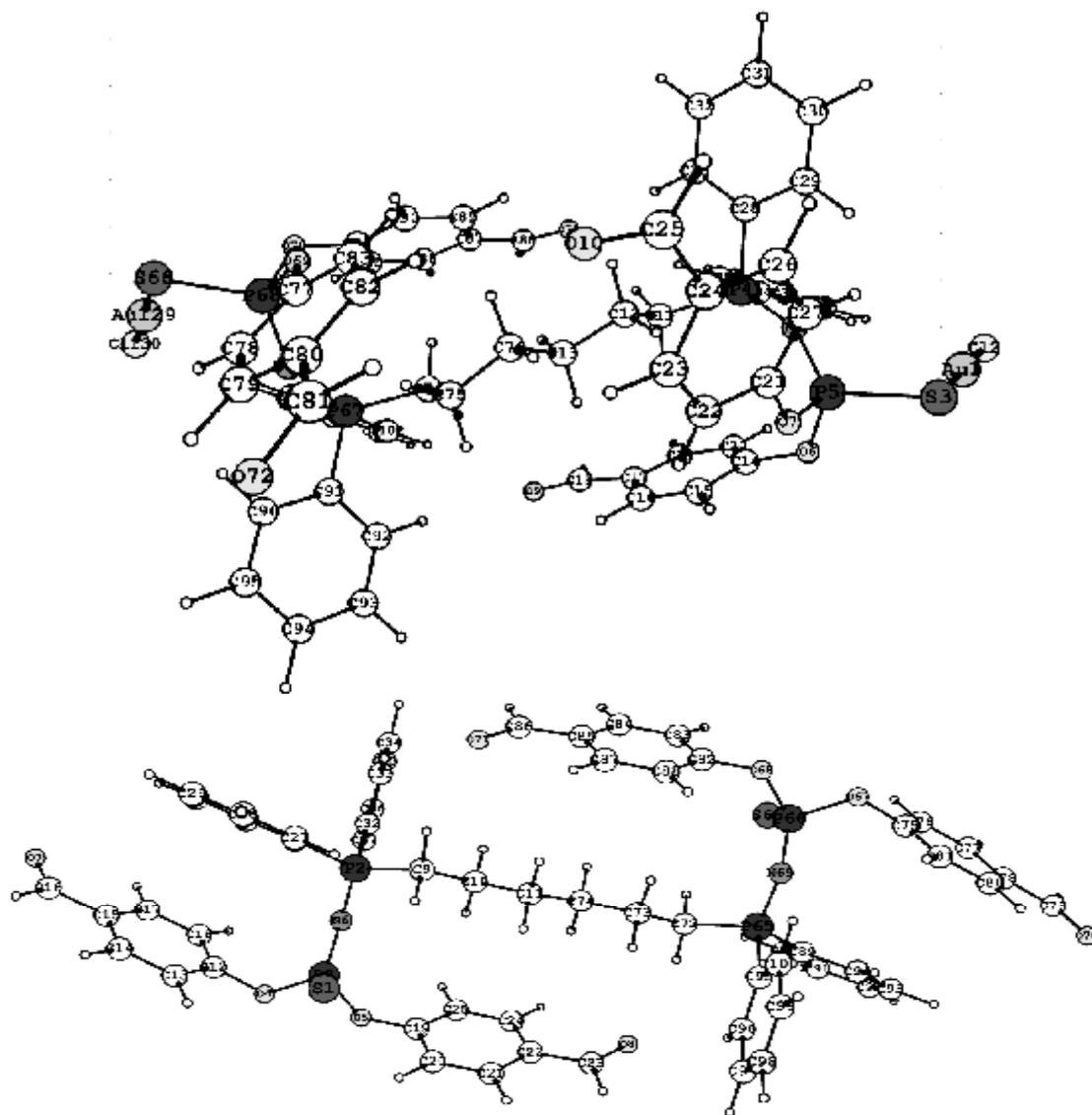


Рис. 2. Оптимизированные геометрии и нумерация атомов для конформера А дендримера G_0 и его комплекса с золотом G'_0 (иллюстрация авторов)

Как следует из наших расчетов и экспериментальных рентгеновских данных, ядро дендримера $>P-(CH_2)_6-P<$ является плоским, и все метиленовые группы находятся в транс-конформации. Оксисбензальдегидные концевые группы также плоские.

Интересно оценить, как изменяются длины связей, когда образован дендримерный комплекс с молекулами $AuCl$. В изолированных молекулах рассчитаны длины связей (Å) 1,967 (P(3)–S(1)) и 2,271 (Au(1)–Cl(2)), а в комплексе длина этих связей увеличивается до 2,042 и 2,363 соответственно. Расстояние между молекулами в комплексе составляет 2,336 Å. Теоретические углы связи (°) 174,5 (Cl(2)–Au(1)–S(3)) и 102,7 (Au(1)–S(3)–P(5)) характеризуют геометрию комплекса. Удовлетворительное согласие наблюдается между расчетными геометрическими параметрами дендримерного комплекса и экспериментами [5].

Связка S=P–N=P занимает особое место в химии фосфорсодержащих дендримеров из-за своей высокой реакционной способности и способности образовывать комплексы [5-7]. Связи P(4)–N(8) и P(5)–N(8) короче, чем одинарные связи P–N. Эта тенденция воспроизводится нашими расчетами, хотя теоретические длины связей выше, чем экспериментальные значения.

В молекуле дендримера G_0 экспериментальная длина связи P=S фрагмента S=P–N=P равна 2,007 Å, что больше, чем значение 1,887 Å для изолированной связи P=S [5]. Энергия взаимодействия дендримера с двумя атомами золота оценивается в 98,3 ккал·моль⁻¹ и лишь

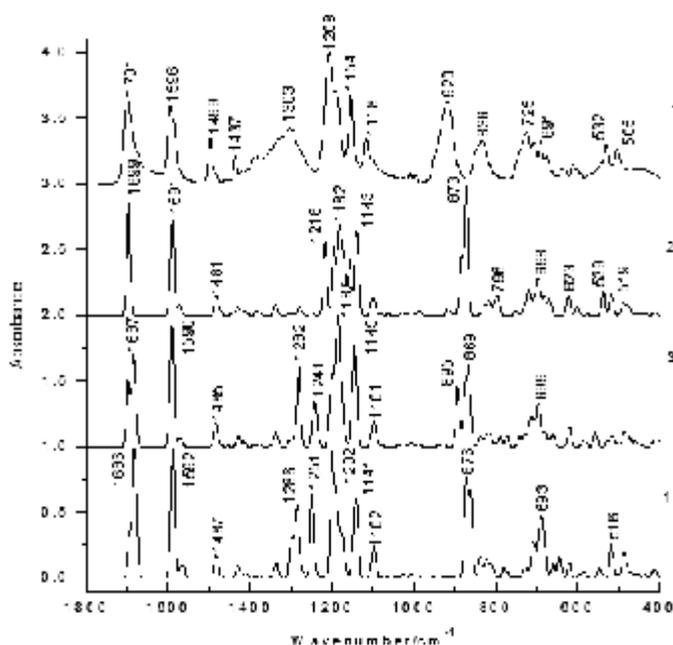


Рис. 4. Теоретические ИК-спектры конформера А (2), конформера В (3), конформера С (4) и экспериментальный (1) ИК-спектр комплекса дендримера с золотом G_1 (иллюстрация авторов)

Отнесение полос в колебательных спектрах дендримерного комплекса с золотом осуществлялось путем расчета распределения потенциальной энергии с квантово-химическими силовыми постоянными (рис. 3-4). Экспериментальные и рассчитанные ИК- и КР-спектры G'_0 были рассчитаны для трех конформеров с наименьшей энергией.

Сильная полоса при 1701 см^{-1} в экспериментальном ИК-спектре и линия средней интенсивности при 1703 см^{-1} в экспериментальном спектре комбинационного рассеяния G_0 были отнесены к $\text{C}=\text{O}$ валентным колебаниям концевой группы бензальдегида. Эти полосы очень мало изменяются при образовании комплекса, и, следовательно, электронная структура и реакционная способность концевых бензальдегидных групп остаются неизменными.

Полосы при 1596 и 1499 см^{-1} в экспериментальном ИК-спектре и линия при 1598 см^{-1} в экспериментальном спектре комбинационного рассеяния G'_0 обусловлены валентными C_{ar} колебаниями и изгибом C_{SH} ароматических колец.

Слабые полосы при 1460 , 1437 см^{-1} в экспериментальном ИК-спектре и слабые линии при 1474 , 1440 см^{-1} в экспериментальном спектре КР G'_0 связаны с деформационными колебаниями C_{SH} .

Слабые полосы при 1419 , 1388 см^{-1} в экспериментальном ИК-спектре и линия при 1394 см^{-1} в экспериментальном спектре КР G'_0 обусловлены деформационными колебаниями C_{SH} ароматических колец.

Слабая полоса при 1303 см^{-1} в экспериментальном ИК-спектре и слабая линия при 1304 см^{-1} в спектре КР G'_0 относятся к деформационным колебаниям C_{SH} .

Комплексные полосы при 1208 , 1192 , 1154 см^{-1} в экспериментальном ИК-спектре и линии при 1210 , 1190 , 1159 см^{-1} в экспериментальном спектре КР света G'_0 относятся к $\text{C}-\text{O}$, $\text{C}-\text{C}$ и $\text{P}-\text{N}$ валентным колебаниям. Слабая полоса при 1118 см^{-1} в экспериментальном ИК-спектре и линия при 1119 см^{-1} в экспериментальном спектре КР G'_0 были отнесены к деформационным колебаниям C_{SH} ароматических колец.

Полосы при 1027 , 1013 см^{-1} в экспериментальном ИК-спектре и линии при 1087 , 1030 см^{-1} в экспериментальном спектре КР G'_0 соответствуют колебаниям C_{ar} -растяжения, C_{SS} и C_{SH} деформации.

Полосы при 998 , 951 , 890 см^{-1} в экспериментальном ИК-спектре и линии при 1000 , 946 см^{-1} в экспериментальном спектре КР G'_0 вызваны внеплоскостными и плоскими деформационными колебаниями связей C_{H} .

Полосы средней интенсивности при 920 , 848 , 836 , 787 см^{-1} в экспериментальном ИК-спектре и слабые линии при 852 , 795 см^{-1} в экспериментальном спектре КР G'_0

относятся к валентным колебаниям PO, PN и CO. Полосы средней интенсивности при 741, 725, 709, 691 см^{-1} в экспериментальном ИК-спектре и слабые линии при 734, 728, 682 см^{-1} в экспериментальном спектре КР G'_0 соответствуют деформационным внеплоским колебаниям связей СН.

Полоса при 576 см^{-1} в экспериментальном ИК-спектре и линия при 564 см^{-1} в экспериментальном спектре КР света G'_0 обусловлены $\nu(\text{P}=\text{S})$. Эта полоса смещена к более низким частотам относительно ее положения в дендримерах с изолированной связью P=S.

Слабые полосы при 631, 613, 505 и 473 см^{-1} в экспериментальном ИК-спектре и линии при 663, 642, 618, 453 см^{-1} в экспериментальном спектре КР G'_0 вызваны ССС, ССН и РОС деформационными колебаниями.

Важно выяснить, какие изменения происходят в ИК- и КР-спектрах дендримера при образовании комплекса с золотом. Из-за высокой флуоресценции золота спектр комбинационного рассеяния имеет достаточно высокий фон. ИК- и КР-спектры дендримера и комплекса очень похожи. При формировании комплекса с золотом частоты большинства полос не меняются, их интенсивность увеличивается. Полосы в 890, 846 и 576 см^{-1} в ИК-спектре дендримера сдвигаются к частотам в 920, 836 и 613 см^{-1} в ИК-спектре комплекса. В спектре комбинационного рассеяния комплекса при 281 см^{-1} наблюдается дополнительная линия, вызванная валентными колебаниями связи Au-Cl.

Важно выяснить, какие изменения происходят в ИК- и КР-спектрах дендримера при образовании комплекса с золотом. Из-за высокой флуоресценции золота спектр комбинационного рассеяния имеет достаточно высокий фон. ИК- и КР-спектры дендримера и комплекса очень похожи. При формировании комплекса с золотом частоты большинства полос не меняются, их интенсивность увеличивается. Полосы в 890, 846 и 576 см^{-1} в ИК-спектре дендримера сдвигаются к частотам в 920, 836 и 613 см^{-1} в ИК-спектре комплекса. В спектре комбинационного рассеяния комплекса при 281 см^{-1} наблюдается дополнительная линия, вызванная валентными колебаниями связи Au-Cl.

Теоретические спектры согласуются с экспериментальными ИК и спектрами комбинационного рассеяния дендримерного комплекса с золотом в широком диапазоне частот.

Таким образом, метод ФП может использоваться для интерпретации спектров дендримеров.

Структура молекулы определяет химические свойства дендримеров. Вот почему было интересно выяснить изменения в ИК и спектрах комбинационного рассеяния для А, В и С-конформеров по сравнению с экспериментальными спектрами G'_0 (рис. 4-5).

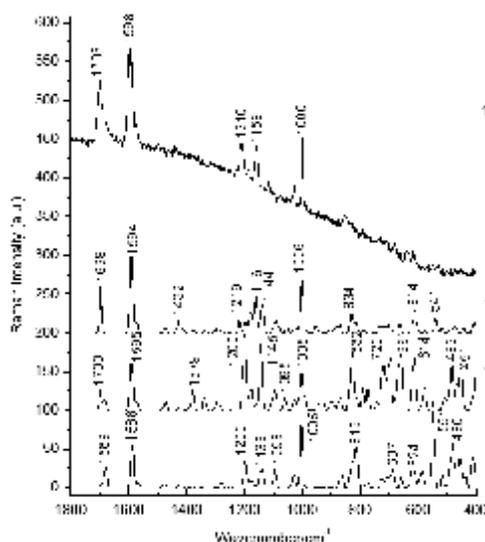


Рис. 5. Теоретические КР-спектры конформера А (2), конформера В (3), конформера С (4) и экспериментальный (1) ИК-спектр комплекса дендримера с золотом G'_1 (иллюстрация авторов)

Полосы, характерные для каждой конформации, определены и отнесены. Рассчитанные положения полос А-, В- и С-конформеров очень близки друг к другу и могут проявлять себя как конформационное расщепление в экспериментальных ИК и КР

спектрах. Интенсивность полосы при 1218 см^{-1} , обусловленная А-конформером, увеличивается по сравнению с В- и С-конформерами. Поведение в области растяжения РО при 920 см^{-1} также показывает изменение интенсивности полос из-за вращательной изомерии. Теоретические спектры А-конформера лучше воспроизводит экспериментальные ИК и спектры комбинационного рассеяния.

Заключение

Комплекс фосфорного дендримера с золотом был изучен методами колебательной и спектроскопии и квантовой химии. Были определены полосы, принадлежащие разным фрагментам дендримера.

ВЗМО молекулы дендримера локализована на звене $S=P-N=P$, тогда как НСМО расположена на концевой группе. В связке $S=P-N=P$ происходит заметная делокализация заряда, что приводит к изменению реакционной способности этой группы. Реакционная способность дендримера и его комплекса с золотом была охарактеризована с использованием дескрипторов. Энергия ионизации и сродство к электрону для $AuCl$ выше, чем для дендримера, поэтому при образовании комплекса эти величины увеличиваются. Химический потенциал и индекс электрофильности в комплексе также увеличивается.

Список библиографических ссылок

1. Chen L., Mignani S., Caminade A. M., Majoral J. P. Metal-based phosphorus dendrimers as novel nanotherapeutic strategies to tackle cancers: a concise overview // Wiley Interdisciplinary Reviews: Nanomedicine and Nanobiotechnology. 2019. V. 11. P. 1–12.
2. Larre C., Donnadiu B., Caminade A. M., Majoral J. P. Regioselective gold complexation within the cascade structure of phosphorus-containing dendrimers // Chem. Eur. J. 1998. V. 4. P. 2031–2036.
3. Camarada M. B. PAMAM dendrimers as support for the synthesis of gold nanoparticles: understanding effect of the terminal groups // J. Phys. Chem. A. V. 2017. V. 121. P. 8124–8135.
4. Fruchon S., Bellard E., Beton N., Gousart C., Oukhrib A., Caminade A. M., Blanzat M., Turrin C. O., Golzio M., Poupot R. Biodistribution and biosafety of a poly(phosphorhydrazone)dendrimer // Biomolecules. 2019. V. 9. P. 1–22.
5. Caminade A. M., Laurent R. Homogeneous catalysis with phosphorus dendrimer complexes // Coordination Chemistry Reviews. 2019. V. 389. P. 59–72.
6. Majoral J. P., Caminade A. M. Phosphorhydrazones as useful building blocks for special architectures: macrocycles and dendrimers // Eur. J. Inorg. Chem. 2019. V. 2019. P. 1457–1475.
7. Abdrakhmanova L. A., Stroganov V. F. Modification of polyvinylchloride compositions by polymerizable epoxy oligomers // Polymer Science D. 2019. V. 12. P. 121–123.
8. Caminade A. M., Majoral J. P. Phosphorus dendrimers functionalised with nitrogen ligands, for catalysis and biology // Dalton Trans. 2019. V. 48. P. 7483–7493.
9. Caminade A. M., Beraa A., Laurent R., Delavaux-Nicot B., Hajjaji M. Dendrimer and hyper-branched polymers interacting with clays: fruitful associations for functional materials // J. Material Chem. A. 2019. V. 7. P. 19634–19650.

Furer Victor Lvovich

doctor of chemical sciences, professor

E-mail: furer@kgasu.ru

Kazan State University of Architecture and Engineering

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

Kovalenko Valery Ignatievich

doctor of chemical sciences, professor

E-mail: koval@iopc.ru

A.E. Arbuzov Institute of Organic and Physical Chemistry, RAS

The organization address: 420088, Russia, Kazan, Arbuzov st., 8

Spectroscopic study of the complexation of gold with a phosphorus-containing dendrimer

Abstract

Problem statement. This article discusses the interaction of phosphorus dendrimer with gold by experimental research on IR and Raman spectra and quantum-chemical calculations. It was necessary to explain why stable complexes are formed with the P=N–P=S link, whereas this does not occur with the isolated P=S bond.

Results. A change in the geometrical parameters and a delocalization of the electric charge under the influence of gold have been detected. The bands in the experimental vibrational spectra of the dendrimer and its complex are classified.

Conclusions. The significance of the results obtained for the construction industry lies in the fact that new nanomaterials that can be used to create paints and varnishes, electrically conductive nano-paints, heat-insulating materials, and nano-concrete are obtained and investigated. The HOMO of the dendrimer molecule is located on the P=N–P=S link, while the LUMO is located on the terminal group. Substantial delocalization of the charge occurs in the P=N–P=S link, which results in a change in the reactivity of this group. The interaction energy and electron affinity for AuCl are higher than for the dendrimer. Therefore, with the formation of the complex, these values increase. The chemical potential and the electrophilicity index in the complex also increase.

Keywords: dendrimer, infrared spectra, Raman spectra, normal vibrations, quantum chemistry.

References

1. Chen L., Mignani S., Caminade A. M., Majoral J. P. Metal-based phosphorus dendrimers as novel nanotherapeutic strategies to tackle cancers: a concise overview // Wiley Interdisciplinary Reviews: Nanomedicine and Nanobiotechnology. 2019. V. 11. P. 1–12.
2. Larre C., Donnadiou B., Caminade A. M., Majoral J. P. Regioselective gold complexation within the cascade structure of phosphorus-containing dendrimers // Chem. Eur. J. 1998. V. 4. P. 2031–2036.
3. Camarada M. B. PAMAM dendrimers as support for the synthesis of gold nanoparticles: understanding effect of the terminal groups // J. Phys. Chem. A. V. 2017. V. 121. P. 8124–8135.
4. Fruchon S., Bellard E., Beton N., Gousart C., Oukhrif A., Caminade A. M., Blanzat M., Turrin C. O., Golzio M., Poupot R. Biodistribution and biosafety of a poly(phosphorhydrazone) dendrimer // Biomolecules. 2019. V. 9. P. 1–22.
5. Caminade A. M., Laurent R. Homogeneous catalysis with phosphorus dendrimer complexes // Coordination Chemistry Reviews. 2019. V. 389. P. 59–72.
6. Majoral J. P., Caminade A. M. Phosphorhydrazones as useful building blocks for special architectures: macrocycles and dendrimers // Eur. J. Inorg. Chem. 2019. V. 2019. P. 1457–1475.
7. Abdrakhmanova L. A., Stroganov V. F. Modification of polyvinylchloride compositions by polymerizable epoxy oligomers // Polymer Science D. 2019. V. 12. P. 121–123.
8. Caminade A. M., Majoral J. P. Phosphorus dendrimers functionalised with nitrogen ligands, for catalysis and biology // Dalton Trans. 2019. V. 48. P. 7483–7493.
9. Caminade A. M., Beraa A., Laurent R., Delavaux-Nicot B., Hajjaji M. Dendrimer and hyper-branched polymers interacting with clays: fruitful associations for functional materials // J. Material Chem. A. 2019. V. 7. P. 19634–19650.



УДК 693.55, 699.86

Богданов Руслан Равильевич

ассистент

E-mail: bogdanov.r.r@yandex.ru

Ибрагимов Руслан Абдирашитович

кандидат технических наук, доцент

E-mail: rusmag007@yandex.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

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

Давлятшин Булат Ильнурович

инженер-проектировщик

E-mail: bulatdav@yandex.ru

ООО «Торговый дом КРАФТЦ»

Адрес организации: 420087, Россия, г. Казань, ул. Родины, д. 41

Совершенствование технологии устройства малозаглубленных энергоэффективных фундаментов

Аннотация

Постановка задачи. Анализ зарубежного опыта при устройстве фундаментов малоэтажных зданий показывает, что одними из наиболее экономичных, энергоэффективных и требующих меньших трудозатрат на устройство являются малозаглубленные теплоизолированные фундаменты. В этой связи актуально изучение особенностей технологии их устройства и утепления с учетом климатических условий нашей страны. Цель исследования – моделирование тепловых полей под подошвой фундамента для снижения как сил морозного пучения толщины утепления, так и трудоемкости устройства утеплителя.

Результаты. Моделированием и расчетом в программном комплексе «Elcut» выявлено, что отсутствие промерзания грунта под подошвой фундамента возможно при горизонтальном утеплении отмостки длиной 1000 мм и толщиной утеплителя 50 мм, при вертикальном утеплении толщиной 100 мм. При таком варианте утепления достигается уменьшение расхода горизонтальной теплоизоляции в 2 раза, а вертикальной – в 1,5 раза по сравнению с требованиями действующих стандартов. При этом происходит существенная экономия на трудозатратах устройства утепления.

Выводы. Значимость полученных результатов для строительной отрасли состоит в повышении эффективности устройства утепления малозаглубленных фундаментов при обеспечении их эксплуатационной надежности, рационального использования материалов и трудозатрат.

Ключевые слова: малозаглубленный фундамент, утепленная шведская плита, экструдированный пенополистирол, теплотехнический расчет, Elcut.

Введение

В настоящее время малозаглубленные фундаменты (МЗФ), в том числе малозаглубленные плитные фундаменты типа «утепленная шведская плита» (УШП), активно внедряются при устройстве фундаментов для малоэтажного строительства [1]. В отличие от фундаментов мелкого заложения, глубина заложения которых превышает глубину промерзания грунта в холодное время года, малозаглубленные фундаменты устраиваются в слоях сезоннопромерзающих грунтов [2]. В этой связи при устройстве малозаглубленных фундаментов сокращаются трудовые и материальные затраты, сокращаются сроки строительства [1].

Однако на территории нашей страны широко распространены пучинистые грунты, которые, при определенной влажности и отрицательных температурах, увеличиваются в объеме, что приводит к подъему слоя грунта, находящегося в пределах глины промерзания, и подъему фундамента в случае, если нагрузки от здания, действующие на него, не уравновешивают сил пучения [2, 3]. Данные процессы приводят к

неравномерным деформациям фундамента и надфундаментных конструкций здания, что отрицательно сказывается на их работе [1].

Использование заглубленных фундаментов, глубина заложения которых ниже глубины промерзания грунтов, способствует освобождению подошвы фундамента от воздействия нормальных сил пучения [4-6]. Но в то же время на развитую боковую поверхность глубоко заложённых фундаментов действуют значительные касательные силы пучения [2].

При проектировании фундаментов на основаниях, сложенных пучинистыми грунтами, следует учитывать возможность повышения влажности грунта за счет подъема уровня подземных вод, инфильтрации поверхностных вод и экранирования поверхности [2, 3, 7].

Таким образом, использование МЗФ является приоритетным направлением при устройстве фундаментов малоэтажных зданий в зоне пучинистых грунтов.

Исследования, проведенные в XX веке, показали, что для борьбы с силами морозного пучения есть несколько способов: создание подушки из непучинистых грунтов под фундаментом и вокруг него, а также утепление фундамента и грунта вокруг него [2, 8]. Конструкцию утепленного фундамента впервые в мире использовал архитектор Фрэнк Ллойд Райт в Чикаго (США) в 1930-х годах. Технологию утепленного малозаглубленного фундамента была разработана в Швеции и Норвегии. Итогом разработок стал проект Норвежского Королевского совета по научным и промышленным исследованиям «Мороз и Грунт», результаты которого начали публиковаться в 1976-1978 гг. в виде рекомендаций по технологиям малозаглубленных утепленных фундаментов для строительства частных домов [2, 5, 8].

Более раннее рассмотрение проблемы устройства МЗФ зарубежом способствовало разработке статей, рекомендаций, книг, а также нормативных документов по данной теме, в то время как в нашей стране данный вопрос недостаточно изучен. В нашей стране одним из первых нормативных документов по проектированию МЗФ был ВСН 29-85. Проектирование мелкозаглубленных фундаментов малоэтажных сельских зданий на пучинистых грунтах. Также рекомендации по расчету МЗФ содержатся в СП 22.13330.2016.

В СП 22.13330.2016 имеются следующие рекомендации по расчету малозаглубленных фундаментов на пучинистых грунтах. Следует определить величину относительной деформации (интенсивность) морозного пучения ε_{fh} – отношение абсолютной деформации морозного пучения – h_f к толщине промерзающего слоя – d_f . Допускается вычислить ее значение через параметр R_f , определяемого по формуле:

$$R_f = 0,67 \rho_d \left[0,012 (\omega - 0,1) + \frac{\omega(\omega - \omega_{cr})^2}{\omega_{sat} \omega_p \sqrt{M_0}} \right], \quad (1)$$

где ω , ω_p – влажность в пределах слоя промерзающего грунта соответственно природная и на границе раскатывания, доли единицы;

ω_{cr} – критическая влажность, доли единицы, ниже значения которой в промерзающем пучинистом грунте прекращается перераспределение влаги, вызывающей морозное пучение; определяется по графикам

ω_{sat} – полая влагоемкость грунта, доли единицы;

ρ_d – плотность сухого грунта, т/м³;

M_0 – безразмерный коэффициент, численно равный абсолютному значению средней многолетней температуры воздуха за зимний период, определяемый в соответствии с СП 131.13330.2012.

По степени пучинистости грунты подразделяют в зависимости от ε_{fh} на пять групп. Принадлежность глинистого грунта к одной из групп также может быть оценена по параметру R_f .

Помимо традиционного расчета оснований и фундаментов (п. 5 СП 22.13330.2016), необходимо выполнить расчет устойчивости фундаментов по формуле:

$$\tau_{fh} A_{fh} - F \leq \frac{\gamma_c}{\gamma_n} F_{rf}, \quad (2)$$

где τ_{fh} – значение расчетной удельной касательной силы пучения, кПа, принимаемое по 6.8.7 СП 50-101-2004;

A_{fn} – площадь боковой поверхности фундамента, находящейся в пределах расчетной глубины сезонного промерзания, m^2 ;

F – расчетная постоянная нагрузка, кН, при коэффициенте надежности по нагрузке $\gamma_f = 0,9$;

F_{rf} – расчетное значение силы, кН, удерживающей фундамент от выпучивания вследствие трения его боковой поверхности о талый грунт, лежащий ниже расчетной глубины промерзания;

γ_c – коэффициент условий работы, принимаемый равным 1,1;

γ_n – коэффициент надежности, принимаемый равным 1,1.

В СП 22.13330.2016, СП 50-101-2004 и ВСН 29-85 приведены расчеты несущей способности фундаментов на пучинистых грунтах. Также в них даются рекомендации по противопучинным мероприятиям. Одним из методов по устранению эффектов от морозного пучения оснований фундаментов является устройство горизонтальной и вертикальной теплоизоляции, чтобы грунт под фундаментом не промерзал и имел положительную температуру.

Основная идея малозаглубленных фундаментов заключается в изолировании бетонной плиты основания от грунта с помощью утеплителя, в качестве которого применяется экструдированный пенополистирол [8]. Слой утеплителя выполняет одновременно три задачи:

- теплоизоляция плиты фундамента;
- распределение нагрузки на грунт;
- амортизация морозного пучения грунта.

В своих расчетах М.Б. Кассахун [8] подтвердил влияние устройства теплоизоляции фундамента и отмостки здания на глубину промерзания грунта. На рис. 1. представлен график зависимости относительной глубины промерзания грунта основания от толщины слоя пенополистирола:

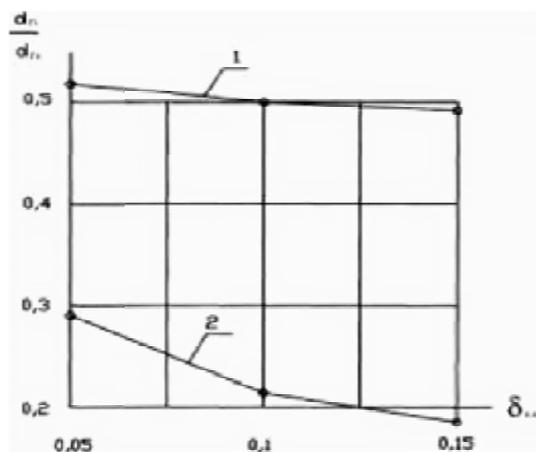


Рис. 1. График зависимости относительной глубины промерзания грунта основания отапливаемого здания от толщины слоя пенополистирола при ширине отмостки: 1 – 0,5 м; 2 – 1,0 м [8]

Анализ полученных данных свидетельствует о существенном влиянии утепления грунта на глубину его промерзания, увеличивающегося по мере роста толщины и ширины слоя утеплителя [8].

В статье В.В. Веселова и В.А. Белякова [9] представлен вариант теплового расчета промерзания-оттаивания грунтов с помощью компьютерных программ.

Одной из востребованных программ для теплового расчета является Elcut [8-9]. Elcut – это программный комплекс для инженерного моделирования физических полей методом конечных элементов [10, 11]. Модуль теплопередачи может быть использован для проектирования и анализа теплового состояния различных систем. Можно вычислять как установившееся распределение температуры, так и изучать процессы нагрева и охлаждения: нелинейные или анизотропные свойства; распределенные, линейные и точечные источники тепла; источники тепла в зависимости от температуры и времени;

задание температур и потоков тепла на границах; граничные условия с теплоотводом конвекцией или излучением [12, 13].

В настоящее время одним из немногих нормативных документов, в котором содержатся рекомендации по теплоизоляции малозаглубленных фундаментов для снижения сил морозного пучения, является СТО 36554501-012-2008 «Применение теплоизоляции из плит полистирольных вспененных экструзионных ПЕНОПЛЭКС при проектировании и устройстве малозаглубленных фундаментов на пучинистых грунтах». Однако рекомендации, представленные в данном СТО, выглядят избыточными в плане расхода утеплителей, что неудивительно, так как ПЕНОПЛЭКС является производителем ЭППС. В связи с этим возникает необходимость выполнения расчетов температурных полей с целью определения оптимальных вариантов утепления малозаглубленных фундаментов при обеспечении их эксплуатационной надежности и рационального использования требуемых материалов.

Методы, материалы и оборудование, применяемые в исследовании

Определение оптимальной толщины утепления малозаглубленного фундамента выполнено путем расчета температурных полей методом конечных элементов в программном комплексе Elcut. В модели использовались следующие параметры: температура окружающей среды (средняя) -15 градусов Цельсия; температура воздуха в помещении 20 градусов Цельсия; теплопроводность использованных материалов (бетон, ЭППС, песок в естественной влажности, грунт) принята по СП 50.13330.2012.

Для проведения экспериментальных исследований были выбраны типовые узлы МЗЛФ и УШП, которые представлены на рис. 2.

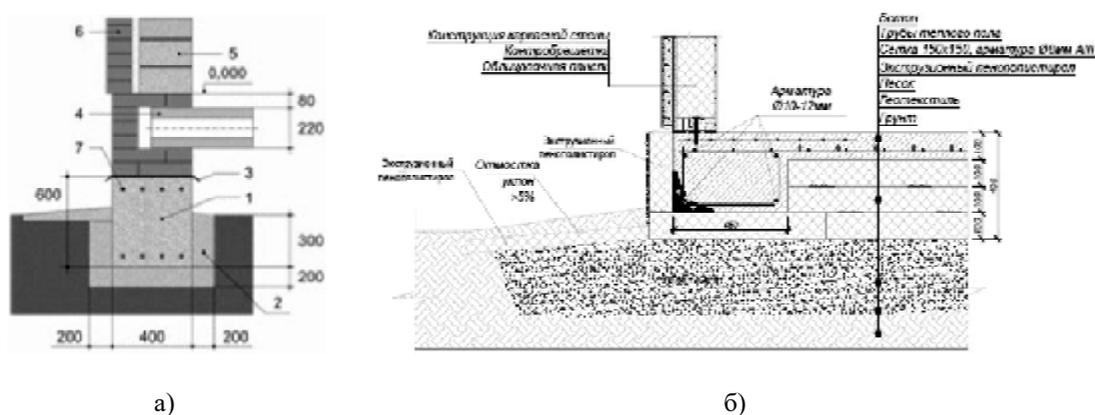


Рис. 2. Типовые узлы МЗЛФ и УШП: а) МЗЛФ; б) УШП [2]

Результаты исследования

С целью оптимизации узла МЗЛФ необходимо определить требуемые характеристики теплоизоляции (толщина, расположение, длина), которая будет обеспечивать положительную температуру грунта основания под конструкцией фундамента для недопущения увеличения объема пучинистого грунта в зимний период.

Для проведения расчетов МЗЛФ были выделены 4 варианта конструирования узла теплоизоляции данного типа фундамента:

1. только вертикальное утепление (без утепления отмотки) толщиной 100 мм;
2. горизонтальное утепление отмотки длиной 700 мм, толщина утеплителя 50 мм до глубины середины фундамента; вертикальное утепление до глубины середины фундамента толщиной 100 мм;
3. горизонтальное утепление отмотки длиной 700 мм, толщина утеплителя 50 мм до глубины заложения фундамента; вертикальное утепление до глубины заложения фундамента толщиной 100 мм;
4. горизонтальное утепление отмотки длиной 1000 мм, толщина утеплителя 50 мм до глубины заложения фундамента; вертикальное утепление до глубины середины фундамента толщиной 100 мм.

Температурное поле узла МЗЛФ для вышеперечисленных вариантов представлено на рис. 3.

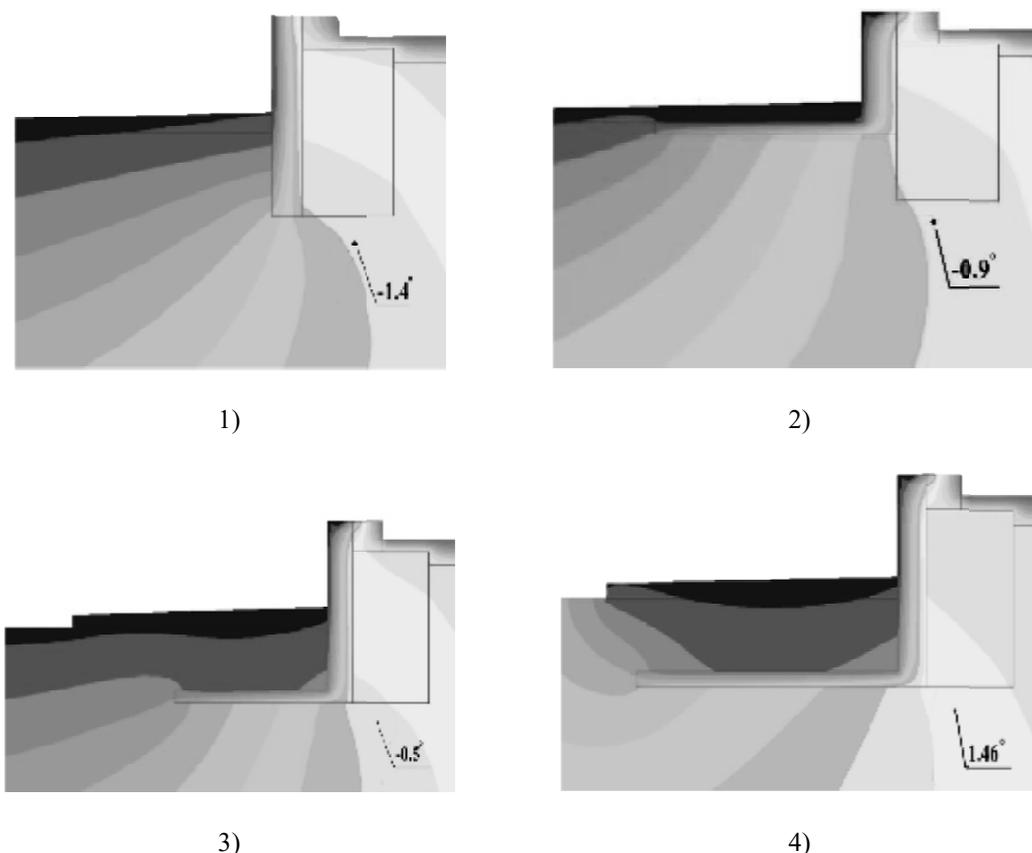


Рис. 3. Температурное поле узла МЗЛФ (иллюстрация авторов):
1) вариант 1; 2) вариант 2; 3) вариант 3; 4) вариант 4

По результатам моделирования (рис. 3) можно сделать следующие выводы:

В вариантах 1-3 наблюдается отрицательная температура грунта под подошвой фундамента, что впоследствии приводит к расширению и поднятию пучинистого грунта вследствие его промерзания. При этом увеличение толщины утеплителя не приводит к значительному повышению температуры грунта.

В варианте 4 увеличение длины теплоизоляции под отступкой, а также расположение ее в толще грунта приводит к появлению положительной температуры грунта под фундаментом, что говорит о положительном результате. Оптимизация узла МЗЛФ, при которой под фундаментом грунт имеет положительную температуру и, следовательно, не расширяется, говорит об отсутствии деформации пучения грунта.

Для проведения расчетов УШП были выделены несколько вариантов конструирования узла теплоизоляции данного типа фундамента:

1. горизонтальное утепление отступки отсутствует, горизонтальное утепление под бетоном пола, толщина утеплителя 300 мм (3 слоя по 100 мм); вертикальное утепление до глубины заложения фундамента толщиной 100 мм;

2. горизонтальное утепление отступки 700×50 мм, горизонтальное утепление под бетоном пола, толщина утеплителя 300 мм (3 слоя по 100 мм); вертикальное утепление до глубины заложения фундамента толщиной 100 мм;

3. горизонтальное утепление отступки 1000×50 мм, горизонтальное утепление под бетоном пола, толщина утеплителя 300 мм (3 слоя по 100 мм); вертикальное утепление до глубины заложения фундамента толщиной 100 мм;

4. горизонтальное утепление отступки 1000×100 мм, горизонтальное утепление под бетоном пола, толщина утеплителя 300 мм (3 слоя по 100 мм); вертикальное утепление до глубины заложения фундамента толщиной 100 мм;

5. горизонтальное утепление отмостки 1000×100 мм, горизонтальное утепление под бетоном пола, толщина утеплителя 300 мм (3 слоя по 100 мм); вертикальное утепление до глубины заложения фундамента толщиной 150 мм;

6. горизонтальное утепление отмостки 1000×100 мм, горизонтальное утепление под бетоном пола, толщина утеплителя 200 мм (2 слоя по 100 мм); вертикальное утепление до глубины заложения фундамента толщиной 150 мм.

Температурное поле узла УШП для вышеперечисленных вариантов представлено на рис. 4.

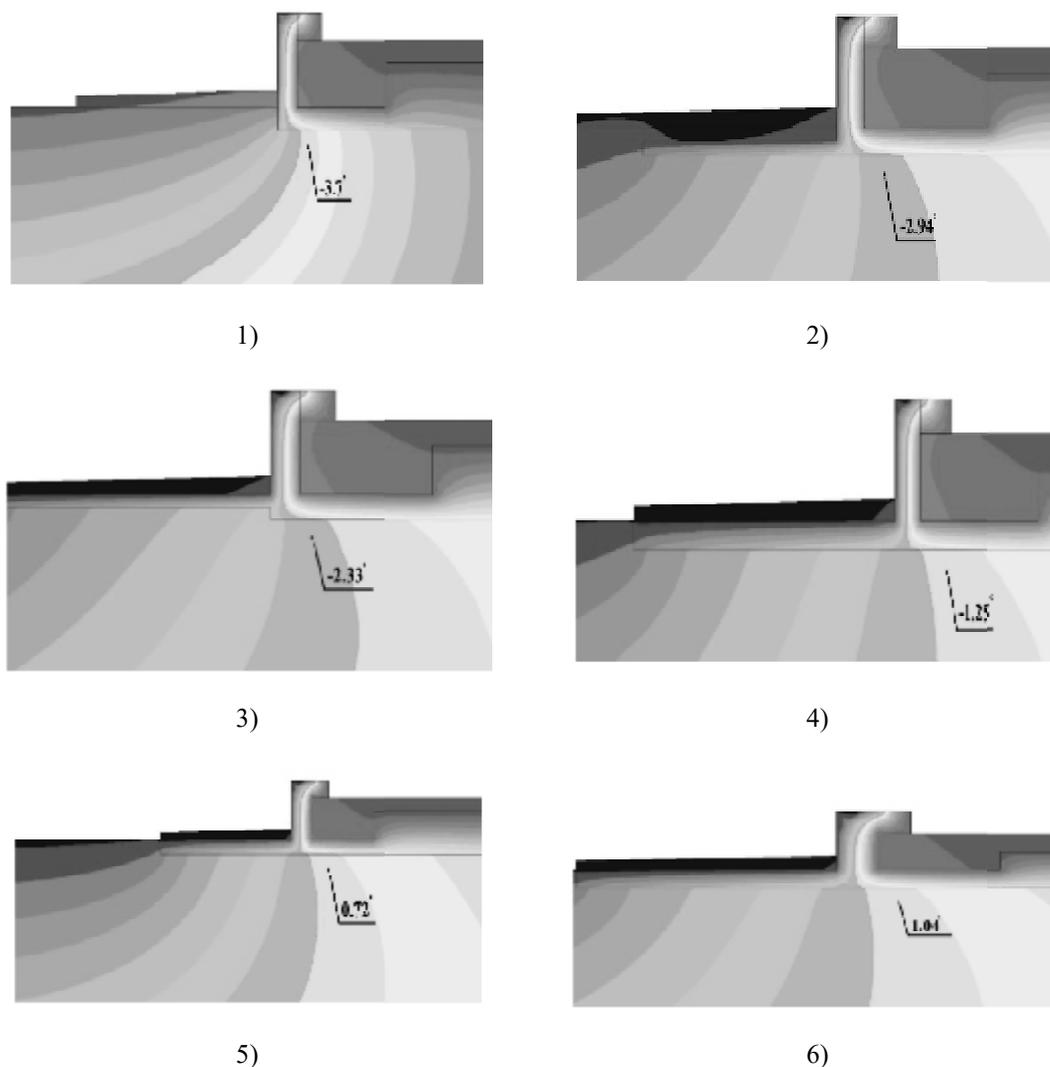


Рис. 4. Температурное поле узла УШП (иллюстрация авторов):

1 – вариант 1; 2 – вариант 2, 3 – вариант 3, 4 – вариант 4; 5 – вариант 5; 6 – вариант 6

По результатам моделирования (рис. 4) можно сделать следующие выводы:

- в вариантах 1-4 наблюдается отрицательная температура грунта под фундаментом, что приводит к расширению и поднятию пучинистого грунта вследствие его промерзания;

- в варианте 5 увеличение длины теплоизоляции под отмосткой, а также положения ее в толще грунта привели к появлению положительной температуры грунта под фундаментом, что говорит о положительном результате. Но для оптимизации узла УШП важно было проверить необходимость толщины теплоизоляции в 300 мм под плитой фундамента, для этого был проведен расчет варианта 6;

- в варианте 6 наблюдается положительная температура грунта под фундаментом при меньшей толщине теплоизоляции, что говорит о достаточном слое утепления в 200 мм.

Снижение толщины утепления по результатам расчета приводит и к снижению трудоемкости выполнения данных работ. Так, по результатам исследования трудоемкости устройства утепления на объекте методом хронометража выявлено уменьшение трудоемкости выполнения работ до 1,5 раз. В дальнейших исследованиях необходимо установить пооперационное снижение трудоемкости выполняемых работ и их взаимосвязь от условий возведения на примере объекта «малый Токио».

Заключение

1. Анализ литературных данных показал, что одним из наиболее экономичных, энергоэффективных и требующих малых трудозатрат на устройство являются малозаглубленные теплоизолированные фундаменты. При этом оптимизация расхода материалов для теплоизоляции фундамента возможна путем моделирования температурных полей в программных комплексах.

2. По результатам моделирования и расчета, температурных полей МЗЛФ выявлено, что отсутствие промерзания грунта под подошвой фундамента возможно при горизонтальном утеплении отмостки длиной 1000 мм и толщиной утеплителя 50 мм, вертикальном утеплении толщиной 100 мм. При таком варианте утепления достигается уменьшение расхода горизонтальной теплоизоляции в 2 раза, а вертикальной – в 1,5 раза по сравнению с рекомендациями, содержащимися в СТО 36554501-012-2008.

3. При расчете температурных полей узла УШП установлено, что для обеспечения положительной температуры грунта под фундаментом достаточно утеплителя под фундаментной плитой толщиной 200 мм, что на 33 % меньше рекомендуемой толщины. Полученные результаты свидетельствуют о возможности сокращения расхода теплоизоляции при обеспечении эксплуатационной надежности конструкции.

Список библиографических ссылок

1. Mojsya A. A., Vatin N. I. Теплоизолированный малозаглубленный фундамент на пучинистых грунтах // *Inzhenerno-stroitel'nyj zhurnal*. 2009. № 3 (5). P. 7–10.
2. Design guide for frost-protected shallow foundations / U.S. Department of Housing and Urban Development, Office of Policy Development and Research. 1994. 46 p.
3. Chao Bao, Fangze Xu, Gang Chen, Xiaotong Ma, Mingjie Mao, Shangrong Zhang. Seismic Vulnerability Analysis of Structure Subjected to Uneven Foundation Settlement // *Appl. Sci.* 2019. № 9. P. 3507.
4. Байджанов Д. О., Абдрахманова К. А., Кропачев П. А., Рахимова Г. М. Модифицированные бетоны для производства свайных фундаментов // *Инженерно-строительный журнал*. 2019. № 2 (86). С. 3–10.
5. Hongwei Liu, Pooneh Maghoul, Ahmed Shalaby. Optimum insulation design for buried utilities subject to frost action in cold regions using the Nelder-Mead algorithm // *International Journal of Heat and Mass Transfer*. 2019. Vol. 130. P. 613–639.
6. Коровкин В. С. Инженерная кинематическая теория в приложении к расчету свайных фундаментов // *Инженерно-строительный журнал*. 2017. № 2 (70). С. 57–71.
7. Фурман Б. В., Ярмолинский А. И. Причины и способы борьбы с морозным пучением на автомобильных дорогах : сб. мат. 57-й студенческой научно-технической конференции инженерно-строительного института / ТОГУ. Хабаровск, 2017. С. 323–329.
8. Кассахун М. Б. Влияние утепления грунта на глубину его промерзания. // *Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века*. 2002. № 8. С. 39–47.
9. Веселов В. В., Беляков В. А., Сальников В. Б. Решение нестационарной и нелинейной тепловой задачи промерзания – оттаивания грунта методом конечных элементов // *Известия высших учебных заведений. Строительство*. 2015. № 2 (674). С. 95–102.
10. Петров А. С., Куприянов В. Н. О влиянии компьютерной модели узлов конструкций с теплотехнической неоднородностью на точность теплотехнических расчетов // *Приволжский научный журнал*. 2019. № 1 (49). С. 32–38.

11. Секарина О. С., Крайнов Д. В., Медведева Г. А., Гиниятулин А. И. Расчетный способ определения коэффициента теплопроводности строительного изделия // Вестник Технологического университета. 2017. Т. 20. № 13. С. 64–65.
12. Glagolev Sergey, Shevtsova Anastasia, Shekhovtsova Svetlana. Basis for application of new-generation anti-icing materials as an efficient way to reduce the accident rate on roads in winter // Transportation Research Procedia. 2018. Vol. 36. P. 193–198.
13. Lagutkina D. Yu., Saikin M. S. The research and development of inclination angle magnetic fluid detector with a movable sensing element based on permanent magnets // Journal of Magnetism and Magnetic Materials. 2017. Vol. 4311. P. 149–151.

Bogdanov Ruslan Ravil'evich

assistant

E-mail: bogdanov.r.r@yandex.ru**Ibragimov Ruslan Abdirashitovich**

candidate of technical sciences, associate professor

E-mail: rusmag007@yandex.ru**Kazan State University of Architecture and Engineering**

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

Davlyatshin Bulat Ilurovich

design engineer

E-mail: bulatdav@yandex.ru**LLC «Trading House KRAFTZ»**

The organization address: 420087, Russia, Kazan, Rodina st., 41

Improving the device technology of shallow energy-efficient foundations**Abstract**

Problem statement. The analysis of foreign experience in the construction of foundations of low-rise buildings shows that one of the most economical, energy-efficient and requiring little labour costs for the device is a shallow heat-insulated foundation. In this regard, it is important to study the features of the technology of their installation and insulation, taking into account the climatic conditions of our country. The purpose of the study is to determine the optimal thickness of the insulation of a shallow foundation.

Results. Modelling and calculation in the «Elcut» software package revealed that the lack of freezing of soil under the basement of the foundation is possible with horizontal insulation of the blind area 1000 mm long and 50 mm thick insulation, with vertical insulation 100 mm thick. With this option of insulation, a reduction in the consumption of horizontal thermal insulation by 2 times, and vertical – by 1,5 times is achieved in comparison with the requirements of current standards. At the same time, significant savings are made on the labour costs of the insulation device.

Conclusions. The significance of the results of the work for the construction industry is to increase the efficiency of insulation of shallow foundations while ensuring their operational reliability and rational use of the required materials.

Keywords: shallow foundation, insulated Swedish plate, extruded polystyrene foam, heat engineering, Elcut.

References

1. Mojsya A. A., Vatin N. I. Heat-insulated, shallow foundation on heaving soils // Inzhenerno-stroitel'nyj zhurnal. 2009. № 3 (5). P. 7–10.
2. Design guide for frost-protected shallow foundations / U.S. Department of Housing and Urban Development, Office of Policy Development and Research. 1994. 46 p.

3. Chao Bao, Fangze Xu, Gang Chen, Xiaotong Ma, Mingjie Mao, Shangrong Zhang. Seismic Vulnerability Analysis of Structure Subjected to Uneven Foundation Settlement // *Appl. Sci.* 2019. № 9. P. 3507.
4. Bajjanov D. O., Abdrakhmanova K. A., Kropachev P. A., Rakhimova G. M. Modified concrete for the production of pile foundations // *Inzhenerno-stroitel'nyj zhurnal.* 2019. № 2 (86). P. 3–10.
5. Hongwei Liu, Pooneh Maghoul, Ahmed Shalaby. Optimum insulation design for buried utilities subject to frost action in cold regions using the Nelder-Mead algorithm // *International Journal of Heat and Mass Transfer.* 2019. Vol. 130. P. 613–639.
6. Korovkin V. S. Kinematic engineering theory as applied to the calculation of pile foundations // *Inzhenerno-stroitel'nyj zhurnal.* 2017. № 2 (70). P. 57–71.
7. Furman B. V., Yarmolinsky A. I. Causes and methods of combating frost heaving on highways : the coll. of mat. of the 57th student scientific and technical conference / TOGU. Khabarovsk, 2017. P. 323–329.
8. Kassahun M. B. The effect of soil insulation on the depth of freezing // *Stroitel'nye materialy, oborudvane, tekhnologii XXI veka.* 2002. № 8. P. 39–47.
9. Veselov V. V., Belyakov V. A., Salnikov V. B. The solution of non-stationary and non-linear thermal problems of freezing – thawing the soil by the finite element method // *Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Stroitel'stvo.* 2015. № 2 (674). P. 95–102.
10. Petrov A. S., Kupriyanov V. N. On the influence of a computer model of structural units with thermal engineering heterogeneity on the accuracy of thermal engineering calculations // *Privolzhskij nauchnyj zhurnal.* 2019. № 1 (49). P. 32–38.
11. Sekarina O. S., Krajnov D. V., Medvedeva G. A., Giniyatulin A. I. The calculation method for determining the thermal conductivity of a building product // *Vestnik Tekhnologicheskogo universiteta.* 2017. T. 20. № 13. P. 64–65.
12. Glagolev Sergey, Shevtsova Anastasia, Shekhovtsova Svetlana. Basis for application of new-generation anti-icing materials as an efficient way to reduce the accident rate on roads in winter // *Transportation Research Procedia.* 2018. Vol. 36. P. 193–198.
13. Lagutkina D. Yu., Saikin M. S. The research and development of inclination angle magnetic fluid detector with a movable sensing element based on permanent magnets // *Journal of Magnetism and Magnetic Materials.* 2017. Vol. 4311. P. 149–151.

УДК 69.009

Медяник Юлия Владиславовна

кандидат технических наук, доцент

E-mail: julia-707@mail.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

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

Хафизов Ришат Раисович

главный инженер

E-mail: radin.64@mail.ru

ООО «Казанская строительно-сервисная компания»

Адрес организации: 420107, Россия, г. Казань, ул. Марсея Салимжанова, д. 21

Инжиниринг в строительстве

Аннотация

Постановка задачи. Цель работы – раскрыть сущность инжиниринга в строительстве; определить предметную область и конкретные практические задачи, инструментом решения которых является инжиниринг; обозначить функциональные зависимости участников инжиниринговой деятельности в строительстве.

Результаты. Представлены задачи, предметная область и классификация инжиниринга в строительстве с учетом основных этапов реализации инвестиционно-строительного проекта. Обозначено место инжиниринговой компании в системе взаимодействия участников инвестиционно-строительной деятельности. Показана необходимость четкого определения и разграничения функций участников инжиниринговой деятельности в строительстве для соблюдения договорной дисциплины.

Выводы. Значимость полученных результатов для строительной отрасли заключается в комплексном анализе инжиниринга как неотъемлемой части инвестиционно-строительной деятельности, в определении круга участников и схемы их функциональной зависимости, что необходимо для выявления потенциала развития и совершенствования системы инжиниринга в строительстве.

Ключевые слова: инжиниринг, инженерно-консультационные услуги, функции и задачи инжиниринга, участники инжиниринговой деятельности.

Введение

Инвестиционно-строительный комплекс России на сегодняшний день активно развивается и характеризуется возрастающим спросом на услуги по проектированию и созданию новых продуктов, расширению мощностей, внедрению инноваций, совершенствованию строительных технологий.

В современной практике неотъемлемой частью инвестиционно-строительной деятельности является инжиниринг, предметная область которого – процесс планирования и реализации инвестиционных проектов, направленных на создание основных фондов производственного и непроизводственного назначения путем строительства новых, расширения, реконструкции и технического перевооружения действующих объектов.

В условиях возрастающей технологической сложности проектных решений, тенденций превышения бюджетов и сроков реализации инвестиционно-строительных проектов, многообразия функций участников инвестиционно-строительного процесса многократно повышаются финансово-экономические и технические риски проекта. В связи с этим услуги по инженерно-техническому проектированию, консультационные услуги в области организации подготовки производства, строительства объектов и инженерных систем, а также независимой экспертизы проектов, оказываемые на высоком профессиональном уровне, все чаще пользуются спросом.

Индустрия инжиниринга в России формируется и развивается в условиях отличных от зарубежных стран [1]. Серьезно различаются и принципы осуществления проектной и инжиниринговой деятельности в российской и зарубежной практике как с нормативно-

правовой точки зрения, так и с позиции структуры и модели деятельности строительных и инжиниринговых компаний, исторически сложившихся в нашей стране.

В связи с этим актуальной задачей является четкое определение содержания, разновидностей, предметной области и методов инжиниринговой деятельности в строительной практике, определение и разграничение функций участников инвестиционно-строительного процесса.

Этапы развития инжиниринга в сфере строительства

Инжиниринг как профессиональная инженерно-консультационная деятельность в сфере строительства начал формироваться еще в 18 веке. До начала 18 века в Европе инженерное дело развивалось как военная профессия, подготовкой инженеров занимались военные инженерные училища. Однако в начале 18 века была создана первая гражданская инженерная школа в Праге, а затем и в других европейских городах.

В 1771 г. в Великобритании было основано первое в мире инженерное общество – «Общество инженеров-строителей». Это привело к широкому использованию названия «инженер-строитель» для отличия гражданских инженеров от военных.

В 1818 г. в Великобритании был основан Институт гражданских инженеров (ICE), во второй половине 19 века появились первые инженерные сообщества в США, а к началу 20 века были созданы инженерные общества в России – «Общество инженеров-путейцев», «Общество гражданских инженеров» [1, 2].

К концу 50-х гг. 20 века инжиниринг стал самостоятельной областью международной коммерческой деятельности. Национальные ассоциации инженеров-консультантов, специализирующиеся в области строительства, объединены в Международную федерацию инженеров-консультантов (FIDIC).

Членство FIDIC охватывает 104 страны мира. Целью организации является содействие всемирному развитию консалтинговой инжиниринговой индустрии [3]. Для этого FIDIC публикует международные стандартные формы контрактов на работы и формы предварительной квалификации, документы деловой практики, учебные пособия и учебные комплекты для обучения в областях систем управления и бизнес-процессов, а также организует ежегодную Международную конференцию по инфраструктуре FIDIC для изучения и принятия инновационных устойчивых решений.

В настоящее время, по оценкам Минпромторга России, объем мирового рынка инжиниринговых услуг и промышленного дизайна составляет более 750 млрд. долларов, а в 2020 г. прогнозируется его увеличение до 1,4 трлн. долларов. При этом доля строительного инжиниринга достигает 75 %.

В России рынок инжиниринговых услуг находится в стадии становления и значительно отстает от западного рынка. Несмотря на то, что понятийный аппарат в области инжиниринга начал формироваться в России более 20 лет назад, стандартизированное понятие «инжиниринг», четко и однозначно отражающее специфику и функции данной сферы деятельности, на протяжении многих лет отсутствовало [4]. Отсутствие стандартов, определяющих терминологию, основные понятия и классификацию инжиниринговых услуг в строительстве, создавало компаниям технические препятствия при заключении контрактов и разработке документов в сфере инжиниринга.

В 2017 г. в России впервые был введен в действие Национальный стандарт ГОСТ Р 57306 «Инжиниринг: терминология и основные понятия в области инжиниринга», предназначенный для формирования и развития сферы услуг в области инжиниринга, для заключения договоров и разработки документов.

А в 2018 г. вступил в силу ГОСТ Р 58179 «Инжиниринг в строительстве. Термины и определения», в котором были определены понятия в области инжиниринга применительно к строительной отрасли, устранены недостатки терминологии, применяемой ранее в документации в сфере инжиниринга.

Предметная область инжиниринга

Каждый инвестиционно-строительный проект, независимо от сложности и объемов выполняемых работ, проходит ряд этапов (стадий) реализации. Разделение процесса реализации проекта зависит от его специфики, условий выполнения, опыта участников и

является в некоторой степени условным [5]. При этом выделяют работы, относящиеся к основной деятельности по проекту, и к деятельности по обеспечению проекта [6, 7].

Основная деятельность по проекту включает:

- проведение прединвестиционных исследований и обоснование инвестиционной привлекательности, целесообразности и необходимости реализации проекта;
- планирование проекта с участием специалистов всех заинтересованных сторон;
- проведение инженерных изысканий, разработку проектной и рабочей документации по объекту;
- подготовку тендерной документации, проведение конкурсов и заключение контрактов;
- строительно-монтажные и пуско-наладочные работы на объекте;
- ввод в эксплуатацию законченных объектов строительства.

Деятельность по обеспечению проекта заключается в решении организационно-правовых, кадровых, финансовых, материально-технических, информационных и коммерческих задач.

Инжиниринг в строительстве является комплексным и включает технико-технологический и организационно-управленческий инжиниринг (рис. 1).



Рис. 1. Классификация инжиниринга в строительстве (иллюстрация авторов)

Технико-технологический инжиниринг предполагает оказание инвесторам и заказчикам инженерно-консультационных услуг в области проектирования объектов капитального строительства; технологии изготовления и разработки строительных материалов, техники и технологий; разработки системы материально-технического обеспечения строящихся объектов; авторского надзора за строительством; строительного контроля и технического надзора за выполнением инвестиционно-строительного проекта.

Организационно-управленческий инжиниринг – это услуги в области реализации инвестиционно-строительного проекта, включающие: разработку концепции проекта (в том числе анализ рынка, передовых технологий и техники, рекомендации по инвестициям); определение показателей эффективности проекта; управление стоимостью проекта на основе научных подходов; планирование, организацию и контроль трудовых, финансовых и материально-технических ресурсов проекта; управление сроками, качеством, рисками, персоналом; создание, внедрение и сопровождение специализированных для строительной отрасли программных продуктов, средств связи и коммуникации.

Таким образом, инжиниринг сопровождает инвестиционно-строительный проект на всех этапах его жизненного цикла, а предметной областью инжиниринга является комплексный процесс планирования и реализации инвестиционного проекта.

Главным результатом инжиниринга для всех участников является сокращение сроков строительства и ввод объектов в эксплуатацию в запланированные сроки и с должным качеством [8, 9], что способствует уменьшению периода окупаемости и улучшению показателей экономической эффективности проекта.

Задачи инжиниринга в строительстве

Реализация любого инвестиционно-строительного проекта сопряжена с финансово-экономическими и техническими рисками [10, 11]. Это обусловлено следующими факторами:

- длительностью жизненного цикла проекта;
- сложностями инженерно-технического проектирования;
- высокой технологической и энерговооруженностью строительных проектов;
- особенностями взаимоотношений между участниками инвестиционно-строительного процесса;
- высокой степенью государственного регулирования инвестиционно-строительной деятельности;
- наличием особых требований при подготовке исходно-разрешительной документации, соблюдении строительных и технических нормативов в процессе проектирования и возведения объектов.

Анализируя строительные проекты с точки зрения стоимости и сроков их реализации (рис. 2), можно сформулировать основную проблему: строительство ведется дольше и стоит дороже, чем планировалось. Рассмотрим основные причины.

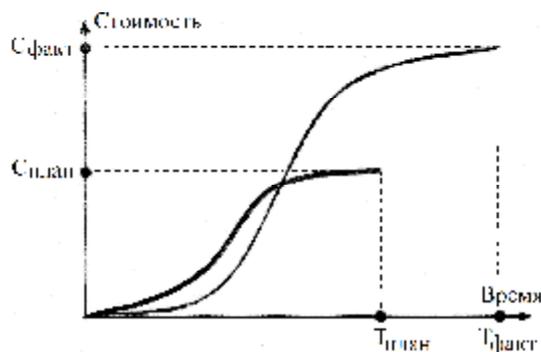


Рис. 2. График реализации проекта в системе «стоимость – время» (иллюстрация авторов)

1. Сроки строительства объекта во многом определяются принятой технологией строительства. Однако на практике бюджеты проекта планируют без согласования с технологией. При этом система мотивации застройщика ориентирована, прежде всего, на освоение текущего бюджета. В результате средства подрядчиками успешно освоены, а готовой строительной продукции нет.

2. Строительные работы на объекте начинаются еще до завершения проектирования (проблема «параллельного проектирования»), при этом создается иллюзия, что это позволит сократить сроки строительства. Нарушение организации процессов проектирования и строительства приводит к большому количеству переделок, как на объекте, так и в проектной документации. В результате растут затраты застройщика, увеличивается бюджет проекта, нарушаются сроки ввода объекта в эксплуатацию и падает качество строительного-монтажных работ.

3. Несовершенная или устаревшая нормативно-правовая база строительства, не учитывающая современные технологии, материалы и особенности системы взаимоотношений участников инвестиционно-строительного процесса.

4. Упразднение отделов капитального строительства в структуре управления организации-застройщика (заказчика), отсутствие или недостаток у заказчика опыта работы по полному циклу проектирования, у генподрядчика – опыта организации

строительства крупных объектов, недостаток квалифицированных инженеров-строителей.

Выполняя функции, связанные с проведением исследований, разработкой, проектированием, определением стоимостных и финансовых параметров проекта, строительством и организацией производства, инжиниринг позволяет решать конкретные практические задачи:

- предоставлять заказчику полный комплекс услуг, связанных с осуществлением инвестиционно-строительных проектов, с момента формирования инвестиционного замысла до ввода объекта в эксплуатацию;

- обеспечить переход к профессиональному управлению процессами планирования и реализации инвестиционно-строительного проекта за счет аккумулирования компетенций, научных знаний и опыта;

- сократить сроки реализации проекта и производственные издержки;

- повысить эффективность инвестиций за счет непосредственного воздействия на бюджет проекта;

- снизить инвестиционные риски компании;

- повысить конкурентоспособность на рынке.

Основной задачей инжиниринга в строительстве является, прежде всего, решение организационно-управленческих задач, а затем уже – инженерно-технических.

В сложившихся условиях, необходимым звеном в системе взаимоотношений инвесторов, застройщиков и генподрядчиков становится инжиниринговая компания.

Участники инжиниринговой деятельности в строительстве

До недавнего времени функционирование системы взаимоотношений участников инвестиционно-строительного процесса осуществлялось по традиционной схеме, включающей таких основных участников, как инвестор, заказчик, генеральный подрядчик, генеральный проектировщик, субподрядные организации. В этом случае основные риски по управлению проектом в целом несет заказчик, который напрямую взаимодействует с генеральным проектировщиком, генеральным подрядчиком и поставщиками материалов и оборудования.



Рис. 3. Модель функциональной зависимости участников инжиниринговой деятельности (иллюстрация авторов)

Инжиниринговая деятельность, осуществляемая в рамках инвестиционно-строительного проекта, предполагает взаимодействие более широкого круга участников, чем в общепринятой традиционной схеме [12, 13]. При этом в центре модели инжиниринга находится инжиниринговая компания, а роль инфраструктурной поддержки выполняют инжиниринговые фонды, консалтинговые компании, органы экспертизы инжиниринговых проектов, компании-лицензиаты, а также государственные органы, осуществляющие общее регулирование отрасли (рис. 3).

Инжиниринг в той или иной степени присутствует в деятельности любой строительной компании, однако не каждая такая компания может называться инжиниринговой. С нашей точки зрения, инжиниринговой является компания, которая на высоком профессиональном уровне оказывает комплекс услуг научно-технического и коммерческого характера с учетом передовых достижений в сфере строительства.

Инжиниринговая компания выполняет функции координатора участников инвестиционно-строительного проекта, грамотно выстраивая процессы планирования и осуществляя контроль на всех стадиях его реализации, что значительно повышает шансы на своевременный ввод объекта в эксплуатацию.

Состав услуг, предоставляемых инжиниринговой компанией, и уровень ответственности за исполнение инжиниринговых функций зависит от специфики инвестиционного проекта и определяется заказчиком.

Специализированная инжиниринговая компания может привлекаться заказчиками и инвесторами еще на стадии планирования проекта для разработки общей концепции и технико-экономического обоснования [14].

Наиболее предпочтительными для заказчика являются формы комплексного инжиниринга, обеспечивающие возможность реализации проектов «под ключ», когда инжиниринговая компания оказывает не только инженерно-консультационные услуги различного характера, но и выполняет полный комплекс работ с момента проектирования до передачи готового объекта заказчику в рамках ЕРС-контракта с фиксированной ценой. В этом случае инжиниринговая компания принимает на себя все риски, связанные с реализацией инвестиционно-строительного проекта [15, 16], а также финансовую ответственность перед заказчиком, по сути, выполняя функции генерального подрядчика.

При этом важная роль должна отводиться квалифицированным субподрядным организациям, что позволит снизить издержки инжиниринговой компании при реализации проектов за счет экономии средств на содержание неключевого персонала.

В случае, когда инжиниринговая компания оказывает заказчику услуги на условиях технического содействия, а заказчик выполняет весь комплекс строительно-монтажных работ самостоятельно, заключается ЕРС(М)-контракт на проектирование, закупки и управление строительством. Такой контракт отделяет ответственность за проектирование от ответственности за строительные работы, а инжиниринговая компания получает вознаграждение за снижение рисков при реализации проекта.

Однако, в условиях несовершенства отечественной нормативно-правовой базы, регулирующей деятельность инжиниринговых компаний, отсутствия типовых форм и широкого опыта заключения таких контрактов, любой ЕРС- или ЕРС(М)-контракт будет оформляться как договор генподряда или подряда. Кроме того, в действующих в настоящее время нормативно-правовых и регламентирующих документах имеется терминологическая несогласованность в системе взаимоотношений участников инжиниринговой деятельности, что может вносить противоречия при определении их функций и приводить к возникновению спорных ситуаций при заключении договоров и контрактов.

Заключение

1. Инжиниринг в строительстве должен рассматриваться как самостоятельный вид инженерно-консультационных услуг, оказываемых инженерами-консультантами или инжиниринговыми компаниями по контракту с заказчиком для решения проектных задач в срок, в рамках бюджета и с надлежащим качеством.

2. Инжиниринговая компания в современных условиях является необходимым звеном в системе взаимоотношений инвесторов, застройщиков и генподрядчиков.

3. Для успешного развития инжиниринга в строительстве требуется дальнейшее совершенствование и развитие терминологии и нормативно-правовой базы, а также приведение ее в соответствие с международными стандартами, что позволит более четко определить и разграничить функции участников, урегулировать их взаимоотношения и обеспечить соблюдение договорной дисциплины.

Список библиографических ссылок

1. Рыбец Д. В., Босин Е. И. Эволюция инжиниринговых услуг на мировом рынке // Инновационная экономика и современный менеджмент. 2018. № 4. С. 4–7.
2. Американское общество инженеров-строителей // ASCE: официальный сайт. URL: <https://www.asce.org/> (дата обращения: 03.12.2019).
3. Международная федерация инженеров-консультантов // FIDIC: официальный сайт. URL: <http://fidic.org/> (дата обращения: 03.12.2019).
4. Медяник Ю. В. Рынок инжиниринговых услуг в России: проблемы и перспективы развития // Российское предпринимательство. 2017. Том 18. № 24. С. 4221–4234.
5. Шинкарева Г. Н. Модель инжиниринговой схемы организации строительства в перспективе жизненного цикла объектов // Вестник МГСУ. 2018. Т. 13. № 9 (120). С. 1090–1105.
6. Van der Velde R. R., Van Donk D. P. Understanding Bi-project Management: Engineering Complex Industrial Construction Projects // International Journal of Project Management. 2002. Vol. 20. № 7. P. 525–533.
7. Рахматуллина Е. С., Майорова Д. С. Стоимостной инжиниринг в строительных проектах // Управление экономическими системами: электронный научный журнал. 2019. № 4 (122). С. 54.
8. Bosurgi G., Carbone F., Pellegrino O., Sollazzo G. Time Reduction for Completion of a Civil Engineering Construction Using Fuzzy Clustering Techniques // Periodica Polytechnica Transportation Engineering. 2017. Vol. 45. № 1. P. 25–34.
9. 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.
10. Abramov I. L., Saraeva D. S. Ways to Increase the Sustainability of Construction Industry in Conditions of Risk and Uncertainty // Components of Scientific and Technological Progress. 2018. № 4 (38). С. 11–15.
11. Сайфуллина Ф. М. Снижение административных барьеров в градостроительстве, направленных на инновационное развитие строительной отрасли // Российское предпринимательство. 2016. Том 17. № 21. С. 2895–2902.
12. Rezgui Y., Brown A., Cooper G., Yip J., Brandon P., Kirkham J. An Information Management Model for Concurrent Construction Engineering // Automation in Construction. 1996. Vol. 5. № 4. P. 343–355.
13. Луняков М. А. Инжиниринг – современная функция управления инвестиционно-строительными проектами // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Строительство и архитектура. 2015. № 4 (40). С. 42–48.
14. Кравченко А. И., Кадырова О. Н., Шипарева Д. И., Кадыров Р. Р. Инжиниринг процессов управления в строительных организациях // Молодой исследователь Дона. 2018. № 1 (10). С. 126–132.
15. Алтухов П. Л., Рыбаков С. Б. Направления повышения эффективности реализации инжиниринговых проектов // Интеграция наук. 2018. № 8 (23). С. 91–94.
16. Bakhareva O. V., Romanova A. I., Talipova L. F., Fedorova S. F., Shindina T. A. On the Building Information Modeling of Capital Construction Projects Market Development // Journal of Internet Banking and Commerce. 2016. Vol. 21. № S3.

Medyanik Yulia Vladislavovna

candidate of technical sciences, associate professor

E-mail: julia-707@mail.ru

Kazan State University of Architecture and Engineering

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

Khafizov Rishat Raisovich

chief engineer

E-mail: radin.64@mail.ru**LLC «Kazanskaya stroitelno-servisnaya kompaniya»**

The organization address: 420107, Russia, Kazan, Marsel Salimjanov st., 21

Engineering in construction**Abstract**

Problem statement. The aim of the work is to reveal the essence of engineering in construction; to determine the subject area and specific practical problems, the tool for solving which is engineering; to identify the functional dependencies of the participants of engineering activities in construction.

Results. The subject area, tasks and classification of engineering in construction are presented taking into account the main stages of the implementation of the investment construction project. The place of an engineering company in the system of interaction between participants in investment and construction activities is indicated. The need for a clear definition and delineation of the functions of participants in engineering activities in construction for compliance with contractual discipline is shown.

Conclusions. The significance of the results for the construction industry lies in a comprehensive analysis of engineering as an integral part of investment and construction activities, in determining the circle of participants and their functional dependence, which is necessary to identify the development potential and improve the engineering system in construction.

Keywords: engineering, engineering and consulting services, functions and tasks of engineering, participants in engineering activities.

References

1. Rybets D. V., Bosin Y. I. Evolution of Engineering Services in the World Market // *Innovatsionnaya ekonomika i sovremennyy menedzhment*. 2018. № 4. P. 4–7.
2. American Society of Civil Engineers // ASCE: official website. URL: <https://www.asce.org/> (reference date: 03.12.2019).
3. International Federation of Consulting Engineers // FIDIC: official website. URL: <http://fidic.org/> (reference date: 03.12.2019).
4. Medyanik Y. V. Engineering Services Market in Russia: Problems and Development Prospects // *Rossiyskoye predprinimatel'stvo*. 2017. Vol. 18. № 24. P. 4221–4234.
5. Shinkareva G. N. Model Engineering Scheme of the Organization of Construction in the Future the Life Cycle of Objects // *Vestnik MGSU*. 2018. Vol. 13. № 9 (120). P. 1090–1105.
6. Van der Velde R. R., Van Donk D. P. Understanding Bi-project Management: Engineering Complex Industrial Construction Projects // *International Journal of Project Management*. 2002. Vol. 20. № 7. P. 525–533.
7. Rakhmatullina E. S., Mayorova D. S. Value engineering in construction projects // *Upravleniye ekonomicheskimi sistemami: elektronnyy nauchnyy zhurnal*. 2019. № 4 (122). P. 54.
8. Bosurgi G., Carbone F., Pellegrino O., Sollazzo G. Time Reduction for Completion of a Civil Engineering Construction Using Fuzzy Clustering Techniques // *Periodica Polytechnica Transportation Engineering*. 2017. Vol. 45. № 1. P. 25–34.
9. Koklyugina L. A., Koklyugin A. V. Determination of the duration of construction of oil refining industry facilities taking into account the interests of participants in the investment construction project // *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta*. 2014. Vol. 17. № 20. P. 290–292.
10. Abramov I. L., Saraeva D. S. Ways to Increase the Sustainability of Construction Industry in Conditions of Risk and Uncertainty // *Components of Scientific and Technological Progress*. 2018. № 4 (38). P. 11–15.

11. Saifullina F. M. The Reduction of Administrative Barriers in Urban Development that are Aimed at the Innovative Development of the Construction Industry // *Rossiyskoye predprinimatel'stvo*. 2016. Vol. 17. № 21. P. 2895–2902.
12. Rezgui Y., Brown A., Cooper G., Yip J., Brandon P., Kirkham J. An Information Management Model for Concurrent Construction Engineering // *Automation in Construction*. 1996. Vol. 5. № 4. P. 343–355.
13. Lunyakov M. A. Engineering as an Advanced Function of Managing Investment and Construction Projects // *Nauchnyy vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Stroitel'stvo i arkhitektura*. 2015. № 4 (40). P. 42–48.
14. Kravchenko A. I., Kadyrova O. N., Shipareva D. I., Kadyrov R. R. Engineering Management Processes in Construction Companies // *Molodoy issledovatel' Dona*. 2018. № 1 (10). P. 126–132.
15. Altukhov P. L., Rybakov S. B. Directions of Increase of Efficiency of Implementation of Engineering Projects // *Integratsiya nauk*. 2018. № 8 (23). P. 91–94.
16. Bakhareva O. V., Romanova A. I., Talipova L. F., Fedorova S. F., Shindina T. A. On the Building Information Modeling of Capital Construction Projects Market Development // *Journal of Internet Banking and Commerce*. 2016. Vol. 21. № S3.



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

Кашипов Рафиль Фаилевич

заместитель главного конструктора

E-mail: rkashipov@gmail.com

ООО «Грузоподъем»

Адрес организации: 420107, Россия, г. Казань, ул. Нигматуллина, д. 3

К вопросу совершенствования ремонта трещин дорожных покрытий

Аннотация

Постановка задачи. Цель исследования – повышение качества ремонтно-восстановительных работ дорожных покрытий путем совершенствования ремонтного оборудования, снижение финансовых затрат на выполнение работ и минимизация участия человека в ремонтных работах.

Результаты. Основным результатом исследования является разработка универсального навесного фрезерного оборудования, которое может последовательно выполнить следующие операции по ремонту дорожного покрытия: фрезерование трещин на необходимую глубину и ширину; очистку от отфрезерованного гранулята, грязи, пыли, влаги и заливку (заполнение) битума в трещину, разогретую фрезерованием, обеспечивая, таким образом, надежное сцепление ремонтного материала с материалом дорожного покрытия. Результатом данной работы является прочно заделанная трещина.

Выводы. Значимость полученных результатов для дорожно-строительной отрасли состоит в повышении качества ремонтно-восстановительных работ дорожных покрытий за счет применения разработанного универсального навесного фрезерного оборудования для ремонта трещин дорожных покрытий способом герметизации.

Ключевые слова: проект, оборудование, ремонт, трещины, дорожное покрытие, качество, способ, экономичность.

Введение

Герметизация трещин в асфальтобетоне является одной из важных операций ремонтно-восстановительных работ по содержанию дорожного покрытия в безопасном состоянии. Данная операция предотвращает проникновение осадков, солей и различных реагентов через трещины вглубь слоев дорожного покрытия, которое может привести к повреждению поверхности дорожного покрытия и к опасным изменениям в нижних слоях дорожной одежды.

Операция герметизации, как правило, заключается в заполнении трещин горячей битумной мастикой с помощью заливщиков швов (плавильно-заливочных котлов). Есть определенные технологические и технические требования к используемому оборудованию – поддержание постоянной высокой температуры битумной мастики, т.к. потеря рабочей температуры влечет снижение ее адгезионных и других свойств. Важен и метод разогрева, он должен исключать прямой контакт пламени горелки с мастикой.

Трещины на дорожном покрытии. Причины появления

Существуют разные причины появления трещин на дорожном покрытии [1]:

1. Усадка дорожного покрытия из-за его тепловой деформации;
2. Уменьшение упругости дорожного покрытия из-за низкого содержания битума и естественного его старения;
3. Сдвиги слоёв дорожного покрытия из-за недостаточной связи между ними.

К перечисленным причинам можно добавить следующие факторы, которые также могут являться причинами образования трещин дорожных покрытий [1]:

1) укладка дорожного покрытия производилась в условиях, нарушающих температурно-влажностный режим;

2) при изготовлении асфальтобетонных смесей были допущены отклонения в соотношении наполнитель/битум, присутствие загрязнений (например, применялся грязный щебень);

3) были допущены нарушения в технологиях укладки и уплотнения верхнего слоя дорожного покрытия;

4) при возведении земляного полотна допускались нарушения требований по уплотнению нижних слоев дорожной одежды;

5) были проведены некачественные ремонтно-восстановительные работы по заделке трещин в верхних слоях дорожного покрытия.

Известно, что трещины бывают ремонтируемые и не ремонтируемые методом их герметизации [2].

К ремонтируемым трещинам относятся трещины продольные. Их образованию могут предшествовать появления усталостных трещин, в особенности, если две и более трещины присутствуют на колёсном пути. Данная проблема, как правило, объясняется либо усадкой асфальтобетонного покрытия, либо недостаточным уплотнением стыков соседних проходов асфальтоукладчика. Продольные трещины устраняются их герметизацией с помощью плавило-заливочной машины.

Трещины поперечные образуются на асфальтобетонном покрытии под прямым углом к продольным трещинам и являются результатом усадки грунта под дорожным полотном. Поперечные трещины не опасны, если количество их невелико. Данные трещины в основном устраняются также способом их герметизации.

Трещины отражения возникают, главным образом, на покрытиях, если перед укладкой нового покрытия не были ликвидированы существующие трещины нижележащего покрытия, которые с истечением времени отражаются вверху поверхности.

Трещины групповые – данный тип трещин создает площади с трещинами, перекрывающими друг друга под различными углами. Одной из причин появления групповых трещин является отсутствие постоянного движения автотранспорта, которое как бы «массирует» покрытие, придавая ему упругость. Другими причинами могут быть технологические нарушения изготовления асфальтобетонных смесей на заводе.

Если ремонт будет произведен в начальный период появления групповых трещин, то можно обойтись только их герметизацией, но если процесс будет запущен, то потребуются полный ремонт поврежденного участка.

К трещинам, ремонт которых не возможен способом их герметизации относятся усталостные и сдвиговые.

Усталостные трещины – причиной их появления является естественное старение материала верхнего слоя дорожного покрытия, который в итоге и приводит к усталостному трещинообразованию. Верхний слой участка дороги с усталостными трещинами подлежит удалению с последующей его заменой.

Трещины краевые имеют как бы серповидные формы, пересекающие края покрытия и расположенные на расстоянии примерно 0,5 м от края дорожного покрытия, примыкающего к грунтовой обочине. Они вызываются перегрузкой края дорожного покрытия, разрушением или ослаблением обочины. Такие трещины не целесообразно ремонтировать с помощью герметизации, требуется их удаление и нанесение нового материала верхнего слоя дорожного покрытия.

Трещины сдвиговые – трещины образуют характерную серповидную форму (рис. 1) и являются результатом «отрыва» верхнего слоя асфальтобетонного покрытия от нижерасположенных слоёв по причине больших перемещений или плохой связи между слоями. В данной ситуации заделывать эти трещины способом их герметизации также является не только неэффективным, но и бесполезным.



Рис. 1. Сдвиговые трещины на верхнем слое дорожного покрытия [3]

Личные наблюдения авторов за проведением ремонтно-восстановительных работ трещин способом их герметизации позволили заметить некоторые технически не эффективно решенные моменты данного процесса.

Технологические особенности проведения ремонта трещин способом их герметизации

Подготовка асфальта к герметизации

Очень важным в технологическом процессе ремонта верхнего слоя дорожного покрытия является правильная подготовка трещин к их герметизации [3, 4]. Подготовка начинается с продувки трещин потоком воздуха, например, воздушными ножами, для их очищения от пыли, грязи или кусочков разрушенного материала дорожного покрытия.

Допустимо применение более мощных воздушных компрессоров при очистке трещин для удаления крупных осколков, обломков и влаги из трещин. Разрезка трещин, при помощи фрезы для разделки швов или специального диска с алмазной крошкой рекомендуется для обеспечения необходимой степени заполнения битумной эмульсией трещин в асфальтобетонном покрытии.

Недостаточное количество битумной эмульсии не сможет обеспечить необходимый защитный эффект от проникновения воды, являющейся главной причиной разрушения поверхности дорожного покрытия.

Для обеспечения надежной сцепляемости и полной заполняемости трещин в асфальтобетонном покрытии, применяемый ремонтный материал разогревается до температуры, рекомендованной его производителем, в плавильном котле разогрева с масляной рубашкой.

Обзор существующего оборудования для ремонта трещин дорожного покрытия

На сегодняшний день для герметизации трещин используют целый набор различных приспособлений и оборудования, например, котлы для подогрева битумного материала, оборудование для разделки (разрезания) трещин – нарезчики швов и трещин, оборудование для продувки и заливщики трещин.

Заливщики швов используются как для разогрева, так и для поддержания постоянной рабочей температуры битума. Они также предназначены для перемешивания и подачи под давлением битумной смеси в ремонтируемые трещины и технологические швы в асфальтобетонных покрытиях.

Работа заливщиков является автономной, питание может быть обеспечено различными силовыми установками: дизельными, карбюраторными или электрическими. В целом комплект оборудования заливщиков может включать одноосный прицеп с термобункером, битумным насосом, измерительными приборами, контролирующими температуру битума и давление его подачи.

Описанный комплект оборудования позволяет поддерживать рабочую температуру битумной смеси, а также обеспечивает подачу разогретой смеси для заполнения

подготовленных к заливке трещин по термостойкому шлангу. Скорость и давление подачи разогретого битума можно регулировать. Используемая гидроаппаратура обеспечивает дозированную подачу горячей смеси, плавный запуск и безопасную остановку оборудования. Заливщики швов различных производителей концептуально схожи и все имеют примерно однотипные конструкции (рис. 2).

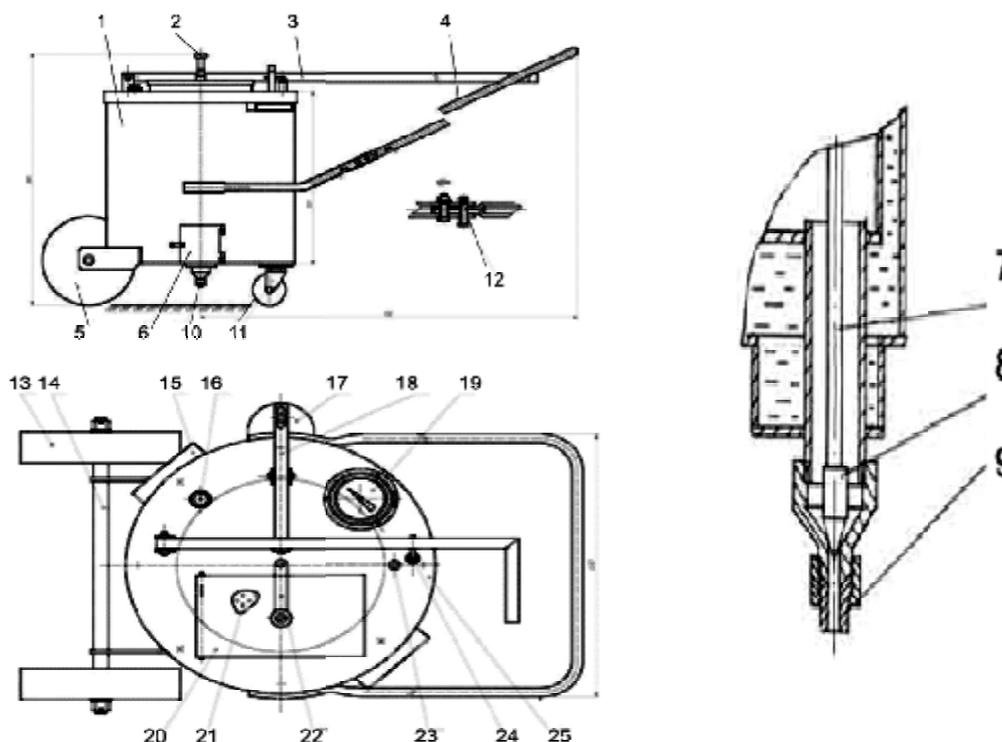


Рис. 2. Общее устройство типового заливщика швов [5]:

- 1 – теплоизолирующий корпус; 2 – ручка мешалки; 3 – кронштейн; 4 – ручка; 5 – колесо;
- 6 – дверца камеры сгорания; 7 – шток; 8 – клапан; 9 – насадка; 10 – спускной клапан;
- 11 – колесо поворотное; 12 – переходник; 13 – колесо; 14 – ось; 15 – дымогарная щель; 16 – шуп;
- 17 – спускной клапан; 18 – кронштейн; 19 – термометр; 20 – загрузочный люк;
- 21 – предохранительная решётка (снимается вручную); 22 – ручка мешалки; 23 – сапун;
- 24 – стопор кронштейна

Нарезчики швов применяются для нарезания швов нужных размеров в асфальтобетонных покрытиях при ремонте и строительстве дорожных покрытий. Успешно они применяются также и для нарезания швов-каналов для прокладки различных инженерных систем: электропроводок, трубопроводов и др.

Можно сказать, что заливщики швов и котлы для подогрева битумного материала на строительном рынке имеются в большом количестве и самых различных модификаций и типов, как и установки для разделки и продувки трещин.

Однако все перечисленное выше оборудование является отдельными рабочими единицами. Это существенно затрудняет и повышает стоимость выполнения ремонтно-восстановительных работ, так как приходится приобретать и транспортировать на рабочие площадки большое количество различного оборудования. Таким образом, является экономически и технологически целесообразным разработка одного универсального оборудования, выполняющего в комплексе основные рабочие функции при заделке трещин дорожного покрытия способом герметизации битумом.

Разработка подобного оборудования явилась основной целью исследований авторов представленной статьи.

Суть, содержание и основные результаты проведенных исследований

Долговечность эксплуатации дорожных покрытий зависит, в том числе, и от качества проведения ремонтно-восстановительных работ.

В этих целях предлагается проведение ремонтно-восстановительных работ следующим способом.

Суть исследования заключается в разработке универсального навесного фрезерного оборудования, которое может последовательно выполнить следующие операции по ремонту дорожных трещин: фрезерование трещин на необходимую глубину и ширину, уборка способом продувки (возможно и всасыванием) отфрезерованного гранулята и заполнение очищенной трещины битумом, обеспечивая тем самым высокое сцепление ремонтного материала с материалом дорожного покрытия. Результатом подобной работы является прочно заделанная трещина дорожного покрытия.

Для выполнения в комплексе перечисленные выше технологические операции предлагается проект универсального навесного оборудования для герметизации трещин (рис. 3), которое будет совмещать в себе несколько различных устройств.

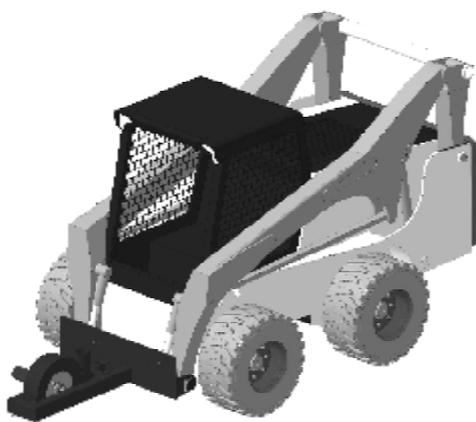


Рис. 3. Общий вид разрабатываемого оборудования (иллюстрация авторов)

В качестве базового транспортного средства (ТС), на которое достаточно легко можно навесить данное оборудование предлагается типовой минипогрузчик (возможны и другие варианты). Для доставки дооборудованного минипогрузчика к месту выполнения ремонтных работ могут быть применены автомобили типа ГАЗель, которые необходимо будет дооборудовать мостиком для подъема своим ходом на кузов ТС и спуска минипогрузчика на землю.

Для нарезки швов предлагаемое оборудование комплектуется фрезеровочным диском с алмазным напылением, приводящимся в движение гидромотором. Фреза опускается в рабочее положение и поднимается в транспортное положение при помощи гидроцилиндра минипогрузчика. Грязь, пыль и отфрезерованный асфальтовый гранулят удаляются продувкой воздухом с помощью специального сопла. Воздух для продувки поступает от компрессора базовой машины или машины сопровождения. Заполнение очищенной трещины битумной смесью происходит через битумное сопло.

Принцип работы предлагаемого оборудования для герметизации трещин в дорожном покрытии рассмотрим поэтапно.

На первом этапе фрезеровочный диск фрезерует трещину в дорожном покрытии на необходимую глубину и ширину.

Для этого, после выхода на оптимальные обороты, диск опускается к трещине. После соприкосновения диска с дорожным покрытием начинается процесс фрезерования трещины. За счет плавности работы и больших оборотов диска фрезеруемый материал получается в достаточной степени измельченный, что в дальнейшем позволяет без больших затрат удалять остатки материала из очищаемой трещины продувкой (всасыванием).

Для обеспечения плавности и легкости резания в ходе работы диск вращается по направлению движения ТС.

Во втором этапе разрабатываемая трещина для ее очищения от отфрезерированного гранулята и пыли продувается сжатым воздухом. Напор воздушного потока можно дополнительно усилить применением сопла специальной конструктивной формы, позволяющей направлять воздушный поток в нужном направлении и в нужное место.

На третьем этапе производится заполнение битумной смесью подготовленной трещины битумным соплом, в которое битумная смесь поступает по термостойкой магистрали из битумного котла-нагревателя, находящимся на машине сопровождения.

Данное оборудование является универсальным и по возможности его применения в различных местах, как в открытых, так и в закрытых помещениях. При работе в закрытых помещениях необходимо использовать более длинные шланги, которые смогут обеспечить подачу воздуха и битумной смеси из сопровождающей машины на улице, не заводя ее, в закрытое помещение. Такой подход исключает отравление выхлопными газами при работе. Либо необходимо использовать специальные шланги для отвода выхлопных газов из помещения.

Разрабатываемое оборудование является также универсальным, т.к. возможно применение в качестве ремонтного материала горячего термопластика или других жидких материалов на битумной основе.

Выбор привода, подбор дополнительного оборудования и прочностные расчеты металлоконструкции

Выбор привода для разрабатываемого оборудования производился путем сравнения с существующими моделями нарезчиков швов, а именно методом сравнения рабочих мощностей их двигателей [6, 7].

Расчет параметров вала производился с учетом всех возникающих усилий и моментов при работе вала на оптимальных оборотах равным $n = 2000$ об/мин.

Подшипники рассчитывались по статической грузоподъемности.

Расчетная масса оборудования в сумме составила $m = 75$ кг.

Результаты прочностного расчета в системе автоматизированного расчета и проектирования механического оборудования и конструкций в области машиностроения АРМ WinMachine подтвердили, что спроектированная рама способна выдерживать максимальные рабочие нагрузки [8-11].

Расчеты экономической целесообразности предлагаемой конструкции

Расчеты экономической целесообразности данного проекта были проведены методом сравнения [11] предлагаемого оборудования с существующими комплектами оборудования для ремонта трещин способом герметизации.

Результаты расчетов показали, что уже за первый сезон эксплуатации финансовые расходы на создание предлагаемого оборудования окупаются полностью. Относительно быстрая окупаемость достигается уменьшением количества применяемого оборудования, соответственно снижением затрат на их приобретение и содержание, сокращением времени проведения ремонтных работ, а также снижением фонда заработной платы за счет сокращения количества рабочих в технологическом процессе ремонтно-восстановительных работ.

Расчёты производительности также подтвердили, что предлагаемое оборудование является эффективнее, чем совместное применение вышеперечисленного типового комплекта оборудования для ремонта трещин способом их герметизации [13, 14].

Заключение

Таким образом, практическое применение оборудования, предложенного в статье, минимизирует ручной труд и количество различного оборудования, участвующего в технологическом процессе ремонта трещин в целом. Минимизация ручного труда при проведении ремонтно-восстановительных работ обеспечивает улучшение качества их проведения. Соответственно, уменьшается количество людей в ремонтных бригадах. Необходимость привлечения дополнительной техники и оборудования минимизируется. Сокращается время выполнения работ. При этом производительность и эффективность

работы ремонтных бригад повышаются. Сроки безремонтной эксплуатации дорожных покрытий за счет повышения качества выполнения ремонтных работ также увеличиваются.

Следовательно, разработка и практическое внедрение в дорожно-строительную отрасль разработанного оборудования для ремонта дорожных покрытий является экономически и технически целесообразным.

Список библиографических ссылок

1. URL: https://www.texturepalace.com/gallery/ground/0917/1asphalt_texture_big_100917.jpg (дата обращения: 17.02.2020).
2. Подольский В. П. Технология и организация строительства автомобильных дорог. Дорожные покрытия. М. : Академия, 2012. 304 с.
3. Иванов Г. П., Гришин И. В. О проблеме дорожного строительства – наличие трещин в асфальтобетонных покрытиях автомобильных дорог и мостов и пути их решения // Научный интернет-журнал. 2019. № 11. С. 1–8.
4. Габдуллин Т. Р. Новые технологии строительства дорог в России : сб. докладов Междунар. науч.-практ. конф. – Инновационные материалы, технологии и оборудование для строительства современных транспортных сооружений. Белгород : БГТУ, 2013. Т. 1. С. 109–113.
5. URL: <https://docplan.ru/Data2/1/4293819/4293819924.files/17.gif> (дата обращения: 15.02.2020).
6. Махмутов М. М. Расчет гидропривода транспортно-технологической машины. Проблемы и инновации в области механизации и технологий в строительных и дорожных отраслях. 2016. Т. 1. № 3. С. 6–10.
7. Махмутов М. М. Влияние исследуемых факторов на мощность фрезерования // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2015. Т. 17. № 2-4. С. 896–899.
8. Шарапов Р. Р., Харламов Е. В., Кайтуков Б. А., Степанов М. А. Некоторые проблемы динамики и надежности строительной техники // Механизация строительства. 2017. Т. 78. № 7. С. 5–8.
9. Лахтин Ю. М., Леонтьева В. П. Материаловедение. М. : Машиностроение, 2009. 528 с.
10. Шелофаст В. В., Чугунов Т. Б. Основы проектирования машин. Примеры решения задач. М. : АПИМ, 2004. 240 с.
11. Sakharov 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. Т. 738. № 1. P. 012119.
12. Абрамов А. Т. Экономическое обоснование инженерных задач в дипломных проектах: методические рекомендации. Барнаул : АГАУ, 2002. 68 с.
13. David J. I., White Pavana, Vennapusa K. R., Thompson Mark J. Validation of Intelligent Technology // Department of Transportation Federal Highway Administration. 2012. P. 12.
14. Hunter R. F. Asphalt in road construction. London, United Kingdom : ICE Publishing, 2014. 588 p.

Gabdullin Talgat Rivgatovich

candidate of technical sciences, associate professor

E-mail: talgat2204@mail.ru

Kazan State University of Architecture and Engineering

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

Kashipov Rafil Failevich

deputy chief designer

E-mail: rafil_mail.ru@mail.ru

LLC «Gruzopjem»

The organization address: 420107, Russia, Kazan, Nigmatullina st., 3

On the issue of improving the repair of cracks in pavements

Abstract

Problem statement. The purpose of the research is to improve the quality of repair and restoration work on pavements by improving the repair equipment, reducing the financial costs of the work, and minimizing the human participation in the repair work.

Results. The main result of the study is the development of universal mounted milling equipment that can sequentially perform the following pavement repair operations: milling cracks to the required depth and width, cleaning them from milled granulate, dirt, dust, moisture and pouring (filling) into a bitumen crack heated by milling, thus ensuring reliable adhesion of the repair material to the road surface material. The result of this work is a firmly sealed crack.

Conclusions. The significance of the results obtained for the road-building industry consists in improving the quality of repair and restoration work on road surfaces through the use of the developed universal mounted milling equipment for repairing cracks in the road surfaces by sealing method.

Keywords: design, equipment, repair, cracks, road surface, quality, method, profitability.

References

1. URL: https://www.texturepalace.com/gallery/ground/0917/1asphalt_texture_big_100917.jpg (reference date: 17.02.2020).
2. Podolsky V. P. Technology and organization of road construction. Road coverings. M. : Academia, 2012. 304 p.
3. Ivanov G. P., Grishin I. V. On the problems of road construction – the presence of cracks in asphalt concrete pavements on roads and bridges and ways of their solutions // Nauchnyy internet-zhurnal. 2019. № 11. P. 1–8.
4. Gabdullin T. R. New technologies of road construction in Russia: Dig. of reports of Int. scientific-practical conf. – Innovative materials, technologies and equipment for the construction of modern transport facilities. Belgorod : BSTU, 2013. V. 1. P. 109–113.
5. URL: <https://docplan.ru/Data2/1/4293819/4293819924.files/17.gif> (reference date: 15.02.2020).
6. Makhmutov M. M. Calculation of the hydraulic drive of the transport-technological machine. Problems and innovations in the field of mechanization and technology in the construction and road industries. 2016. V. 1. № 3. P. 6–10.
7. Makhmutov M. M. Influence of the studied factors on the power of milling // Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiyskoy akademii nauk. 2015. V. 17. № 2-4. P. 896–899.
8. Sharapov R. R., Kharlamov E. V., Kaitukov B. A., Stepanov M. A. Some problems of the dynamics and reliability of construction equipment // Mekhanizatsiya stroitel'stva. 2017. V. 78. № 7. P. 5–8.
9. Lakhtin Yu. M., Leontiev V. P. Material science. M.: Mashinostroyeniye, 2009. 528 p.
10. Shelofast V. V., Chugunov T. B. Fundamentals of machine design. Examples of solving problems. M. : APM, 2004. 240 p.
11. 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. P. 012119.
12. Abramov A. T. Economic justification of engineering problems in graduation projects: guidelines. Barnaul : AGAU, 2002. 68 p.
13. David J. I., White Pavana, Vennapusa K. R., Thompson Mark J. Validation of Intelligent Technology // Department of Transportation Federal Highway Administration. 2012. P. 12.
14. Hunter R. F. Asphalt in road construction. London, United Kingdom : ICE Publishing, 2014. 588 p.

УДК 69:003.13

Петропавловских Ольга Константиновна

старший преподаватель

E-mail: olga_konst@mail.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

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

Ибрагимова Ания Айратовна

инженер

E-mail: anya13@mail.ru

Садыков Руслан Рустемович

инженер

E-mail: ruslan14081997@mail.ru

ООО «Автомобили и сооружения»

Адрес организации: 420087, Россия, г. Казань, ул. Карбышева, д. 15

Габитова Лилия Ирековна

инженер 3 категории

E-mail: lilagabit@gmail.com

АО «Моспроект-3»

Адрес организации: 420140, Россия, г. Казань, ул. Ю. Фучика, д. 90а

Эффективность управления проектами при строительстве искусственных сооружений

Аннотация

Постановка задачи. Цель данной работы заключается в отражении актуальности развития и использования проектного управления для строительства и проектирования искусственных сооружений, а также объектов транспортной инфраструктуры. Определены следующие задачи: 1) проанализировать текущее состояние управления проектами строительства транспортных сооружений; 2) изучить программные комплексы, применяемые в сфере управления проектами и доступные для учебного процесса студентов инженерно-технических специальностей; 3) определить эффективность внедрения и перспективу развития методики в России, а также обозначить примеры.

Результаты. Изучены принципы и сущность проектного управления. Выявлены оптимальные программные комплексы, относящиеся к сфере строительства и проектирования, а именно управления, доступные в учебном процессе. Проведен анализ вопроса о степени внедрения и о перспективе развития методики эффективного проектного управления в России с опорой на зарубежный и отечественный опыт.

Выводы. Значимость полученных результатов для строительной отрасли состоит в том, что эффективное управление проектами строительства на базе использования передовых программных продуктов, позволяет существенно сэкономить денежные и временные ресурсы; уменьшить трудоемкость работ, так как дает возможность спроектировать и заблаговременно испытать работоспособность всех инженерных решений и систем ещё до старта процесса строительства, и при этом оперативно обновлять статус состояния проекта с применением более действенных инновационных решений в ходе его выполнения. Информационная модель является основным ресурсом, включающим данные обо всех стадиях проектирования и строительства транспортной системы: от ключевой концепции до момента эксплуатации.

Ключевые слова: информационное моделирование, управление проектами, BIM-технологии, транспортное строительство, искусственные сооружения, мост, программный комплекс, календарный план, строительство, модель.

Введение

В современном мире в условиях жесткой конкуренции для благополучной реализации проекта требуется широкое применение информационных технологий. Одной из ключевых задач в области транспортного строительства является выполнение сроков строительства,

заложенных проектом, а отставание от календарного плана приводит к дополнительным издержкам и снижает прибыль строительной компании. В подобных условиях наиболее актуальным становится развитие эффективных методов управления проектами, которые в значительной степени определяют продолжительность строительства. Несмотря на множество исследований в сфере разработки эффективных методов управления и организации строительства транспортных объектов, вопрос ограниченности внедрения современных компьютерных комплексов, а также отсутствия системного подхода к разработке и управлению проектами остается нерешенным. Новый уровень удовлетворения данных потребностей – это технологии Building Information Modeling (BIM) – BIM-технологии. Технология BIM – это абсолютно новый подход к строительству, проектированию и эксплуатации сооружений, который позволяет совместить различные программные комплексы и инструменты, что способствует снижению стоимости моделирования и упрощает процессы визуализации будущего объекта.

В России эта технология считается новой в области строительства, вследствие чего возникает большое число противоречий, новых задач и вопросов, связанных с ее внедрением и использованием. Исходя из этого, основной задачей современного строительства является приведение современного общества к осознанию значимости BIM-технологий, а также решение вопросов, связанных с развитием информационного моделирования, и внедрение в массовое использование.

Развитие BIM

Спецификой возведения объектов транспортной инфраструктуры является то, каким образом происходит управление строительством, поскольку именно от того, как ведется управление проектом, зависит длительность строительства объекта, различные затраты механизмов и материалов, а также издержки рабочей силы и других ресурсов. При правильном управлении, а также при тщательном календарном планировании возможно значительно уменьшить затраты по времени, исключить перерасход ресурсов.

Область деятельности, в которой достигаются и определяются четкие цели, путем балансирования между различными ресурсами, объемами работ, временем, качеством и рисками называется управлением проектами [1].

Первые государственные мероприятия по развитию строительной отрасли в России, направленные на переход к BIM, произошли сравнительно недавно. 4 марта 2014 года о BIM заговорили впервые на заседании Президиума совета при Президенте РФ по инновационному развитию и модернизации экономики, посвященном строительству. Следующее значимое событие – заседание Госсовета по вопросам совершенствования градостроительной деятельности и развития строительного комплекса, состоявшееся в мае 2016 года. В представленном докладе Госсовета тема BIM была отмечена, как одно из инновационных направлений развития отрасли, а по итогам заседания тема BIM была обозначена в поручениях Президента Правительству.

В современном мире происходит быстрое развитие технологий и стремительный переход от старого к новому, поэтому новые технологии активно разрабатываются и испытываются, а традиционные методы все больше теряют свою актуальность. Данная тематика является актуальной и отражается во многих научных публикациях, докладах конференций в России и за рубежом [2-5]. Шаг за шагом, за границей переходят к новой модели проектирования, отходя от привычных традиционных двухмерных моделей. Проблема инновационного подхода в проектировании является крайне важной для всей строительной отрасли. Подобные инновации, переход к которым идет во всем мире, несомненно, показаны к внедрению в таком большом и быстроразвивающемся государстве, как Россия.

Сущность и основные принципы

Под «новой моделью» управления подразумевается переход к Building Information Modeling. BIM – информационное моделирование будущего сооружения, комплекс мероприятий по управлению полным жизненным циклом сооружения, начиная от проекта и заканчивая работами по демонтажу [6]. BIM-технологии применяются на

стадиях строительства, эксплуатации, проектирования, реконструкции и ремонта инженерного сооружения.

ВМ-проектирование значительно отличается от других видов проектных работ. Различие в том, что все операции по сбору и обработке данных об архитектурных, конструктивных, планировочных, технологических, экономических, эксплуатационных и материальных характеристиках объекта объединены в едином информационном поле – ВМ-модели. Все данные, закладываемые в информационную модель объекта, взаимосвязаны и имеют между собой зависимости.

Таким образом, над единой моделью одновременно работают заказчики, подрядчики, геодезисты, инженеры-строители, архитекторы, дизайнеры, сметчики, инженеры-механики, инженеры-электрики и другие специалисты. В результате получается уникальный проект, над которым работало много людей разных специальностей по разным направлениям (рис. 1).



Рис. 1. ВМ-модель Grandfather's Bridge г. Хельсинки (источник: <https://sapr.ru/article/25569>)

Использование ВМ-технологии в мостостроении предполагает комплексный подход на всех этапах строительного производства и имеет свои преимущества на каждом уровне. Одно из основных достоинств ВМ-моделирования – получение тотального соответствия параметров и эксплуатационных характеристик будущего сооружения требованиям Заказчика.

Программные комплексы

Технологии ВМ основываются на трехмерной виртуальной модели, обладающей действительными физическими свойствами, однако возможности технологии информационного моделирования этим не ограничиваются. К модели присоединяются дополнительные измерения: планы, стоимость, время, материалы, механизмы и др. Подобные измерения позволяют рассчитать и определить технологические параметры процессов сооружения еще до начала строительных работ на объекте. Управление данными информационной модели помогает сократить сроки реализации проекта, упрощает эксплуатацию возведенного объекта и продлевает срок его службы [7]. Можно перечислить множество систем автоматизированного проектирования, программ архитектурного и календарного планирования, но стоит выделить те программные комплексы, которые доступны будущим специалистам в рамках получаемого высшего образования.

Данный метод является инновационным в сфере строительства и допускает возможность оптимизации всех стадий жизненного цикла строящегося сооружения. Можно привести примеры по каждому этапу. Одним из таких этапов является проектирование. В современном мире, всем студентам инженерных специальностей и проектировщикам известна программа AutoCAD, как относительно не сложная, а главное доступная программа для автоматизированного проектирования и черчения, которую

можно отнести к концепции BIM. Прежде в технологии автоматизированного проектирования САД использовался 2D-формат, т.е. создавались чертежи, условно символизирующие объект и его конструктивные характеристики. Однако теперь речь идет о цифровой модели, наполненной информацией о будущем объекте, поскольку информационное моделирование прибавляет слой данных к чертежам. Поскольку программное обеспечение BIM определяет предполагаемое использование каждого объекта, оно автоматически назначает стандартные размеры и используемые материалы [8]. Новый подход предполагает, что все данные об объекте находятся в одной взаимосвязанной модели и в совокупности, а не по разным разделам, как это было ранее.

Для процесса календарного планирования следует отметить программный комплекс Spider Project. Программа имеет множество преимуществ, ее изучают студенты инженерных специальностей, применяя в своих учебных проектах, т.к. она наиболее удобна и приспособлена к использованию. Spider Project – это одна из множества возможных программ, отвечающих за формирование календарного плана, которые можно использовать в рамках BIM. Программное обеспечение Spider Project было разработано В.И. Либерсоном (Россия) в 1992 году. На новую программу был небольшой спрос, поскольку ее стоимость была достаточно высокой. Однако подрядчики масштабных объектов в Москве вынуждены были применить Spider Project ввиду большого количества ресурсов и ограниченности во времени, не позволяющих выполнить проект в заданные сроки. Программа оказалась очень эффективной и на сегодняшний день используется в 32-х странах мира, в т.ч. и в России.

Программа имеет мощный математический аппарат, который учитывает условия многозадачности. При необходимости информационную базу из программы можно экспортировать и в другие программы, а также импортировать из них (например, Microsoft Project, Primavera Project Management и др.).

В настоящее время одним из основных достоинств программного комплекса является его совместимость со сметными программами, например, с программой Гранд-Смета. Гранд-Смета – программное обеспечение для составления и проверки сметных расчетов, а также формирования актов выполненных работ, разработки всех видов сметной документации для определения стоимости строительных процессов.

К тому же, в последнее время, помимо изучения полезных программных обеспечений, в некоторых российских учебных заведениях появились технологии BIM, шлемы виртуальной реальности и 3D-принтеры. Подобный инновационный подход помогает обучающимся инженерно-технических направлений развить проектное мышление и позволяет достичь результатов на каждой стадии обучения. Заинтересованность и вовлеченность студентов в процесс позволяет быстро и результативно осваивать современные технологии и программные продукты (специализированные САПР-программы) для моделирования, строительства, проектирования и дизайна, выполнять групповые и индивидуальные проекты, проводить эффективную подготовку к техническим олимпиадам и соревнованиям, а также легко вливаться в современные подходы к обучению.

На сегодняшний день в обычном учебном курсе, а также при выполнении выпускной квалификационной работы, студенты стараются изучить и использовать все программные обеспечения, которые им доступны. Такие программы, как Spider Project, Гранд Смета, Lira САПР, AutoCAD и др., двигают будущих специалистов к абсолютно автоматизированному проектированию [9].

Широко известно программное обеспечение Tekla, созданное корпорацией Tekla – одним из передовых мировых разработчиков программного обеспечения для автоматизации бизнес-процессов проектных, строительных, архитектурных и планировочных организаций. В настоящий момент, программа доступна только для специалистов и продвинутых пользователей. С помощью этой программы можно проконтролировать все этапы строительства искусственного сооружения. Например, в данной программе можно произвести интеллектуальную параметрическую детализацию арматуры для каждого элемента конструкции моста (рис. 2).

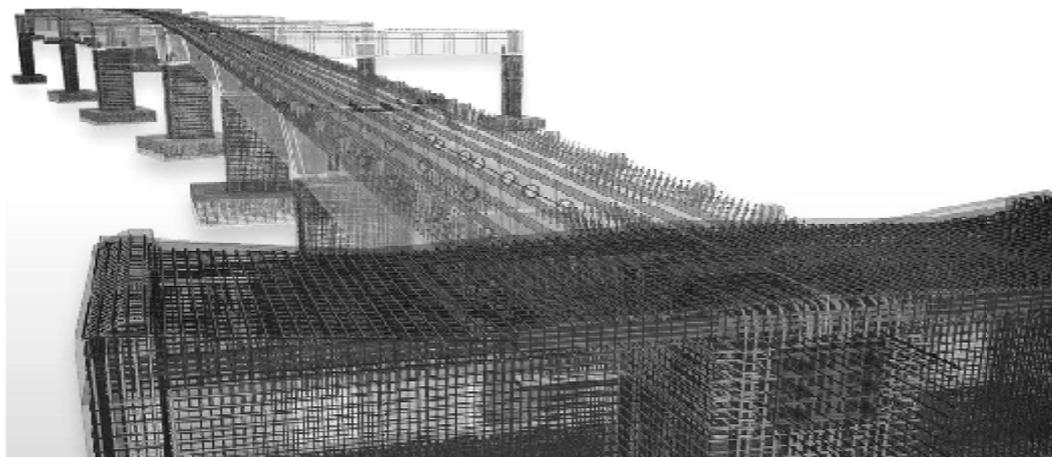


Рис. 2. Детализовка арматуры моста (источник: <https://www.tekla.com/ru>)

Таким образом, можно сделать вывод о том, что в нынешней системе образования России, начался переход к применению современных проектных решений на базе инновационного программного обеспечения, а также подготовка будущих специалистов к работе с современными средствами управления проектами, а в дальнейшем – и с BIM.

Внедрение BIM-технологий в России и за рубежом

Проблема внедрения программного обеспечения концепции BIM является важной и крайне актуальной для строительных и проектных организаций нашей страны. Однако можно опираться на опыт развития методологии в других странах, таких как США, Англия, Франция, Германии и т.д.

Рассмотрим строительство арочного пешеходного моста «Grandfather's Bridge» в г. Хельсинки в Финляндии, на всех этапах строительства которого, использовалось информационное моделирование: еще до старта работ на этапе участия в тендере и создания BIM-модели (рис. 1) до процесса календарного планирования, сметного расчета, производства конструкций и в последствии – возведения моста. Грамотное управление организацией строительства данного моста, позволило решить ряд задач, позволивших точно рассчитать всю последовательность работ по сооружению мостового перехода. К примеру, были спланированы параллельные сроки бетонирования отдельных конструкций, а также изготовления и монтажа металлических конструкций пешеходного моста. Применение BIM-технологий поспособствовало наиболее благоприятно спланировать и скоординировать действия рабочих на строительной площадке с группой, отвечающей за производство металлических конструкций. Благодаря инновационному подходу, стальное пролетное строение, полученное в результате трудоемких процессов по сборке сложной металлической арки, был установлен на бетонные береговые опоры с высокой точностью.

Кроме того, еще на первоначальной стадии проектирования было точно рассчитано армирование, а общая координация строительных процессов велась без сбоев. Эффективное управление позволило точно спланировать и учесть изготовление и доставку материалов и конструкций на строительную площадку моста, исключив нерациональное использование строительной площадки, а также простои производства. Пространственная визуализация конструкции существенно облегчила процесс обработки и восприятия технической информации об объекте при строительных работах.

Таким образом, применение BIM-технологий исключило возникновение ошибок в стадии проектирования и сделало его более удобным и эффективным. Это облегчило совместную работу участников проекта, изначально максимально повысив ее точность и слаженность.

Одним из самых успешных можно считать опыт Англии, в которой переход происходит «централизованным» образом, а основополагающим документом является BIM-мандат. Обмен опытом с Британией очень важен, поскольку там переход произошел раньше и уже дал позитивные результаты, в числе которых экономия на строительстве до

20-30 % [10]. В то время как в России только начали работу по введению и разработке новых законов, сводов правил, стандартов, регламентирующих работу с BIM, а также единой библиотеки материалов. Помимо этого, нельзя пренебрегать обучением принципам BIM-моделирования всех участников инвестиционно-строительного процесса. В России уже начали создаваться компании, которые ведут работы по введению, сопровождению и обучению BIM-технологиям. Кроме того, актуальным вопросом является разработка новой методики управления, поскольку организация проекта, использующего BIM-технологии, отличается от привычной сегодня. Стоит отметить огромный поток информации и данных, разрабатываемых для построения информационной модели, которые могут разрастаться до огромных размеров, что, соответственно, требует новейшее программное обеспечение [11]. Все эти нюансы необходимо учесть для полного перехода на BIM в России. Для полноценного использования BIM всеми участниками и специалистами строительной отрасли на каждом этапе возведения сооружения требуется разработка целого комплекса нормативных документов. В России этой задачей уже занимаются, поскольку в настоящий момент предусмотрена разработка более 60 стандартов и документов по стандартизации, однако первые Своды правил, посвященные вопросам BIM, опубликованы только в 2018 году.

Однако в Великобритании в настоящее время имеется Национальная библиотека BIM-моделей, содержащая в себе комплексный архив BIM-объектов, созданных группой специалистов в соответствии с международными стандартами НБС [12]. Примечательно, что их использование возможно в собственных проектах, а полная информационная база данных в библиотеке непрерывно обновляется, и каждый пользователь уведомляется о последних обновлениях скаченного им объекта.

На сегодняшний день в России имеется практика применения технологий информационного моделирования, которая отмечается положительным опытом, однако, за неимением полного комплекса отечественных стандартов, организации опираются на международные стандарты. Применять методологию в России начали при строительстве сооружений, масштабность и трудоемкость которых, делает их реализацию невозможной без использования BIM-методологии.

Приведем некоторые примеры искусственных сооружений в России, при строительстве и проектировании которых предусматривается применение методологии информационного проектирования:

1. Еще в 2005 году, при строительстве моста Миллениум в г. Казани, использовались методы управления проектами. При участии сотрудников кафедры «Мосты и транспортные тоннели» КГАСУ и Научно-технического центра «Мосты» проводился технический надзор во время строительства четвертой транспортной дамбы в г. Казани Республики Татарстан (2005-2007 гг.). Мост представляет собой две самостоятельные проезжие части криволинейные в плане, посредством вантов объединённые в единую конструкцию с пилоном в форме, напоминающем букву «М». Применение нового инновационного программного обеспечения при организации строительства мостового перехода, а именно использование программы Spider Project позволило соблюсти заданные сроки и сдать объект в эксплуатацию (рис. 3).

2. Все чаще в России появляются мосты, отличающиеся своей функциональностью и масштабностью, разработка которых требует инновационного подхода и инженерных решений, как при проектировании, так и при строительстве. К подобным искусственным сооружениям относится Керченский мост.

Керченский мост считается одним из крупнейших мостов, расположенных на территории Российской Федерации. Арочный мост состоит из параллельно расположенных железнодорожной и автомобильной трасс протяженностью 19 км [13]. Трасса начинается на Таманском полуострове, проходит остров Тузла, пересекает Керченский пролив и выходит на берег Крыма. На прошедшем в Москве BIM-конгрессе, рассматривалась, в числе других, полная цифровая модель Керченского моста.

3. Метрополитен относится к сложным сооружениям, при проектировании которого необходимо учитывать огромное количество факторов, поэтому переход на современные технологии при строительстве метро можно считать полностью

Поставленная задача о внедрении программных пакетов ВІМ является крайне важной и актуальной для строительных и проектных компаний нашей страны. За рубежом уже имеется успешный опыт перехода к единым информационным моделям, который следует перенять. В настоящее время на рынке появились фирмы разработчики программных обеспечений и комплексов, а также компании, готовые «внедрять» ВІМ-технологии в организациях. Однако на сегодняшний день Россия остановилась на этапе внедрения единой библиотеки материалов, сводов правил и законов, которые необходимы для дальнейшей работы с ВІМ. Технологии инновационного моделирования уже начали применять для строительства масштабных и уникальных объектов России, но о полном переходе на ВІМ можно говорить только после появления и упорядочения необходимых нормативных документов и регламентов.

Список библиографических ссылок

1. Мироненко Н. В., Леонова О. В. Эволюция развития проектного управления в России и за рубежом // Управленческое консультирование. 2017. № 6. С. 66–73.
2. Usanova K. Y., Vatin N. I. University BIM distance learning course for secondary school students // Advances and Trends in Engineering Sciences and Technologies II – Proceedings of the 2nd International Conference on Engineering Sciences and Technologies, ESaT 20162017. P. 297–302.
3. Kalugin Y. B. Reasons of delays in construction projects // Magazine of Civil Engineering. 2017. № 6 (74). P. 61–69.
4. Ronca P., Crespi P., Zichi A., Mayol A. Bim application in infrastructure project in the reuse of historical cities // REHABEND. № 2214792018. P. 2688–2698.
5. Vatin N. I., Usanova K. Y. BIM end-to-end training: From school to graduate school // Advances and Trends in Engineering Sciences and Technologies III – Proceedings of the 3rd International Conference on Engineering Sciences and Technologies, ESaT 20182019. P. 651–656.
6. Румянцева Е. В., Манухина Л. А. ВІМ-технологии: подход к проектированию строительного объекта как единого целого // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. 2015. № 5 (18). С. 34–37.
7. Kang T. W., Hong C. H. A study on software architecture for effective BIM/GIS-based facility management data integration // Automation in Construction. 2015. № 54. P. 28–35.
8. Ding L. Y., Zhong B. T., Wu S., Luo H. B. Construction risk knowledge management in BIM using ontology and semantic // Web technology. 2016. № 87. P. 203–212.
9. Пискунов А. А., Зиннуров Т. А., Бережной Д. В., Умаров Б. Ш., Вольтер А. Р. О результатах экспериментального и численного исследований напряженно-деформированного состояния бетонных конструкций, армированных предварительно напряженными полимеркомпозитными стержнями // Транспортные сооружения : ежедн. интернет-изд. 2018. № 2. URL: <https://t-s.today/02sats218.html> (дата обращения: 10.09.2019).
10. Перцева А. Е., Волкова А. А., Хижняк Н. С., Астафьева Н. С. Особенности внедрения ВІМ-технологии в отечественные организации // Наукоеведение: ежедн. интернет-изд. 2017. № 6. URL: <https://naukovedenie.ru/PDF/58EVN617.pdf> (дата обращения: 09.09.2019).
11. Чегодаева М. А. Трудности внедрения и развития ВІМ-технологий в России // Молодой ученый. 2017. № 29. С. 27–29.
12. Мамаев А. Е., Шарманов В. В., Золотова Ю. С., Свинцицкий В. А., Городнюк Г. С. Прикладное применение ВІМ-модели здания для контроля инвестиционно-строительного проекта // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2016. № 1-3. С. 88–93.
13. Галушак С. В., Овчинников И. Г., Овчинников И. И., Пестряков А. Н., Бахтиаров К. Н. Мостовой переход через Керченский пролив (история, реальность, будущее) // Наукоеведение : ежедн. интернет-изд. 2017. URL: <https://naukovedenie.ru/PDF/16KO514.pdf> (дата обращения: 08.09.2019).

14. BIM-моделирование и его становление в Российской Федерации // Студенческий электрон. научн. журн. 2019. № 17 (61). URL: <https://sibac.info/journal/student/61/140085> (дата обращения: 08.10.2019).
15. Zoua Y., Kiviniemib A., Jonesa S. W. A review of risk management through BIM and BIM-related technologies // Safety Science. 2016. № 81. P. 78–83.

Petropavlovskikh Olga Konstantinovna

senior lecturer

E-mail: olga_konst@mail.ru**Kazan State University of Architecture and Engineering**

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

Ibragimova Aniiia Airatovna

engineer

E-mail: anyia13@mail.ru**Sadykov Ruslan Rustamovich**

engineer

E-mail: ruslan14081997@mail.ru**LLC «Highways and facilities»**

The organization address: 420087, Russia, Kazan, Karbysheva st., 15

Gabitova Lilia Irekovna3rd category engineerE-mail: lilagabit@gmail.com**JSC «Mosproekt-3»**

The organization address: 420140, Russia, Kazan, Yu. Fuchik st., 90a

The effectiveness of project management in the construction of engineering structures**Abstract**

Problem statement. The purpose of this work is to reflect the relevance of the development and use of project management for the construction and design of artificial structures, as well as transport infrastructure. The following tasks are defined: 1) to analyze the current state of project management in the construction of transport facilities; 2) to study the software systems used in the field of project management and available for the educational process of students of engineering specialities; 3) to determine the effectiveness of implementation and the prospects for the development of the methodology in Russia, as well as to identify examples.

Results. The essence and principles of project management are studied. The optimal software systems related to the field of construction and design, namely management and, in addition, available in the educational process, have been identified. The analysis of the degree of implementation and the prospect of developing a methodology for effective project management in Russia based on foreign and domestic experience is carried out.

Conclusions. The significance of the results for the construction industry is that the effective management of construction projects based on the use of advanced software, allows you to save time and money, the volume of work, as it gives the opportunity to design and advance to test the efficiency of engineering solutions and systems before the start of the construction process, and to promptly update the status of the project with the use of more effective innovative solutions during its execution. The information model is the main resource that includes data on all stages of design and construction of the transport system: from the key concept to the moment of operation.

Keywords: information modelling, project management, BIM-technologies, transport construction, engineering structures, bridge, software, schedule, construction, model.

References

1. Mironenko N. V., Leonova O. V. Evolution of the development of project management in Russia and abroad // *Upravlencheskoye konsul'tirovaniye*. 2017. № 6. P. 66–73.
2. Usanova K. Y., Vatin N. I. University BIM distance learning course for secondary school students // *Advances and Trends in Engineering Sciences and Technologies II – Proceedings of the 2nd International Conference on Engineering Sciences and Technologies, ESaT 2016* 2017. P. 297–302.
3. Kalugin Y. B. Reasons of delays in construction projects // *Magazine of Civil Engineering*. 2017. № 6 (74). P. 61–69.
4. Ronca P., Crespi P., Zichi A., Mayol A. Bim application in infrastructure project in the reuse of historical cities // *REHABEND*. № 2214792018. P. 2688–2698.
5. Vatin N. I., Usanova K. Y. BIM end-to-end training: From school to graduate school // *Advances and Trends in Engineering Sciences and Technologies III – Proceedings of the 3rd International Conference on Engineering Sciences and Technologies, ESaT 2018* 2019. P. 651–656.
6. Rumyantseva E. V., Manukhina L. A. BIM-technologies: approach to designing a building object as a whole // *Sovremennaya nauka: aktual'nyye problemy i puti ikh resheniya*. 2015. № 5 (18). P. 34–37.
7. Kang T. W., Hong C. H. A study on software architecture for effective BIM/GIS-based facility management data integration // *Automation in Construction*. 2015. № 54. P. 28–35.
8. Ding L. Y., Zhong B. T., Wu S., Luo H. B. Construction risk knowledge management in BIM using ontology and semantic // *Web technology*. 2016. № 87. P. 203–212.
9. Piskunov A. A., Zinnurov T. A., Berezhnoy D. V., Umarov B. Sh., Volter A. R. On the results of experimental and numerical studies of the stress-strain state of concrete structures reinforced with prestressed polymer composite rods // *Transport facilities: daily internet edition* 2018. № 2. URL: <https://t-s.today/02sats218.html> (reference date: 10.09.2019).
10. Pertseva A. E., Volkova A. A., Khizhnyak N. S., Astafyeva N. S. Features of the implementation of BIM-technology in domestic organizations // *Naukovedenie: daily internet edition* 2017. № 6. URL: <https://naukovedenie.ru/PDF/58EVN617.pdf> (reference date: 10.09.2019).
11. Chegodaeva M. A. Difficulties in the implementation and development of BIM-technologies in Russia // *Molodoy uchenyy*. 2017. № 29. P. 27–29.
12. Mamaev A. E., Sharmanov V. V., Zolotova Yu. S., Svintsitsky V. A., Gorodnyuk G. S. Applied application of the BIM-model of a building for monitoring an investment construction project // *Aktual'nyye problemy gumanitarnykh i yestestvennykh nauk*. 2016. № 1-3. P. 88–93.
13. Galushak S. V., Ovchinnikov I. G., Ovchinnikov I. I., Pestryakov A. N., Bakhtiarov K. N. Bridge crossing over the Kerch Strait (history, reality, future) // *Naukovedenie: daily internet edition* 2017. URL: <https://naukovedenie.ru/PDF/16KO514.pdf> (reference date: 08.09.2019).
14. BIM-modeling and its formation in the Russian Federation // *Student electron. scientific journal* 2019. № 17 (61). URL: <https://sibac.info/journal/student/61/140085> (reference date: 08.10.2019).
15. Zoua Y., Kiviniemib A., Jonesa S. W. A review of risk management through BIM and BIM-related technologies // *Safety Science*. 2016. № 81. P. 78–83.



УДК 621.372.061

Мудров Александр Григорьевич

доктор технических наук, профессор

E-mail: Alexmudrov42@rambler.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

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

Мудрова Анна Александровна

соискатель

E-mail: annamudrova@mail.ru

Федеральная служба по аккредитации (Росаккредитация)

Адрес организации: 117312, Россия, г. Москва, ул. Вавилова, д. 7

Исследование коэффициента полезного действия пространственных механизмов с особой структурой

Аннотация

Постановка задачи. В последние годы в строительных технологиях стали использовать устройства, базовыми механизмами которых являются пространственные механизмы с особой структурой. Для соединения звеньев в них используют только вращательные шарниры на подшипниках качения или скольжения. Поскольку устройства являются новыми и оригинальными, защищенными патентами на изобретения, необходима проверка (исследование) их на эффективность, основным показателем которой служит коэффициент полезного действия (КПД).

Цель исследования – провести теоретический и экспериментальный анализы значений КПД таких механизмов на стенде, сконструированном для этой цели.

Результаты. В результате исследования четырех-, пяти- и шестизвенных пространственных механизмов на предложенной конструкции стенда, определены значения КПД от различных сил или моментов полезных и вредных сопротивлений, даны рекомендации по использованию механизмов в устройствах строительного профиля.

Выводы. Значимость полученных результатов для строительной отрасли заключается в создании новых, эффективных многофункциональных устройств на базе четырехзвенных, пятизвенных и шестизвенных пространственных механизмов с особой структурой.

Ключевые слова: пространственные механизмы, вращательные шарниры, стенд исследования КПД, многофункциональность механизмов.

Введение

Человек в своей жизни использовал и использует различные машины и механизмы для облегчения труда, преобразуя движение и изменяя приложенные силы. Устройства для преобразования энергии называются энергетическими машинами: паровая машина, ДВС, турбина, генератор, электродвигатель и др. Первая действующая паровая машина была создана русским изобретателем Иваном Ползуновым в 1766 г. [1] и усовершенствовала англичанином Джемсом Уаттом в 1784 г. [2].

В машине Ползунова пар под повышенным давлением поступал поочередно в два цилиндра с поршнями и передавал движение посредством цепной передачи мехам для трех медеплавильных печей. Машина имела высоту 11 м, вместимость котла 7 м³, высота цилиндров 2,8 м, мощность 29 кВт.

В машине Уатта вместо двух цилиндров был один, пар поступал попеременно по обе стороны поршня, толкая его то в одну, то в другую сторону. Частота вращения маховика контролировалась центробежным регулятором.

Большим недостатком первых паровых машин была низкая эффективность работы [3].

Эффективность паровой машины увеличили в паровой турбине [4], в которой кинетическая энергия струи пара преобразуется в механическую энергию турбины, кроме этого тепло, отбираемое от паровой турбины, используется для нагревания воды для бытового и промышленного теплоснабжения.

Распространенной тепловой машиной, используемой в различных транспортных средствах, является двигатель внутреннего сгорания: карбюраторный на бензиновом топливе и дизельный – на дизельном топливе. Эффективность тепловых машин оценивается отношением полезно использованной энергии к затраченной энергии, называемым коэффициентом полезного действия (КПД) [5, 6]. КПД паровой машины Ползунова не превышал 9 %, двигателей внутреннего сгорания до 40 %, турбин 40-60 %.

Следует отметить, что в технике от отмеченных выше источников энергии (двигателей) через передаточные механизмы передается энергия к рабочим исполнительным органам. Качество их передач характеризуется КПД – отношением работы сил полезного сопротивления на выходе системы к работе, затраченной на входе. Обычно используется среднее значение КПД, которое определяется за целое число циклов работы при установившемся режиме работы [7-9].

С историей развития технической книги в нашей стране можно ознакомиться в литературе [10, 11].

Из зарубежных публикаций, посвященных истории развития техники, в том числе передаточных механизмов, можно отметить некоторые работы [12-14].

Следует напомнить, что за рубежом пространственные механизмы с особой структурой не используются в качестве передаточных, так как ученые до настоящего времени не могут их изготовить, следовательно, они и не исследуются в производственных процессах, в том числе нет сведений об их КПД.

Нами поставлена цель – исследовать КПД группы пространственных механизмов с особой структурой, дать рекомендации по их использованию в производственных условиях в различных разделах техники.

Анализ и обсуждение исследования

Поскольку объектом исследования приняты пространственные механизмы с особой структурой, приведем краткие сведения о них. Особенность механизмов в том, что их звенья имеют скрещенные оси (оси не параллельны и нигде не пересекаются) шарниров, которые имеют в составе только подшипники качения или скольжения. Такие структурные условия создавали проблемы с изготовлением действующих моделей и натуральных образцов, звенья не проворачивались, т.е. механизмы были неработоспособны.

Теоретические исследования предполагали пересечение длин смежных звеньев в одной точке, а в моделях из-за скрещенных осей звеньев это не было обеспечено.

Решили проблему казанские ученые под руководством профессоров Б.В. Шитикова [15] и П.Г. Мудрова [16]. Было изготовлено более ста работоспособных моделей неизвестных ранее механизмов, более 120 устройств на их базе, защищенных авторскими свидетельствами и патентами, разработано новое научное направление в теории пространственных механизмов, выявлена многофункциональность использования механизмов в различных разделах техники, разработана технология изготовления моделей и натуральных образцов.

Темой данной статьи является исследование коэффициента полезного действия четырех-, пяти- и шестизвенных пространственных механизмов с вращательными шарнирами, оформленными на стандартных подшипниках качения.

Схемы базовой конструкции четырехзвенных механизмов Беннетта-Шитикова показаны на рис. 1.

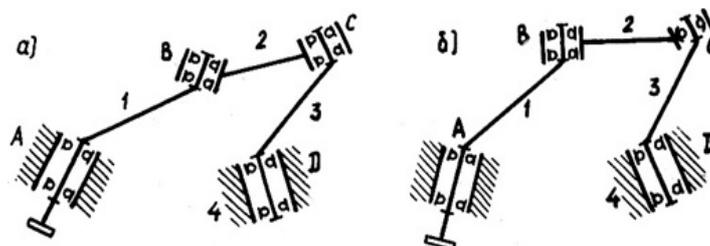


Рис. 1. Схемы механизмов Беннетта-Шитикова (иллюстрация авторов):
а) на подшипниках качения; б) с шаровой парой

Механизмы Беннетта-Шитикова имели следующие геометрические параметры:

а) $\alpha_1 = \alpha_3 = 154^{\circ} 20'$, $\alpha_2 = \alpha_4 = 60^{\circ}$, $l_1 = l_3 = 100$ мм, $l_2 = l_4 = 200$ мм;

б) $\alpha_1 = \alpha_3 = 25^{\circ} 40'$, $\alpha_2 = \alpha_4 = 60^{\circ}$, $l_1 = l_3 = 100$ мм, $l_2 = l_4 = 200$ мм;

в) $\alpha_1 = \alpha_3 = 145^{\circ}$, $\alpha_2 = \alpha_4 = 60^{\circ}$, $l_1 = l_3 = 132,5$ мм, $l_2 = l_4 = 200$ мм;

г) $\alpha_1 = \alpha_3 = 165^{\circ}$, $\alpha_2 = \alpha_4 = 60^{\circ}$, $l_1 = l_3 = 59,8$ мм, $l_2 = l_4 = 200$ мм.

В качестве шарнирных соединений были использованы радиальные шарикоподшипники: пары «кривошип-станина»-205; «кривошип-шатун»-204 и «шаровая пара»-1204.



Рис. 2. Схемы пятизвенного и шестизвенного механизмов (иллюстрация авторов):
в) пятизвенный; г) шестизвенный

Пятизвенные и шестизвенные механизмы показаны на рис. 2. Пятизвенные механизмы имели следующие параметры:

а) механизм с передаточным отношением, равным нулю:

$\alpha_1 = \alpha_3 = 25^{\circ} 40'$, $\alpha_2 = 47^{\circ} 30'$ ($227^{\circ} 30'$), $\alpha_4 = 167^{\circ} 30'$, $\alpha_5 = 60^{\circ}$, $l_1 = l_3 = 50$ мм, $l_2 = 125$ мм, $l_4 = 25$ мм, $l_5 = 100$ мм;

б) механизм с передаточным отношением, равным двум (то же самое с передаточным отношением, равным 0,5):

$\alpha_1 = \alpha_3 = 154^{\circ} 20'$, $\alpha_2 = 47^{\circ} 30'$ ($227^{\circ} 30'$), $\alpha_4 = 167^{\circ} 30'$, $\alpha_5 = 60^{\circ}$, $l_1 = l_3 = 50$ мм, $l_2 = 125$ мм, $l_4 = 25$ мм, $l_5 = 100$ мм.

В пятизвенниках вращательные шарниры оформлены подшипниками-204, кроме станины, которые оформлены подшипниками-205.

Параметры шестизвенника следующие:

$\alpha_1 = \alpha_3 = \alpha_2 = \alpha_4 = \alpha_5 = 90^{\circ}$, $\alpha_6 = 0(180^{\circ})$, $l_6 = l\sqrt{3} = 259,8$ мм, $l_3 = l_2 = l_4 = l = 150$ мм, $l_1 = l_5 = 0$.

В механизме вращательные шарниры станины оформлены подшипниками-205, шарниры В и Е (рис. 2) – подшипниками 704902К4, остальные шарниры – подшипниками ШМ20.

Итак, коэффициентом полезного действия (КПД) называется отношение полезной работы или мощности к затраченной работе или мощности, обозначается – η и равно:

$$\eta = \frac{A_n}{A_3} \quad \text{или} \quad \eta = \frac{N_n}{N_3}. \quad (1)$$

Выражение (1) можно представить как:

$$\eta = \frac{A_n}{A_3} = \frac{A_3 - A_{mp}}{A_3} = \frac{N_3 - N_{mp}}{N_3} = 1 - \phi, \quad (2)$$

где ϕ – коэффициент потерь, отношение работы сил вредного сопротивления к работе движущих сил.

Смысл введения коэффициентов η и ϕ заключается в возможности косвенного учета работы трения в устройствах и машинах.

Работу сил трения или мощность трения в пространственных механизмах можно определить, зная момент трения в шарнирных соединениях. Момент трения в шарнире определяется по формуле:

$$M_{mp} = 0,5 Q_i d_u f', \quad (3)$$

где Q_i – радиальное давление в шарнире;

d_u – диаметр вала (цапфы);

f' – приведенный коэффициент трения в опорах.

При использовании в шарнирных соединениях подшипников скольжения приведенный коэффициент f' равен, для неприработанной цапфы $f'=1,57f$, для приработанной цапфы $f' = 1,27f$ (здесь f – коэффициент трения скольжения).

Если установлены подшипники качения, то приведенный коэффициент трения равен:

$$f' = 1,22\mu(0,5d_в + 0,5d_{ш}), \quad (4)$$

где μ – коэффициент трения качения;

$d_в$ – диаметр вала (цапфы);

$d_{ш}$ – диаметр шарика.

Мощность трения в шарнирах определится, например, в шарнире А (рис. 2):

$$N_{мп} = M_{мпА}\omega = 1,22Q_A\mu(1+d_в/d_{ш})\omega.$$

Мощность трения в шарнирах В, С, D соответственно равны:

$$N_{мпВ} = M_{мпВ}\omega_3 = 1,22Q_B\mu(1+d_в/d_{ш})\omega_3,$$

$$N_{мпС} = M_{мпС}\omega_3 = 1,22Q_C\mu(1+d_в/d_{ш})\omega_3,$$

$$N_{мпD} = M_{мпD}\omega_3 = 1,22Q_D\mu(1+d_в/d_{ш})\omega_3.$$

Общая мощность трения в механизме равна:

$$N_{мп} = N_{мпА} + N_{мпВ} + N_{мпС} + N_{мпD}.$$

Затраченная мощность составит:

$$N_з = N_n + N_{мп},$$

где N_n – полезная мощность, определяемая по формуле:

$$N_n = M_1^{(z)}\omega,$$

здесь $M_1^{(z)}$ – полезный момент.

КПД определится:

$$\eta = \frac{N_n}{N_n + N_{мп}} = \frac{M_1^{(z)}}{M_1^{(z)} + M_{мп}}. \quad (5)$$

Это теоретическое значение коэффициента полезного действия. Как видно из изложенного, необходимо предварительно определить давления в шарнирах (силовой расчет механизма), знать полезный момент и определить момент трения в шарнирах.

Значение КПД можно достаточно точно определить экспериментальным путем на специальных стендах. Движущий момент, подводимый к испытываемому механизму, можно измерить, например, с помощью балансирного двигателя. Это обыкновенный электродвигатель, у которого подвижный статор, качающийся на подшипниках качения. Момент на статоре принимается равным моменту на роторе и легко определяется, уравновесив статор грузами или динамометром.

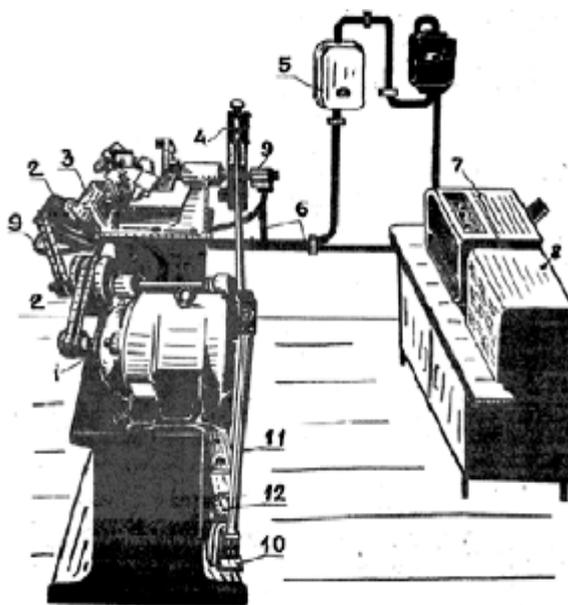


Рис. 3. Стенд для исследования КПД механизмов (иллюстрация авторов)

Момент на выходе создается и измеряется механическим, гидравлическим или электрическим тормозом. Механические тормозы наиболее просты, но не обеспечивают стабильную работу при высоких частотах вращения.

Стенд для исследования КПД механизмов (рис. 3) включает электродвигатель – 1, клиноременную передачу – 2, один из исследуемых пространственных механизмов – 3, тормоз – 4, пусковую аппаратуру – 5, экранированные кабели – 6, осциллограф – 7 (тип Н115), усилитель – 8 (тип 8-АНЧ-7М), токосъемники – 9, служащие для соединения проводов тензодатчиков с экранированными кабелями.

Рессора – 10 выполняет назначение весов, свободный конец рессоры через вертикальную штангу – 11 соединяется с горизонтальным рычагом тормоза – 4. Величина прогиба рессоры фиксируется индикатором – 12, который оттарирован соответствующим тормозным моментом, приложенным к валу выходного кривошипа механизма. Для фиксирования начала цикла служит диск со штифтом, прикрепленный к торцу шкива входного кривошипа, и прерыватель, который включен в цепь одного из каналов усилителя и осциллографа. При вращении диска его штифт нажимает на рычаг прерывателя и размыкает электрическую цепь канала, вследствие чего на осциллографе образуется прерывистая линия.

Для замера деформаций на внешнюю поверхность звеньев наклеиваются тензодатчики по известной методике.

Для каждого из исследуемых механизмов получают графики деформаций скручивания валов кривошипов при различных режимах работы. КПД механизма определяется по полученным графикам как отношение полезной работы к затраченной:

$$\eta = \frac{A_n}{A_3} = \frac{\int_{\gamma_4}^{\gamma_2} M_n d\gamma}{\int_{\varphi_1}^{\varphi_2} M_3 d\varphi} = \frac{K'_M K_\gamma F_n}{K_M K_\varphi F_3}, \tag{6}$$

где F_n – площадь на графике момента, приложенного к выходному звену ($M_n=f(\gamma)$); K_M и K'_M – масштабы соответственно моментов M_n и M_3 ; F_3 – площадь на графике момента, приложенного к входному звену ($M_3=f(\varphi)$); K_φ и K_γ – масштабы угла поворота входного и выходного кривошипов.

Графики моментов, приложенных к входному и выходному кривошипам, показаны на рис. 4.

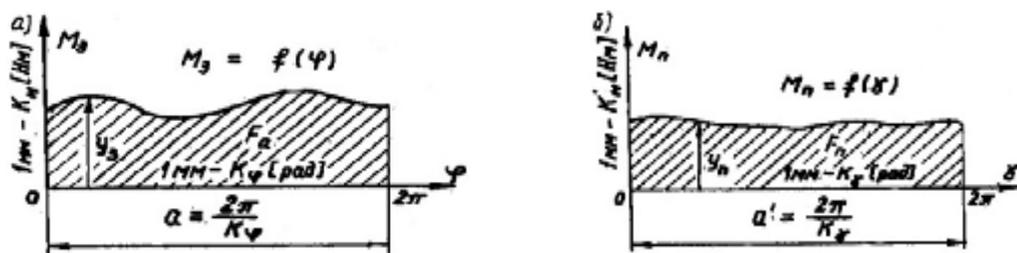


Рис. 4. Графики моментов входного (а) и выходного (б) звеньев (иллюстрация авторов)

Запись осциллограмм проводилась при установившемся режиме работы механизма и при различных значениях тормозного момента, начиная с 6 Нм до 30 Нм с интервалом в 3 Нм.

Оптимальное (расчетное) значение тормозного момента для каждого из исследуемых механизмов равнялось 12 Нм.

В формуле (6) масштабы K_M и K'_M будут и масштабами осциллограмм. Величина их определялась путем соответствующей силовой тарировки тензодатчиков, проведенной по общепринятой методике.

Масштабы углов поворота для всех механизмов одинаковы, так как отрезки (a, a') равны, в этом случае формула для КПД будет иметь вид:

$$\eta = \frac{K'_M F_n}{K_M F_3}. \tag{7}$$

Таким образом, замеряют на осциллограммах с помощью планиметра (например, типа ПП – 2к) площади F_n и F_3 , подставляют их с соответствующими значениями коэффициентов в формулы КПД и находят их численные значения.

Относительная погрешность определения КПД данным способом, согласно теоремам об относительной погрешности произведения и частного [17, 18], для первого случая (6) определится:

$$\delta\eta \leq \delta K'_M + \delta K_\gamma + \delta F_n + \delta K_M + \delta K_\varphi + \delta F_3,$$

а так как при нашем эксперименте $\delta K'_M = \delta K_M = 0,003$, $\delta K_\gamma = 0,002$, $\delta K_\varphi = 0,001$ и $\delta F_n = \delta F_3 = 0,002$, то $\delta\eta \leq 0,013$ или $\delta\eta \leq 1,3\%$, т.е. является удовлетворительной.

Для второго случая (7) эта погрешность будет еще меньше, поскольку $\delta\eta \leq \delta K'_M + \delta F_n + \delta K_M + \delta F_3$, следовательно, $\delta\eta \leq 0,010$ или $\delta\eta \leq 1,0\%$.

На рис. 5 приведены графики значений КПД исследованных механизмов. Как видно из графиков, КПД пространственных шарнирных механизмов имеет высокое значение. У механизмов Беннетта-Шитикова он равен 0,98 – для механизма без структурных изменений и 0,97 – для механизма с шаровой опорой, у пятизвенников – 0,96 и у шестизвенников – 0,92.



Рис. 5. Графики значений КПД механизмов (иллюстрация авторов):
1-3 – механизмы Беннетта-Шитикова, 4, 5 – пятизвенники, 6 – шестизвенники

По данному показателю КПД, пространственные механизмы с особой структурой занимают положение в самой верхней строке градации передаточных механизмов, используются, и в будущем должны использоваться, в силовых передачах строительной отрасли и других разделах техники, преобразующих движение в устройствах.

Таким образом, значение КПД пространственных механизмов с особой структурой находится в пределах 0,92...0,98, что подтверждает степень совершенства их в части передачи энергии от источника привода к рабочим органам.

Заключение

1. Пространственные механизмы с особой структурой относятся к новому научному направлению в теории пространственных механизмов, в составе соединительных шарниров звеньев которых только стандартные подшипники качения или скольжения.

2. На базе данных механизмов создано много новых малогабаритных универсальных эффективных устройств как для строительной отрасли (уплотнение грунта и асфальтобетона, забивания и извлечения свай и труб, в качестве движителя), так и для машиностроения, сельскохозяйственной техники, медицины, химической промышленности и др.

3. Механизмы и устройства на их базе имеют повышенное значение КПД в пределах 0,92-0,98, что свидетельствует о высокой энергоэффективности, надежности и ресурсе работы.

Список библиографических ссылок

1. Конфедератов И. Я. Иван Иванович Ползунов. М.-Л. : Госэнергоиздат.1957. 256 с.
2. Конфедератов И. Я. Джемс Уатт. М. : Наука, 1969. 224 с.
3. Кузнецов А. С. Устройство и работа двигателя внутреннего сгорания : ИЦ «Академия», 2011. 81 с.

4. Медовщиков Ю. В. Основы тепловых двигателей внутреннего сгорания : Кнорус, 2018. 106 с.
5. Лопатухина И. Е., Кутеева Г. А., Повилайнен Г. В. Очерки по истории механики и физики. СПб. : ВВМ, 2016. 204 с.
6. Трудселл К. Очерки истории механики. М. : Институт Компьютерных исследований Москва-Ижевск. 2002. 316 с.
7. Соловьев А. И. Коэффициент полезного действия механизмов и машин. М. : Машиностроение, 1966. 179 с.
8. Козловский М. З., Евграфов А. Н., Семенов Ю. А. Теория механизмов и машин. М. : Академия, 2014. 560 с.
9. Коровин Ю. В. Теория механизмов и машин. Казань : Фэн, 2003. 396 с.
10. Мандрыка А. П. Очерки развития технических наук. Л. : Наука, 1984. 108 с.
11. Черняк А. Н. История технической книги. М. : Книга, 1969. 420 с.
12. Vidosic J. P. Synthesis of four-bar function generators // Trans. Gth Conf. of Mechanism (Purdue Univ. Lafayette, Ind). 1960. P. 82–86.
13. Mensch – Wissenschaft – Technik geschichte. Berlin, 1997. 165 p.
14. Timm A. Einführung in die Technik geschichte. Berlin, 1992. 213 p.
15. Шитиков Б. В. Исследование пространственных шарнирных механизмов. Рукопись. Отчет о научно-исследовательской работе. Казань : КХТИ, 1957. 28 с.
16. Мудров П. Г. Пространственные механизмы с вращательными парами. Казань : Изд-во Казанского университета, 1976. 264 с.
17. Латышенко К. П. Автоматизация измерений, контроля и испытаний. М. : Академия, 2014. 320 с.
18. Каюмов Р. А., Тазюков Б. Ф., Мухамедова И. З., Шакирзянов Ф. Р. Большие прогибы вязкоупругих панелей // Известия высших учебных заведений. Математика. 2019. № 11. С. 80–86.

Mudrov Alexander Grigorievich

doctor of technical sciences, professor

E-mail: Alexmudrov42@rambler.ru

Kazan State University of Architecture and Engineering

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

Mudrova Anna Alexandrovna

researcher

E-mail: annamudrova@mail.ru

Federal service for accreditation (Rusaccreditation)

The organization address: 117312, Russia, Moscow, Vavilova st. 7

Study of the efficiency of spatial mechanisms with a special structure**Abstract**

Problem statement. In recent years, construction technologies have begun to use devices whose basic mechanisms are spatial mechanisms with a special structure. To connect the links, they use only rotary joints on rolling or sliding bearings. Since the devices are new and original, protected by patents for inventions, it is necessary to check (study) their effectiveness, the main indicator of which is the efficiency coefficient (efficiency). The purpose of the study is to conduct theoretical and experimental analyses of the efficiency values of such mechanisms on a stand designed for this purpose.

Results. As a result of the study of four-, five- and six-dimensional mechanisms on the proposed design of the stand, the values of efficiency from various forces or moments of useful and harmful resistances are determined, recommendations for the use of mechanisms in construction profile devices are given.

Conclusions. The significance of the results obtained for the construction industry lies in the creation of new, effective multifunctional devices based on four-link, five-link and six-link spatial mechanisms with a special structure.

Keywords: spatial mechanisms, rotational hinges, efficiency research bench, multi-functionality of mechanisms.

References

1. Confederatov Ya. Ivan Ivanovich Polzunov. M.-L. : Gosenergoizdat. 1957. 256 p.
2. Confederatov Ya. James Watt. M. : Nauka, 1969. 224 p.
3. Kuznetsov A. S. The device and operation of the internal combustion engine : RC «Academia», 2011. 81 p.
4. Medovshchikov Yu.V. Fundamentals of internal combustion thermal engines: Knorus, 2018. 106 p.
5. Lopatukhina I. E., Kuteeva G. A., Povilainen G. V. Essays on the history of mechanics and physics. SPb. : VVM, 2016. 204 p.
6. Truesdell K. Essays on the history of mechanics. M.: Institute for Computer Research Moscow-Izhevsk. 2002. 316 p.
7. Soloviev A. I. The efficiency of mechanisms and machines. M. : Mashinostroyeniye, 1966. 179 p.
8. Kozlovsky M. Z., Evgrafov A. N., Semenov Yu. A. Theory of mechanisms and machines. M. : Academia, 2014. 560 p.
9. Korovin Yu. V. The theory of mechanisms and machines. Kazan : Fen, 2003. 396 p.
10. Mandryka A. P. Essays on the development of technical sciences. L. : Nauka, 1984. 108 p.
11. Chernyak A. N. History of a technical book. M. : Kniga, 1969. 420 p.
12. Vidosic J. P. Synthesis of four-bar function generators // Trans. Gth Conf. of Mechanism (Purdue univ. Latayette, ind). 1960. P. 82–86.
13. Mensch – Wissenschaft – Technik geschichte. Berlin, 1997. 165 p.
14. Timm A. Einfiihrung in die Technik geschichte. Berlin, 1992. 213 p.
15. Shitikov B.V. Research of spatial hinged mechanisms. Manuscript. Research Report. Kazan : KHTI, 1957. 28 p.
16. Mudrov P. G. Spatial mechanisms with rotational pairs. Kazan : Kazan University Press, 1976. 264 p.
17. Latyshenko K. P. Automation of measurement, control and testing. M. : Academia, 2014. 320 p.
18. Kayumov R. A., Tazyukov B. F., Mukhamedova I. Z., Shakirzyanov F. R. Large deflections of viscoelastic panels // Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Matematika. 2019. № 11. P. 80–86.

**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

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

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 нанокмозитов 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 68th 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.

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. деят-ти.

Известия КГАСУ
2020 г., № 1 (51)

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, д. 1
Тел. для справок: (843) 510-46-39
Адрес издателя: 420043, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

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»
Распространение: свободная цена

Подп. к печати 25.03.2020	Формат 60×84/8
Заказ 41	Бумага тип. № 1
Усл.-печ. л. 26,3	Уч.-изд. л. 26,8
Тираж 500 экз.	
I завод-100	

Дата выхода в свет: 31.03.2020

Отпечатано в Издательстве КГАСУ: 420061, г. Казань, ул. Н. Ершова, д. 31Б