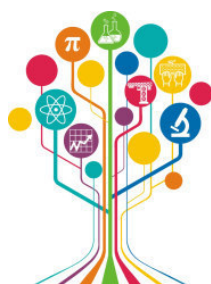


МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ



# ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ НАУК

Том 6. Строительство и архитектура

Сборник научных трудов

XVIII Международной конференции студентов, аспирантов  
и молодых ученых

27–30 апреля 2021 г.

# PROSPECTS OF FUNDAMENTAL SCIENCES DEVELOPMENT

Volume 6. Construction and architecture

Abstracts

XVIII International Conference of students, graduate students  
and young scientists

April 27–30, 2021



Национальный  
исследовательский

Томский  
государственный  
университет



Томск 2021

УДК 501:004(063)  
ББК 72:32.81л0  
П27

**Перспективы развития фундаментальных наук** : сборник трудов XVIII Международной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых (Томск, 27–30 апреля 2021 г.). В 7 томах. Том 6. Строительство и архитектура / под ред. И.А. Курзиной, Г.А. Вороновой. – Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2021. – 136 с.

ISBN 978-5-4387-1016-5 (т. 6)  
ISBN 978-5-4387-1010-3

Сборник содержит труды участников XVIII Международной конференции студентов, аспирантов и молодых учёных «Перспективы развития фундаментальных наук», представленные на секции «Строительство и архитектура».

Предназначен для студентов, аспирантов, молодых ученых и преподавателей, специализирующихся в области технологии строительства, строительных материалов, изделий и конструкций, нанотехнологий в строительстве, электротехники и электромеханики, машиноведения и механики, инженерной геологии, методики архитектурного проектирования, теории и истории архитектуры, реставрации и реконструкции архитектурного наследия, а также дизайна архитектурной среды.

**УДК 501:004(063)**  
**ББК 72:32.81л0**

*Редакционная коллегия*

И.А. Курзина, доктор физико-математических наук, доцент;  
Г.А. Воронова, кандидат химических наук, доцент;  
С.А. Поробова.

ISBN 978-5-4387-1016-5 (т. 6)  
ISBN 978-5-4387-1010-3

© ФГАОУ ВО НИ ТПУ, 2021



**Группа Компаний ЭФКО** – одна из крупнейших компаний пищевой промышленности России, вертикально-интегрированный производитель жиров специального назначения, используемых в кондитерской, хлебопекарной и других отраслях пищевой промышленности, и крупнейший переработчик отечественных маслосемян. «ЭФКО» – ведущий экспортер подсолнечного масла; продукция компании поставляется в 50 стран мира. «ЭФКО» – производитель продуктов питания – майонезов, растительных масел, кетчупов и соусов, йогуртов и молока в России, под такими широко известными брендами, как «Слобода», Altero и Violio.

Главная опора в развитии компании – это инновации. Нам интересны следующие технологические направления:

- Биотехнологии масел и жиров
- Переработка масличных
- Растительное мясо
- Сахарозаменители (редкие сахара, сладкие белки)
- Ферментация шрота
- Эффективное молочное животноводство



Инновации – философия бизнеса ГК «ЭФКО»

### Основная инновационная активность развивается в следующих ключевых компаниях Группы:



Ключевой центр исследований и разработок (R&D) ГК «ЭФКО»; он оснащен высокотехнологичным оборудованием, позволяющим проводить полный цикл исследований: от лабораторных до промышленных. На территории создана инфраструктура для обучения, комфортного проживания и досуга (научно-образовательный центр, рестораны, горнолыжный комплекс, детский сад и школа для детей сотрудников)



Центр поиска новых идей и точка входа для стартапов и внешних партнеров в контур открытых инноваций ГК «ЭФКО»



Венчурный фонд, осуществляющий инвестиции в высокотехнологические стартапы пищевой отрасли по всему миру. «Топливо для роста» – это именно то, что мы даем компаниям: инвестиции, опыт и сеть контактов

Самая главная причина побед ГК «ЭФКО» – это люди, работающие в компании. Реализация любого, даже самого перспективного проекта, была бы невозможна без увлеченных специалистов, поэтому их поиск – наша первоочередная задача. Мы активно ищем увлеченных специалистов для реализации масштабных проектов, способных изменить пищевую индустрию! Сделаем еду вкуснее, полезнее и доступнее вместе!



[www.efko.ru](http://www.efko.ru)



[efko\\_innovations](https://www.instagram.com/efko_innovations)



[fuel4growth](https://www.facebook.com/fuel4growth)

## Какие возможности и перспективы роста ГК «ЭФКО» предлагает молодым специалистам?

1. Производственная и научная практика в разных подразделениях компании, включая инновационный центр «Бирюч»
2. Трудоустройство и для профессионалов, и для начинающих специалистов
3. Включение в группу специалистов, работающих над перспективными инновационными проектами с международной кооперацией



## Что мы предлагаем молодым талантам:

1. Программа гарантированного карьерного роста для сотрудников, которые готовы учиться, развиваться и расширять свой кругозор
2. Стартовая заработная плата от 60 тыс. руб. с перспективой роста
3. Бесплатное жилье в корпоративном многоквартирном доме (для сотрудников ИЦ «Бирюч»)
4. Бесплатное лечение в собственном лечебно-диагностическом центре

## Кого мы ищем?

Мы ищем людей, кто по своим личностным характеристикам готов воспринимать жизнь как увлекательное приключение, и кто готов вместе с нами менять пищевую индустрию.

Мы активно ищем специалистов, которые могут разрабатывать и создавать новые продукты (биотехнологов, генных инженеров, биохимиков, микробиологов, биоинформатиков), а также тех, кто будет помогать выстраивать новые направления бизнеса (аналитиков, менеджеров проектов, инженеров, дизайнеров, бизнес-администраторов и многих других)



Если Вы хотите присоединиться к нашей дружной команде, то пишите нам на [startup@efko.ru](mailto:startup@efko.ru) с темой «работа мечты»



[www.efko.ru](http://www.efko.ru)



[efko\\_innovations](https://www.instagram.com/efko_innovations)



[fuel4growth](https://www.facebook.com/fuel4growth)

Торговая марка «Органика» – это современные технологии, надежность и качество, проверенное временем.

АО «Органика» является производителем лекарственных средств с 1962 года. Сегодня – это современный комплекс полного производственного цикла от субстанций до готовых лекарственных препаратов 20 фармакотерапевтических групп, половина из которых входит в Перечень жизненно-необходимых и важнейших лекарственных средств Министерства здравоохранения РФ.

АО «Органика» производит следующие лекарственные средства:

- стерильные лекарственные препараты:

- препараты, содержащие сильнодействующие вещества: растворы для инъекций;
- препараты, не требующие специального выделения в отдельное производство: растворы для инъекций;

- нестерильные лекарственные препараты:

- препараты, содержащие сильнодействующие вещества: таблетки непокрытые, таблетки покрытые оболочкой;
- препараты, не требующие специального выделения в отдельное производство: капсулы, таблетки непокрытые, таблетки покрытые оболочкой;

- фармацевтические субстанции:

- фармацевтические субстанции, получаемые методами химического синтеза;
- фармацевтические субстанции, получаемые методами выделения из химического сырья.

Также, на стадии разработки находятся инновационные препараты в нескольких лекарственных формах.

АО «Органика» является активным участником системы импортозамещения, обеспечивая доступность фармацевтической помощи для граждан страны. За 10 лет работы производственный портфель предприятия пополнился 17 наименованиями лекарственных препаратов, у 2 наименований был расширен диапазон дозировок. За период 2017-2020 гг. было проведено 9 рандомизированных клинических исследований, показавших клиническую биоэквивалентность производимых заводом препаратов с референтными.

На предприятии идет непрерывное обновление производственных мощностей и введение в работу новых современных технологических линий. Ориентируясь на потребителя, АО «Органика» определяет основную цель своей деятельности в области качества: выпуск конкурентоспособной продукции, удовлетворяющей требованиям и ожиданиям наших потребителей, динамичное развитие предприятия.

Для реализации этих целей и задач нам необходимы новые кадры, новые мысли, новые люди.

**СОДЕРЖАНИЕ**

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПЕНОБЕТОНА С ДОБАВЛЕНИЕМ БУРОВОГО ШЛАМА В КАЧЕСТВЕ ЗАПОЛНИТЕЛЯ <b>Н.Е. Рябцева, А.М. Алиев</b>	8
ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОДУКТОВ ПЕРИКЛАЗА, ПОЛУЧЕННЫХ В ВОЗДУШНО-ПЛАЗМЕННОЙ СРЕДЕ <b>В.В. Шеховцов, Р.Ю. Бакшанский</b>	11
ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ ПРИ ТЕПЛОВОЙ ОБРАБОТКЕ СБОРНОГО ЖЕЛЕЗОБЕТОНА <b>М.И. Батюк</b>	14
АНАЛИЗ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ НАНОКОМПОЗИТНЫХ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ АНТИКОРРОЗИОННОЙ ЗАЩИТЫ ТРУБОПРОВОДОВ <b>Д.А. Белов, А.А. Грученкова</b>	17
ИССЛЕДОВАНИЕ СОБСТВЕННЫХ ДЕФОРМАЦИЙ ЦЕМЕНТНОГО КОМПОЗИТА С ОРТОТРОПНЫМ КОМПОНЕНТОМ <b>О.С. Бочкарева, П.В. Филипенко, В.С. Орлов</b>	20
ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ СЛОЕВ КОМПОЗИТА, АРМИРОВАННОГО ПРЕДНАПРЯЖЕННОЙ УГЛЕРОДНОЙ ЛЕНТОЙ <b>В.Е. Буньков, А.М. Устинов</b>	23
ИЗГОТОВЛЕНИЕ САМОУПЛОТНЯЮЩИХСЯ БЕТОНОВ И ФОРМОВАНИЕ В МОНОЛИТНЫХ КОНСТРУКЦИЯХ <b>Н. Габова</b>	26
ГРАНУЛИРОВАННЫЙ МАТЕРИАЛ НА ОСНОВЕ ТОРФОВЕРМИКУЛИТОВОЙ КОМПОЗИЦИИ ПРИМЕНИТЕЛЬНО К ДЕРЕВЯННЫМ КОНСТРУКЦИЯМ ЗДАНИЙ <b>Д.С. Горкольцева</b>	29
СВЯЗЬ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ОТКЛИКА ПРИ ВНЕШНЕМ ДЕТЕРМИНИРОВАННОМ АКУСТИЧЕСКОМ ВОЗДЕЙСТВИИ МОДЕЛЬНЫХ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ОБРАЗЦОВ С ДЕФЕКТАМИ В БЕТОНЕ <b>Д.Д. Данин, М.В. Петров, П.Н. Хорсов</b>	32
РАСЧЕТ ИЗГИБА ВЯЗКОУПРУГИХ АНИЗОТРОПНЫХ БАЛОК <b>Д.Д. Дубровский, Н.А. Куприянов, М.С. Павлов</b>	35
ШТАМПОВЫЕ ИСПЫТАНИЯ ГРУНТОВ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ <b>И.А. Зголич</b>	38
ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО - МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЦЕМЕНТНОГО КАМНЯ С В/Ц = 0,35 С ДОБАВЛЕНИЕМ ХИМИЧЕСКОЙ ДОБАВКИ В УСЛОВИЯХ ГРАДИЕНТА ТЕМПЕРАТУР <b>А.Ч. Карыбаева, А.И. Гныря, В.С. Николенко, А.Х.Лабазанов</b>	41
ВЛИЯНИЕ СКОРОСТИ ВЕТРОВОГО ПОТОКА НА СРЕДНИЙ ПО ГРЯНЯМ МОДЕЛЕЙ ЗДАНИЙ ВНЕШНИЙ ТЕПЛООБМЕН ПРИ РАСПОЛОЖЕНИИ ИХ В ТАНДЕМЕ <b>А.М. Катунин, С.В. Коробков, Г.Г. Кулаков</b>	44
ВЛИЯНИЕ КВАРЦЕВЫХ ОТХОДОВ НА ПОРИСТОСТЬ ЦЕМЕНТНОГО КАМНЯ <b>И.Н. Кузнецова</b>	47
ВЛИЯНИЕ СКОРОСТИ ВЕТРОВОГО ПОТОКА НА ИНТЕГРАЛЬНЫЙ ВНЕШНИЙ ТЕПЛООБМЕН МОДЕЛЕЙ ЗДАНИЙ ПРИ РАСПОЛОЖЕНИИ ИХ В ТАНДЕМЕ <b>Г.Г. Кулаков, С.В. Коробков, А.М. Катунин</b>	50
МОДИФИЦИРУЮЩИЕ ДОБАВКИ НА ОСНОВЕ НАНОМОДИФИКАТОРОВ В ПРОИЗВОДСТВЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ <b>А.А. Куликова, О.В. Демьяненко</b>	53
ЭФФЕКТИВНОСТЬ КВАРЦЕВЫХ ОТХОДОВ НА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЦЕМЕНТНОГО КАМНЯ <b>Р.Б. Курбанова, М.А. Дарулис</b>	56

ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО - МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЦЕМЕНТНОГО КАМНЯ С В/Ц = 0,26 С ДОБАВЛЕНИЕМ ХИМИЧЕСКОЙ ДОБАВКИ В УСЛОВИЯХ ГРАДИЕНТА ТЕМПЕРАТУР <b>А.Х. Лабазанов, А.И. Гныря, В.С. Николенко, Н. Хамитов</b>	59
ВЛИЯНИЕ ПЛАСТИКОВЫХ ОТХОДОВ И СИЛИКАГЕЛЯ НА ПРОЧНОСТНЫЕ СВОЙСТВА БЕТОНА <b>Д.Д. Булат, Ф.И. Муртузов</b>	62
ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЦЕМЕНТНОГО КАМНЯ С В/Ц = 0,40 С ДОБАВЛЕНИЕМ СУПЕРПЛАСТИФИЦИРУЮЩЕЙ ДОБАВКИ В УСЛОВИЯХ ГРАДИЕНТА ТЕМПЕРАТУР <b>В.С. Николенко, А.И. Гныря, А.Х. Лабазанов, Н. Хамитов</b>	65
ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ КОНВЕКТИВОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ НА ТЕМПЕРАТУРНЫЕ ПОЛЯ В НАРУЖНЫХ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЯХ <b>М.А. Перькова</b>	68
ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОВОЙ ОБРАБОТКИ БЕТОНА МОНОЛИТНЫХ КОНСТРУКЦИЙ В ЗИМНИХ УСЛОВИЯХ С ПРИМЕНЕНИЕМ ГРЕЮЩЕГО ПРОВОДА <b>К.Е. Петров, Е.В. Петров</b>	71
ПРОЕКТИРОВАНИЕ СОСТАВА НЕАВТОКЛАВНОГО ПЕНОБЕТОНА С ТЕРМОМОДИФИЦИРУЮЩИМИ ТОРФЯНЫМИ ДОБАВКАМИ МЕТОДОМ МАТЕМАТИЧЕСКОГО ПЛАНИРОВАНИЯ <b>И.А. Прищепа</b>	74
ВЛИЯНИЕ СУПЕРПЛАСТИФИКАТОРОВ НА СВОЙСТВА БЕТОННОЙ СМЕСИ <b>Н.Е. Рябцева</b>	77
ИЗУЧЕНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ КЕРАМИЧЕСКОЙ МАТРИЦЫ ПРИ МОДИФИЦИРОВАНИИ ОТХОДОМ КОНВЕРТОРНОГО ПРОИЗВОДСТВА <b>М.А. Семеновых</b>	80
УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССАМИ РАННЕГО СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЯ ДОРОЖНОГО БЕТОНА <b>А.С. Симакова, Д.Ю. Логинов</b>	83
ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ФОТОКАТАЛИТИЧЕСКИХ БЕТОНОВ И ИХ ВЛИЯНИЯ НА ПРОЦЕСС РАЗЛОЖЕНИЯ ПОЛИЦИКЛИЧЕСКИХ АРОМАТИЧЕСКИХ УГЛЕВОДОРОДОВ <b>С.Р. Сокольникова, Д.А. Татаринев</b>	86
ВЛИЯНИЕ ДОБАВКИ ГИДРОКАРБОНАТА НАТРИЯ НА СВОЙСТВА СМЕСЕЙ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬНОЙ 3D-ПЕЧАТИ <b>Е.А. Сорокина, Н.О.Копаница</b>	89
ВЛИЯНИЕ ПРИРОДНОГО МЕТАКАОЛИНА В КАЧЕСТВЕ НАПОЛНИТЕЛЯ НА СВОЙСТВА ЦЕМЕНТА <b>Е.Д. Толстихина, Д.Р. Брыжатый</b>	92
МОНИТОРИНГ ВОДНО-ТЕПЛООВОГО РЕЖИМА ГРУНТОВ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГИ С ОСНОВАНИЕМ ИЗ АСФАЛЬТОГРАНУЛОБЕТОНА <b>А.Э. Трофимов, В.С. Чурилин, И.А. Зголич</b>	95
ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО - МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЦЕМЕНТНОГО КАМНЯ С В/Ц = 0,30 С ДОБАВЛЕНИЕМ ХИМИЧЕСКОЙ ДОБАВКИ В УСЛОВИЯХ ГРАДИЕНТА ТЕМПЕРАТУР <b>Н. Хамитов, А.И. Гныря, А.Х. Лабазанов, Е.Ш. Гайратов</b>	98
ВЛИЯНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ СОЛЕЙ НА СВОЙСТВА БЕТОНА <b>А.П. Чулков, И.Н. Александров</b>	101
ИСТОРИЯ, СВОЙСТВА И ПРИМЕНЕНИЕ КИРПИЧА <b>Е.Р. Штаудингер</b>	104
ЖИЛОЙ ВЛИЯНИЕ СОЦИАЛЬНО-ДЕМОГРАФИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ СЕМЬИ НА АРХИТЕКТУРУ ЯЧЕЙКИ СОЦИАЛЬНОГО ТИПА <b>И.Д. Верёвкина</b>	107

РОЛЬ ЗАСТРОЙКИ, ВОЗВЕДЕННОЙ НА СРЕДСТВА КУПЕЧЕСТВА, В СОХРАНЕНИИ ИСТОРИЧЕСКОГО ОБЛИКА Г. ТЮМЕНИ <b>М.Ю. Гайдук</b>	110
ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ ПАНЕЛЬНЫХ ДОМОВ В УСЛОВИЯХ ХОЛОДНОГО КЛИМАТА <b>Д.Д. Гоголь, А.А. Крещук, А.Д. Никитин</b>	113
КОНКУРСНЫЙ ПРОЕКТ «БЛАГОУСТРОЙСТВО ПАРКА «ЭКО-ДЕРЕВНЯ ТАРХАНОВО» В ЙОШКАР-ОЛЕ» <b>А.А. Дятлова, В.И. Елизарова, Т.А. Рекун</b>	116
ДИЗАЙН АРХИТЕКТУРНОЙ СРЕДЫ НА ПРИМЕРЕ БУЛЬВАРА В Г. САНКТ-ПЕТЕРБУРГЕ <b>Е.А. Кирянин, О.Ш. Фам, П.А. Яковлев</b>	119
КОНЦЕПЦИЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОГО ДОМА ДЛЯ ПОЖИЛЫХ ЛЮДЕЙ <b>А.О. Куклина</b>	122
КОНКУРСНЫЙ ПРОЕКТ «ПОСЕЛОК НА 2000 ЖИТЕЛЕЙ» <b>М.В. Лунев</b>	125
БЛАГОУСТРОЙСТВО ТЕРРИТОРИИ ПО УЛИЦЕ ФРУНЗЕ ГОРОДА ТОМСКА <b>Е.С. Николок</b>	128
КОНКУРСНЫЙ ПРОЕКТ «АМФИТЕАТРАЛЬНЫЙ СКВЕР В ТОМСКЕ» <b>К.П. Слободенюк</b>	131
ПРОЕКТ ГОСТИНИЦЫ НА 220 МЕСТ ПО УЛ. МИРА В Г. ПЕНЗЕ <b>О.Ш. Фам</b>	134



УДК 666.97

**ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПЕНОБЕТОНА  
С ДОБАВЛЕНИЕМ БУРОВОГО ШЛАМА В КАЧЕСТВЕ ЗАПОЛНИТЕЛЯ**Н.Е. Рябцева, А.М. Алиев

Научный руководитель: доцент, к.т.н. А.Б. Стешенко

Томский государственный архитектурно-строительный университет,

Россия, г. Томск, пл. Соляная, 2, 634003

E-mail: [ryabtseva96@mail.ru](mailto:ryabtseva96@mail.ru)**TECHNICAL AND ECONOMIC EFFICIENCY OF MAKING FOAM CONCRETE WITH THE  
ADDITION OF DRILL CUTTINGS AS A FILLER**N.E. Ryabtseva, A.M. Aliev

Scientific Supervisor: Associate professor, Ph.D. A.B. Steshenko

The Tomsk State University of Architecture and Building, Russia, Tomsk, 2, Solyanaya Sq., 634003

E-mail: [ryabtseva96@mail.ru](mailto:ryabtseva96@mail.ru)

***Abstract.** The oil industry is one of the major sources of environmental pollution. The main types of waste are drilling mud, drilling cuttings and drilling wastewater. This article shows the use of drill cuttings as an aggregate for cellular concrete instead of sand, which leads to a 14% reduction in the cost of foam concrete.*

**Введение.** При производстве монолитного пенобетона в условиях обустройства нефтяных и газовых месторождений важно использовать местное сырье, например буровой шлама (Томской области Казанского месторождение) в качестве мелкого заполнителя. Использование бурового шлама позволит обеспечить устойчивое и экономически целесообразное развитие сырьевой базы, а также решит проблему утилизации бурового шлама на территории Томской области. Данную технологию производства пенобетона с добавлением бурового шлама планируется использовать для монолитного строительства малоэтажных зданий. Преимущество монолитного домостроения при изготовлении несущих конструкций из пенобетона с добавлением бурового шлама в качестве заполнителя помогают сократить расходы на закупку строительных материалов (а именно песка, вместо него используем шлам) и соответственно сократить транспортные расходы на доставку этого строительного материала, а также нет необходимости использовать дорогую и массивную строительную технику. Также применение бурового шлама в производстве строительных материалов позволит решить экологическую проблему утилизации отходов нефтедобычи [1, 2].

Казанское нефтегазоконденсатное месторождение было открыто в 1967 г. и находилось в десятках километров южнее с. Пудино. На территории Казанского нефтегазоконденсатного месторождения складывается большое количество утилизированных буровых отходов. Так как его некуда утилизировать, и он влияет на экологию, то целесообразно его использовать как добавку в строительные материалы.

В с. Пудино имеется аэропорт, несколько больниц, пару школ, лесозавод и причал. В связи с тем, что в районе работ отсутствует дорожная сеть, буровой шлам можно использовать для укладки дорог, а так же для строительства малоэтажных монолитных зданий и сооружений. Учитывая климатические

условия месторождения, также актуален вопрос об использовании энергоэффективных материалов для ограждающих конструкций, позволяющих при небольших толщинах обеспечить достаточное требуемое термическое сопротивление теплопередаче.

При производстве монолитного пенобетона в условиях обустройства нефтяных и газовых месторождений использование местного сырья – это перспективный и экономически выгодный проект для развития вахтового городка [3].

**Сырье.** Буровой шлам из себя представляет водную суспензию, твердая часть которой состоит из горных пород и стенок скважины, продуктов истирания бурового снаряда и обсадных труб, глинистых материалов. Это часть взвеси, которую улавливает шламовая труба в процессе колонкового бурения [2]. В табл. 1 приведен зерновой состав бурового шлама Казанского месторождения.

Таблица 1

Зерновой состав бурового шлама

Частные/полные остатки, %, по массе на ситах размером, мм.								Модуль крупности
5	2,5	1,25	0,63	0,315	0,2	0,16	<0.16	
<u>3,54</u>	<u>9,56</u>	<u>45,19</u>	<u>29</u>	<u>5,80</u>	<u>3,07</u>	<u>0,16</u>	<u>3,68</u>	4,48
3,54	13,1	58,29	87,29	93,09	96,16	96,32		

Предварительно буровой шлам нужно высушить в сушильном шкафу при температуре 105°C до постоянной массы. После высушивания бурового шлама необходимо его измельчить до фракции 2,5 мм.

В минералогическом и химическом составе бурового шлама большой процент занимают частицы кальция в виде кальцита  $\geq 17\%$ , кварца, полевые шпаты. В меньшей степени присутствует доломит, барит, аргонит, магнезит, барит, гипс, гидрослюда и глинистые минералы в виде каолинита.

**Технико-экономический расчет.** По результатам ранее проведенных исследований [4-6] были разработаны составы пенобетонных смесей. В табл. 2. приведены разработанные составы для изготовления пенобетона и приведена их стоимость (на 1 м<sup>3</sup>) в ценах для Томской области.

Таблица 2

Экономическая эффективность разработанных составов пенобетона

№	Расходы	Цемент	Песок	Шлам	Вода	ПО	Итого
Контрольный	кг. на 1 м <sup>3</sup>	<b>333</b>	<b>167</b>	-	<b>217</b>	<b>1,7</b>	2877,64
	руб. на 1 м <sup>3</sup>	2450	200	-	6,64	221	
Состав № 1 (шлам 50%)	кг. на 1 м <sup>3</sup>	<b>400</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>260</b>	<b>2</b>	3187,96
	руб. на 1 м <sup>3</sup>	2800	120	-	7,96	260	
Состав № 2 (шлам 70%)	кг. на 1 м <sup>3</sup>	<b>400</b>	<b>60</b>	<b>140</b>	<b>260</b>	<b>2</b>	3147,96
	руб. на 1 м <sup>3</sup>	2800	80	-	7,96	260	
Состав № 3 (шлам 100%)	кг. на 1 м <sup>3</sup>	<b>500</b>	-	<b>250</b>	<b>325</b>	<b>2,5</b>	3834,95
	руб. на 1 м <sup>3</sup>	3500	-	-	9,95	325	

В табл. 3 приведены расходы по доставке строительных материалов компанией ООО «АвтоСтройЛавка».

Таблица 3

## Транспортные расходы

	Расстояние	Стоимость км/руб.	Итого
Песок	515	4,9	2500
Цемент	515	6	3000
ПО	515	6	3000

Составим сводную таблицу расходов по вышеуказанным составам.

Таблица 4

## Сводная таблица

Составы	Расходы по составу	Транспортные расходы	Итого
Контрольный	2877,64	8500	11377,64
Состав № 1 (шлам 50%)	3187,96	8500	11687,96
Состав № 2 (шлам 70%)	3147,96	8500	11647,96
Состав № 3 (шлам 100%)	3834,95	6000	9834,95

**Заключение.** По результатам экономических расчетов себестоимость разработанного состава (при замене песка набуровой шлам -100%) по ценам 2020 г. в расчете на 1м<sup>3</sup> экономия составила - 14%, по отношению к контрольному составу (пенобетон с применением 100 % песка).

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Местников А.Е., Карбашевский А.Г. Энергоэффективное малоэтажное строительство в Якутии // Материалы Всероссийской научно-практической конференции. Современные проблемы строительства и жизнеобеспечения: безопасность, качество, энерго- и ресурсосбережения. – Киров: Изд-во МЦНИП, 2016. – С. 39–41.
2. Баталин Б.С., Нечаева А.Е. Утилизация бурового шлама переработкой в материалы строительной назначения // Master's journal. – ПНИПУ, 2013. – № 2. – С. 148–152.
3. Шахова Л.Д. Некоторые аспекты исследований структурообразования ячеистых бетонов неавтоклавного твердения // Строительные материалы: Наука. – 2003 г. – №2. – С. 4–7 с.
4. Steshenko A., Kudyakov A., Konusheva V., Syrkin O. Structure formation control of foam concrete // AIP Conf. Proc. – 2017. – 1800. – 020001 doi: 10.1063/1.4973017.
5. Стешенко А.Б., Кудяков А.И. Ранее структурообразование пенобетонной смеси с модифицирующей добавкой // Инженерно-строительный журнал. – 2015. – №2 (54). – С. 56–62.
6. Стешенко А.Б., Кудяков А.И. Пенобетон с пластифицирующими и микроармирующими добавками // ALITinform: Цемент. Бетон. Сухие смеси. – 2018. – № 3 (52). – С. 26–40.

УДК 666

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОДУКТОВ ПЕРИКЛАЗА, ПОЛУЧЕННЫХ В ВОЗДУШНО-ПЛАЗМЕННОЙ СРЕДЕ**

В.В. Шеховцов, Р.Ю. Бакшанский

Научный руководитель: доцент, д.т.н. О.Г. Волокитин

Томский государственный архитектурно-строительный университет,

Россия, г. Томск, пл. Соляная, 2, 634003

*E-mail:* [Shehovcov2010@yandex.ru](mailto:Shehovcov2010@yandex.ru)

**RESEARCH OF PERICLASE PRODUCTS, OBTAINED IN AIR-PLASMA ENVIRONMENT**

V.V. Shekhovtsov, R.Yu. Bakshanskiy

Scientific Supervisor: A. Prof., Dr. O.G. Volokitin

Tomsk State University of Architecture and Building, Russia, Tomsk, sq. Solyanaya, 2, 634003

*E-mail:* [Shehovcov2010@yandex.ru](mailto:Shehovcov2010@yandex.ru)

**Abstract.** *The work presents the results of melting magnesite  $MgCO_3$  (Savinskoe deposit, Irkutsk region) in conditions of low-temperature plasma energy. The analysis of the morphology of the feedstock and the resulting melting products was carried out. The surface morphology of the melting products is characterized by a uniform distribution of periclase (MgO) grains over the entire surface of the melted product. The grain boundaries have pronounced outlines, while the contact areas form a dense microstructure of the melted product. The melt product is superimposed on magnesium oxide (MgO).*

**Введение.** На сегодняшний день для футеровки ковшей в сталеплавильном производстве широко используются огнеупоры из периклаза, магнезия и шпинели [1-3]. Данный тип огнеупоров обладает превосходной термостойкостью, устойчив к шлаку, а также имеет высокие физико-механические свойства [4-6]. В большинстве случаев периклаз состоит из плотных спеченных агрегатов или плавящихся продуктов магнезита. Также встречаются технологии получения порошкового периклаза [7]. Низкая пористость периклаза приводит к высокой теплопроводности и насыпной плотности материала, из-за чего происходят потери тепла через футеровку ковша. Поэтому в настоящее время для обеспечения стабильной работы огнеупоров при высоких температурах, применяется упрощенный подход с использованием микропористых агрегатов, вместо плотных [8].

Традиционные источники нагрева, не всегда являются энергоэффективными при плавлении тугоплавких материалов. В работах [9, 10] предлагается использовать в качестве источника нагрева тугоплавких материалов энергию низкотемпературной плазмы. Данный вид энергии может реализовать температурный диапазон от 3000 до 10000 К, что позволяет использовать исходное сырье с высокой температурой плавления ( $T_{пл} > 2000$  К). В данной работе представлены результаты экспериментов плавления магнезита с использованием электродугового плазмотрона. Рассмотрены особенности морфологии исходного сырья и полученного продукта плавления.

**Экспериментальная часть.** В экспериментальной работе использовался магнезит Савинского месторождения, Иркутской области. Данный вид материала представлен хрупким, безводным карбонатом магнезия. На рисунке 1, а-б представлены фотографии исходного магнезита сделанные с использованием

оптического (Neophot 32) и электронного (Quanta 3D) микроскопа. На рис. 1, в представлен количественный состав находящихся элементов на поверхности исследуемого материала (EDAX-анализ).

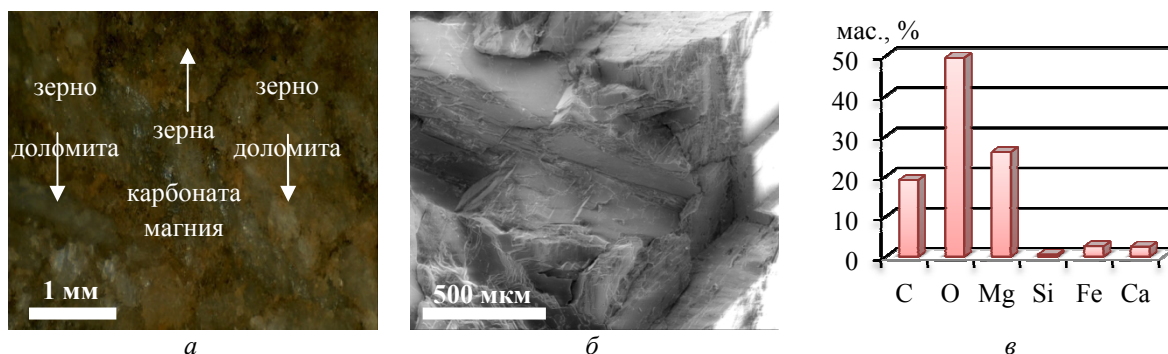


Рис. 1. Морфология поверхности магнезита Савинского месторождения, Иркутская область:

а) снимок с оптического микроскопа; б) снимок с электронного микроскопа;

в) количественная оценка элементного состава

Из полученных снимков видно, что поверхность магнезита имеет рыхлые неоднородные включения представленные зернами доломита ( $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}$ ) и карбоната магния ( $\text{MgCO}_3$ ). Элементный анализ (EDAX) подтверждает результаты оптической микроскопии. Установлено, что магнезит содержит на своей поверхности следующие элементы: кислород (O~49,49 мас. %), магний (Mg~26,04 мас. %), углерод (C~19,01 мас. %), железо (Fe~2,43 мас. %), кальций (Ca~2,43 мас. %), кремний (Si~0,47 мас. %).

Экспериментальные исследования проводились на электроплазменном стенде для плавления тугоплавких материалов [10]. В состав установки входит графитовый тигель (катод) и электродуговой плазмотрон марки ВПР-410 (анод). Условия эксперимента: мощность плазмотрона  $P=25$  кВт, масса плавленого материала  $g=150$  г, время воздействия  $t=3$  мин.

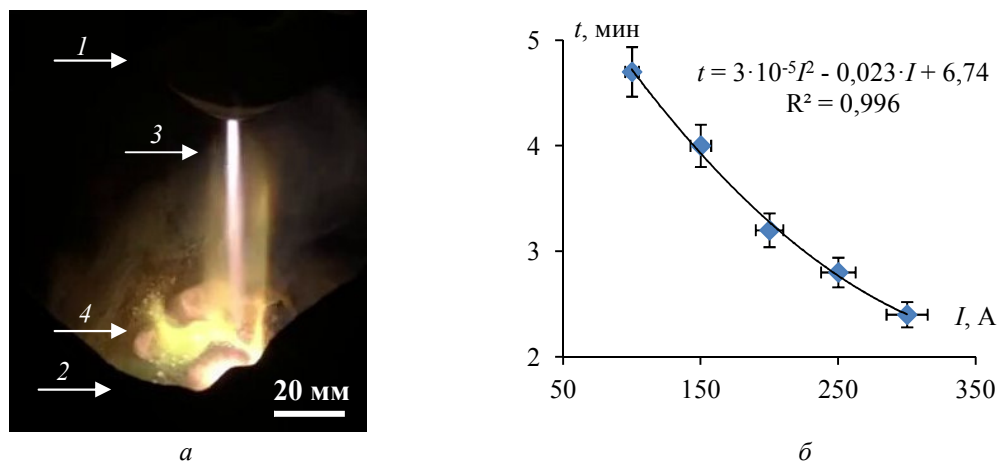


Рис. 2. Плавление магнезита с использованием электродугового плазмотрона: а) фотография эксперимента;

б) зависимость времени плавления от силы тока. 1 – плазмотрон (катод); 2 – графитовый тигель (анод); 3 – плазменная струя; 4 – расплавленный магнезит

По результатам эксперимента установлено, что магнезит массой  $g=150$  грамм в зависимости от силы тока ( $I=100-300$  А) вкладываемого в электродуговой плазмотрон, плавится в диапазоне от 4.7 до 2.4 минут. По результатам опыта, получены продукты плавления магнезита, морфология поверхности представлена на рисунке 3.

Как видно из полученных снимков, зерна периклаза ( $\text{MgO}$ ) равномерно распределены по всей поверхности продукта плавления. Границы зерен, имеют ярко выраженные очертания, при этом

контактные области, формируют плотную микроструктуру продукта плавления. По полученному элементному составу, можно судить об испарении примесей.

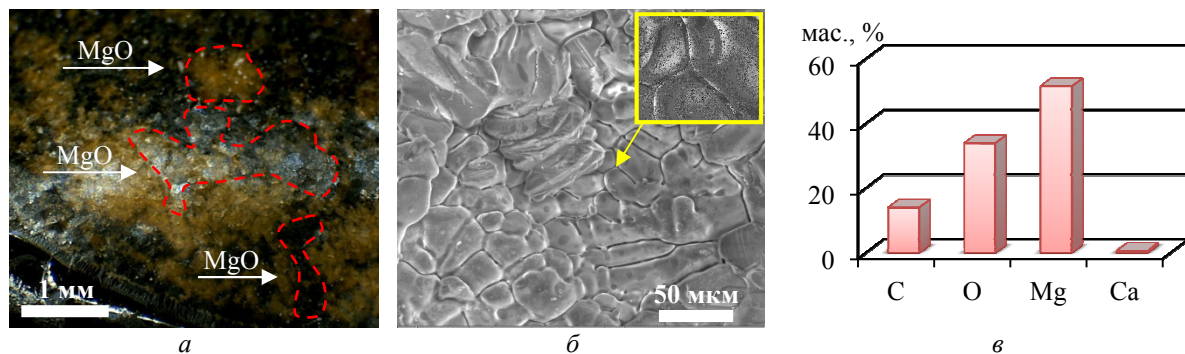


Рис. 3. Морфология поверхности плавного магнезита Савинского месторождения, Иркутская область: а) снимок с оптического микроскопа; б) снимок с электронного микроскопа

Таким образом, можно сделать вывод, что метод нагрева с помощью низкотемпературной плазмы открывает возможность синтеза высокотемпературных огнеупорных агрегатов за короткое время.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 20-79-10102).

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Kats Y.L. et al. Plasma Heating of Periclase-Carbonaceous Refractory for Lining of Steel Ladles // Metallurgist. – 2019. – V. 63, № 3-4. – P. 228-237.
2. Yan W. et al. Energy efficient lightweight periclase-magnesium alumina spinel castables containing porous aggregates for the working lining of steel ladles // Journal of the European Ceramic Society. – 2018. – V.38., № 12. – P. 4276-4282.
3. Mandal S. et al. Designing environment-friendly chromium-free Spinel-Periclase-Zirconia refractories for Ruhrstahl Heraeus degasser // Journal of the American Ceramic Society. – 2020. – V. 103., № 12. – P.7095.
4. Li, G.-H. et al. Effects of cerium oxide on the structures and properties of periclase-compound spinel brick for the burning zone of the cement rotary kiln // Chinese Rare Earths. – 2015. – V. 36., No. 6. – P. 13-17.
5. Zemlyanoi K.G., Serova L.V. Mechanism of Periclase-Chromite Refractory Breakdown Under Acid Slag Action // Refractories and Industrial Ceramics. – 2020. – V. 61., № 3. – P. 235.
6. Riet A.A., Van Orman J.A., Lacks D.J. Molecular dynamics simulation of vacancy-solute binding free energy in periclase // Physics and Chemistry of Minerals. – 2020. – V. 47., № 9. – P. 38.
7. Zhou W. et al. Degradation mechanisms of periclase-magnesium aluminate spinel refractory bricks used in the upper transition zone of a cement rotary kiln // Construction and Building Materials. – 2020. – V. 12., № 16. – P. 17.
8. Yan J. et al. Effect of microporous magnesia aggregates on microstructure and properties of periclase-magnesium aluminate spinel castables // Ceramics International. – 2020. – V. 10. – P. 240.
9. Волокитин О.Г., Шеремет М.А., Шеховцов В.В., Бондарева Н.С., Кузьмин В.И. Исследование режимов конвективного теплопереноса при получении высокотемпературных силикатных расплавов // Теплофизика и аэромеханика. – 2016. – Т. 23., № 5. – С. 789-800.
10. Волокитин О.Г., Шеховцов В.В. Процессы получения силикатных расплавов и материалов на их основе в низкотемпературной плазме // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. – 2017. – № 1 (60). – С. 144-148.

УДК 693.547.32:666.982

**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ ПРИ ТЕПЛОВОЙ ОБРАБОТКЕ  
СБОРНОГО ЖЕЛЕЗОБЕТОНА**М.И. Батюк

Научный руководитель: профессор, д.т.н. В.Я. Ушаков

Научный консультант: профессор, д.т.н. А.И. Гныря

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30, 634034

E-mail: [mb110@yandex.ru](mailto:mb110@yandex.ru)**INCREASING THE ENERGY EFFICIENCY OF ACCELERATED CURING DURING PRECAST  
CONCRETE PRODUCTION**M.I. Batyuk

Scientific Supervisor: Prof., Dr. V.Ya. Ushakov

Scientific Consultant: Prof., Dr. A.I. Gnyrya

Tomsk Polytechnic University, Russia, Tomsk, Lenin str., 30, 634034

E-mail: [mb110@yandex.ru](mailto:mb110@yandex.ru)

**Abstract.** *In this paper an assessment of implementation of direct electric preheating of concrete mixture applied to precast concrete production is given. It is determined that its implementation can significantly reduce the cost of production. The results of studying the dynamics of change and distribution of temperature during preheating and holding of concrete are presented.*

**Введение.** Тепловая обработка, применяемая для ускорения набора прочности бетона, является наиболее энергозатратным и ответственным этапом производства железобетонных изделий. Традиционным способом её реализации является обработка изделий паром [1]. Применяется также тепловое воздействие продуктами сгорания различного вида топлива, чаще - природного газа. Применение перечисленных способов сопровождается значительными технологическими потерями тепла и загрязняющими атмосферу выбросами. Одним из путей сокращения негативного воздействия на окружающую среду и повышения энергоэффективности технологического процесса производства бетонных и железобетонных изделий может служить предварительный электроразогрев бетонной смеси (ПЭРБС). Преимущества данного подхода будут возрастать по мере увеличения доли электроэнергии, производимой по «чистым технологиям» (с использованием возобновляемых энергетических ресурсов, повышением доли ядерной и термоядерной энергетики).

ПЭРБС является элементом технологии зимнего бетонирования, обеспечивающим возможность укладывания бетонной смеси на промёрзшее основание и способствующим достижению критической прочности бетона до возникновения в нём фазовых переходов воды. В заводских технологиях ПЭРБС не нашёл широкого применения. Применение данного технологического приёма в условиях отапливаемого производственного помещения позволит в полной мере использовать и другие его преимущества, способствующие повышению энергоэффективности производственного процесса и качества бетона.

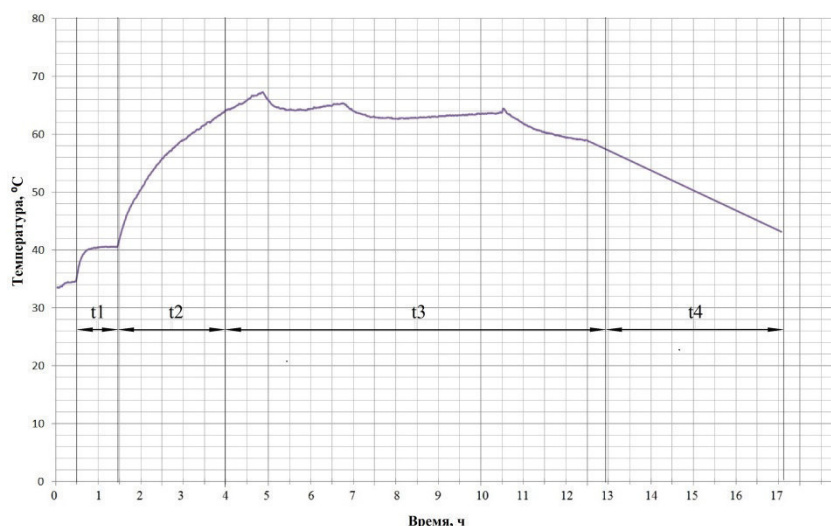


Рис. 1. График тепловой обработки плит ПДН-14 в среде продуктов сгорания природного газа

На рис. 1 представлен график тепловой обработки дорожных напряжённых плит ПДН-14 в ямной камере в среде продуктов сгорания природного газа (ПСПГ), где t1- стадия предварительной выдержки бетона, t2 – стадия подъёма температуры, t3 – стадия изотермического прогрева, t4- стадия остывания. Кривая на графике отображает изменение температуры в камере тепловой обработки. Одновременно с данным технологическим процессом был произведён электроразогрев трёх параллельно заформованных образцов 100x100x100мм из смеси того же состава (класс, В27,5, расход материалов на 1м<sup>3</sup>: цемент-400 кг, песок – 710 кг, щебень – 1150 кг, вода – 100 л, воздухововлекающая добавка – 0,2 кг, фиброволокно – 0,9 кг). График изменения и распределения температуры представлен на рисунке 2.

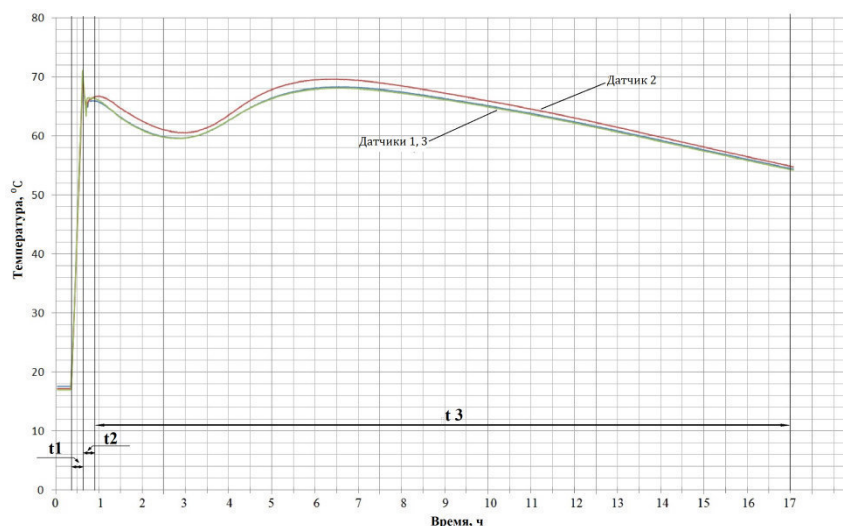


Рис. 2. Динамика изменения и распределения температуры бетона при ПЭРБС

Здесь t1 –стадия форсированного разогрева смеси (16 минут), t2 – укладывание смеси, t3 – выдержка образцов без дополнительного теплового воздействия в изолированной опалубке. Как видно из представленного графика, на протяжении всего цикла температура распределена по объёму практически равномерно – температуры крайних образцов (1,3) идентичны, температура образца 3, расположенного в



середине, отличается не более чем на 2°С в большую сторону. Для наглядности и удобства сопоставления, рассматриваемые графики совмещены в одной системе координат (рис.3), откуда видно, что после электропрогрева смеси и обеспечения надёжной влаго- и теплоизоляции конструкции, не требуется дополнительных ресурсов для того, чтобы воспроизвести (и даже превзойти по среднему значению температуры) график традиционного режима. Следует также отметить, что применение традиционных методов предусматривает работу дополнительного оборудования (автоматика, насосы, вентиляторы и др.) большую часть цикла, что неизбежно ведёт к дополнительным эксплуатационным издержкам, в то время как при ПЭРБС данная необходимость минимальна, либо отсутствует вообще.

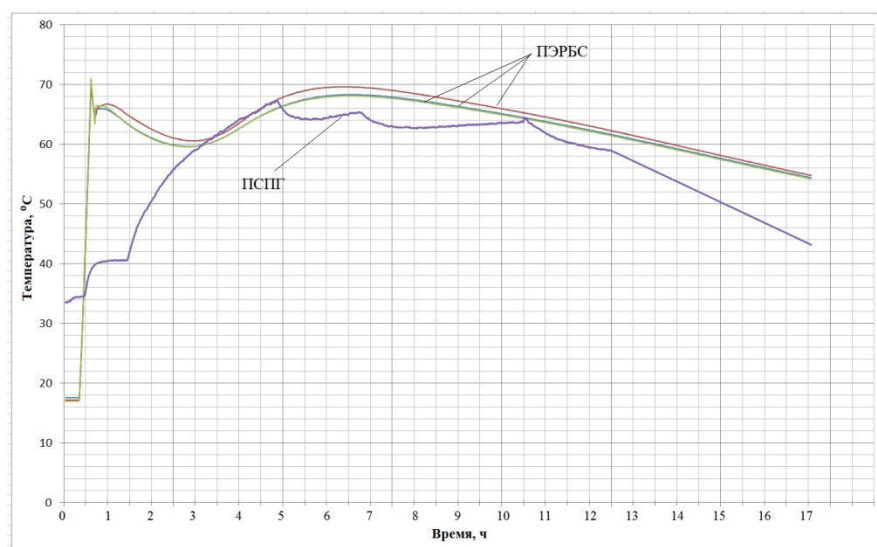


Рис. 3. Сопоставление режимов теплового воздействия

Спустя 16 часов образцы были извлечены из формы и испытаны на сжатие. Средняя прочность образцов составила 24,8 МПа. Расход электроэнергии на разогрев трёх образцов составил 130 Вт (155 МДж/м<sup>3</sup>), что в 2,5 раза ниже минимальных энергозатрат при прогреве в среде ПСПГ.

**Заключение.** Получение относительно высоких показателей энергоэффективности процесса тепловой обработки в условиях производственного помещения достигнуто благодаря интенсификации экзотермии цемента за счёт форсированного разогрева смеси и рационального использования экзотермического тепла. Есть основания полагать, что дальнейшее совершенствование технологии и условий проведения экспериментов позволит добиться более высокой прочности при меньших энергозатратах.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Kafry I.D. Direct Electric Curing of Concrete: Basic Design // Whittle Publishing Services. – 1993. –Р. 93-94.

УДК 691.175.5/8

**АНАЛИЗ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ НАНОКОМПОЗИТНЫХ ПОЛИМЕРНЫХ  
МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ АНТИКОРРОЗИОННОЙ ЗАЩИТЫ ТРУБОПРОВОДОВ**

Д.А. Белов, А.А. Грученкова

Научный руководитель: ассистент А.А. Грученкова, Научный консультант: доцент, к.т.н., П.В. Чепур

Филиал Тюменского индустриального университета в г. Сургут,

Россия, г. Сургут, ул. Энтузиастов, 38, 628404

E-mail: bda\_2001@mail.ru

**ANALYSIS OF PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF NANOCOMPOSITE POLYMER  
MATERIALS FOR CORROSION PROTECTION OF PIPELINES**

D.A. Belov, A.A. Gruchenkova

Scientific Supervisor: assistant A.A. Gruchenkova, Scientific consultant: Associate professor, Ph.D. P.V. Chepur

Industrial University of Tyumen (TIU branch in Surgut) Russia, Surgut, st. Enthusiasts, 38, 628404

E-mail: bda\_2001@mail.ru

***Abstract.** The study is devoted to finding ways to improve the composition of anticorrosion coatings used in the gas industry. The paper studies the physical and mechanical characteristics of the main anti-corrosion coatings. Carbon nanotubes were the most profitable and economically justified. The study of the composite composition using new nanotubes. Comparing methods of the physical and mechanical properties of various anticorrosive coatings were used in the framework of the experiment. The experimental results confirmed the high quality of the composition with new carbon nanotubes.*

**Введение.** Газодобывающая, газотранспортная и перерабатывающая отрасль наряду с нефтеперерабатывающим сектором играют на сегодняшний день решающую роль в развитии экономики страны. В свою очередь, рост темпов развития самой отрасли во многом зависит от применяемых технологий добычи, транспорта и переработки углеводородного сырья. В связи с этим все большую актуальность приобретает разработка экологически-безопасных материалов и составов, обеспечивающих надежность, рентабельность и долговечность используемых конструкций [1].

Актуальность исследования состоит в том, что в современной нефтегазовой промышленности остро стоит проблема износа оборудования и повреждения труб вследствие внутренней коррозии. Так возникает необходимость совершенствования антикоррозионных составов и методов синтеза их составляющих. Целью данной работы является исследование антикоррозионных свойств полимерных покрытий на основе нанокomпозитов и эффективности их применения в нефтегазовой отрасли.

Одной из ведущих тенденций в реализации данного направления является использование открытий в области нанотехнологий [2]. Этим и обусловлен выбор материала для исследования: углеводородных нанотрубок (УНТ) и включение их в состав полимерных антикоррозионных покрытий [3, 4].

**Экспериментальная часть.** Для исследования отобран ряд наиболее перспективных материалов и компонентов в свете увеличения срока службы и экономической рентабельности газопроводов. Проведено экспериментальное исследование физико-химических свойств некоторых антикоррозионных покрытий.

Для сравнения были взяты обычные полимерные покрытия и покрытия с керамическими добавками.

1. Сверхмолекулярный полиэтиленовый состав (СВМПЭ).
2. СВМПЭ-композит с использованием оксидной керамики (диоксида циркония -  $ZrO_2$ ).
3. СВМПЭ-композит с добавлением углеродистых нанотрубок.

Основными характеристиками, которые подвергались исследованию, стали: электропроводность и теплопроводность материала, теплостойкость покрытия, антистатические свойства, механические характеристики, адгезионная прочность, стойкость к воздействию агрессивных рабочих сред.

**Результаты.** Результаты проведенного сравнительного исследования физических характеристик анализируемых составов приведены в табл. 1.

Таблица 1

Физических характеристик анализируемых составов

Материал	Предел прочности (МПа)	Удлинение при разрыве, (%)	Прочность на пробой (кВ/мм)	Модуль прочности при растяжении	Адгезия к подложке (МПа),	Износостойкость (г)
СВМПЭ	26	520	44	700	3,0	0,020
СВМПЭ + $ZrO_2$	33	280	48	800	3,6	0,015
СВМПЭ + УНТ	36	320	63	1200	4,0	0,006

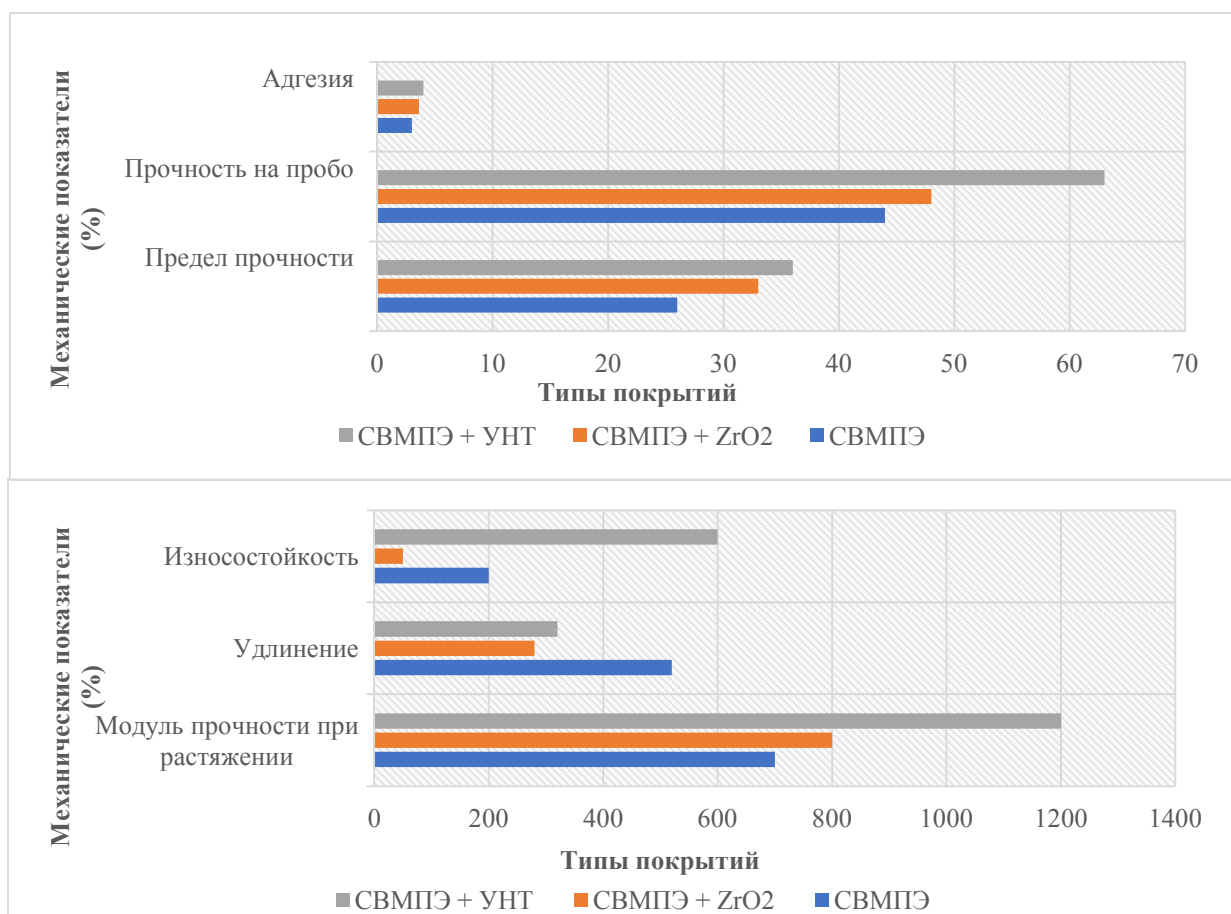


Рис. 1. Сравнительные характеристики физических свойств различных составов полимерных покрытий для труб

Так, сравнительный анализ эффективности данных покрытий показал (рис. 1):

- предел прочности покрытия с УНТ на 28% превышает показатели СВМПЭ без добавок и на 8% превышает прочность покрытий с добавлением керамического компонента ( $ZrO_2$ );
- удлинение при разрыве почти вдвое меньше, чем у СВМПЭ, и немного меньше, чем у СВМПЭ +  $ZrO_2$ ;
- прочность на пробой на 30-31% превышает оба других материала;
- модуль прочности полимерного покрытия с УНТ на 42-43% выше, чем у СВМПЭ и СВМПЭ +  $ZrO_2$ ;
- введение УНТ повышает способность покрытия к адгезии на 10% по сравнению с СВМПЭ +  $ZrO_2$  и на 25% по сравнению с СВМПЭ;
- стойкость к износу нового покрытия на 67% превышает стойкость СВМПЭ и на 58% - СВМПЭ +  $ZrO_2$ .

Из результатов исследования, использование УНТ в качестве добавки к СВМПЭ значительно повышает предел прочности материала, увеличивает стойкость к пробою, модуль прочности при разрыве и растяжении, а также – степень адгезии покрытия к основному материалу и его износостойкость [5].

**Заключение.** По результатам исследования установлено, что добавление углеродного нановолокна к полимерному составу позволяет существенно повысить характеристики покрытия, а именно: повысить электропроводность; увеличить теплопроводность, теплостойкость; придать антистатические свойства; улучшить механические характеристики (прочность при растяжении и на разрыв; увеличить модуль упругости и предельное растяжение; повысить износостойкость).

Однако, для более объективной оценки требуется оценка полученного состава в промышленных условиях – на протяжении длительного времени и под воздействием большего спектра воздействий. В связи с этим, тема модифицирования покрытий на основе нанокompозитных материалов и использования их в газовой промышленности требует более тщательных научно-экспериментальных исследований.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бузник В.М. Нанобум и применение фторполимерных наноматериалов в нефтегазовом комплексе // Матер. NANONECHOILGAS-2008. - С. 26-37.
2. Панин С.В., Панин В.Е., Овечкин Б.Б. и др. Научные основы формирования высокопрочных и износостойких полимерных покрытий с наноструктурными наполнителями. // Физическая мезомеханика. – 2006. – №9. – С. 141-144.
3. Мелихов И.В. Физико-химия наносистем: успехи и проблемы // Вестник РАН. – 2002. – Т. 72., № 10. – С. 900-909.
4. Углеродные нанотрубки. 2018 [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://www.turkaramamotoru.com/ru> (дата обращения: 26.04.2019)
5. Низьев С.Г., Семенченко В. Заводские полиэтиленовые покрытия - надежная защита трубопроводов от коррозии // Нефтегазовая вертикаль. – 2008, №12. - С. 2.

УДК 691.3

**ИССЛЕДОВАНИЕ СОБСТВЕННЫХ ДЕФОРМАЦИЙ ЦЕМЕНТНОГО КОМПОЗИТА  
С ОРТОТРОПНЫМ КОМПОНЕНТОМ**О.С. Бочкарева, П.В. Филипенко, В.С. Орлов

Научный руководитель: к.т.н. Г.А. Зимакова

Тюменский индустриальный университет,

Россия, г. Тюмень, ул. Володарского, 38, 625000

E-mail: bochkarevaos@tyuiu.ru

**RESEARCH OF INTRINSIC DEFORMATIONS OF A CEMENT COMPOSITE  
WITH AN ORTHOTROPIC COMPONENT**O.S. Bochkareva, P.V. Filipenko, V.S. Orlov

Scientific Supervisor: PhD, G.A. Zimakova

Industrial University of Tyumen, Russia, Tyumen, Volodarskogo str., 38, 625000

E-mail: bochkarevaos@tyuiu.ru

***Abstract.** This study presents the results of evaluating the intrinsic deformations of expansion and shrinkage of cement composites with a control composition and with an orthotropic component. Deformations were assessed using the Le Chatelier ring device. The results obtained indicate a decrease in expansion and shrinkage deformations when an orthotropic component is added to the cement composite.*

**Введение.** Собственные деформации цементного камня проявляются в изменении объема системы цемент-вода в виде усадки либо набухания. Эти деформации связаны с физико-химическими процессами, сопровождающими схватывание и дальнейшую гидратацию и происходящими внутри структуры вследствие взаимодействия с внешней средой. В отличие от деформаций, возникающих от действия внешних сил, имеющих определенное направление и плоскость приложения усилий, собственные деформации вызываются внутренними силами, рассредоточенными внутри структуры и создающими напряженное состояние. Усадка цементных бетонов негативно отражается на показателях долговечности конструкций и является предметом исследований. [1-3] Целью данной работы явилась оценка собственных деформаций цементного композита с ортотропным компонентом.

**Экспериментальная часть.** Для исследования собственных деформаций цементного композита были использованы кольца Ле Шателье. Для оценки величины расширения (набухания) были подготовлены 5 серий по два образца:

- 1 - контрольного состава из цементного теста нормальной густоты;
- 2 - из цементного теста нормальной густоты с одним ориентированным вдоль высоты кольца ортотропным компонентом (ОК) в виде стальной пружины;
- 3 - из цементного теста нормальной густоты с одним ориентированным поперек высоты кольца ОК;
- 4 - из цементного теста нормальной густоты с тремя ориентированным вдоль высоты кольца ОК;
- 5 - из цементного теста нормальной густоты с тремя ориентированными поперек высоты кольца ОК.

В исследованиях был использован цемент ЦЕМ I 42,5Н, производитель – ОАО «Сухоложскцемент» (г. Сухой Лог), нормальная густота - 28%. Цементное тесто контрольного состава и с ориентированными ОК в один прием помещалось в кольцо Ле Шателье, накрывалось сверху стеклянной пластинкой, на которую устанавливался пригруз (рис. 1). Образцы выдерживались в камере нормального твердения в течение 24ч, после чего было произведено начальное измерение между концами индикаторных игл (рис. 2).



*Рис. 1. Кольца Ле Шателье, заполненные цементным тестом нормальной густоты контрольного состава и с ориентированными ОК*



*Рис. 2. Образцы перед проведением начального измерения*



*Рис. 3. Кольца Ле Шателье перед кипячением*

Далее образцы помещали в воду (рис. 3) и кипятили в течение 3 часов, после охлаждения производилось конечное измерение. Разность между конечным и начальным измерениями принималась за величину расширения образцов.

Для оценки влажностной усадки были подготовлены аналогичные серии образцов, которые были подвергнуты сушке при температуре 105°C в течение 48 часов. За величину усадки образцов принималась разность между начальным (до сушки) и конечным (после сушки) измерениями.

**Результаты.** Полученные результаты расширения и усадки образцов представлены в табл. 1. Деформации расширения цементных систем обусловлены наличием свободных оксидов кальция и магния. Введение в состав цементного теста ОК в виде стальных пружин приводит к снижению величины расширения на 21-93% в зависимости от содержания ОК и его ориентации. Усадочные явления

в цементном камне связаны с капиллярным давлением, способствующим объемному сжатию структуры в процессе высыхания. Применение ОК позволяет снизить влажностную усадку до 90,9%. Влияние ОК на собственные деформации цементного камня обусловлено эффектом обжатия цементного камня, заключенного внутри пружины.

Таблица 1

## Собственные деформации цементных композитов

Состав	№ образца	Значение величины расширения образцов, мм	Среднее значение величины расширения образцов в серии, мм	Снижение величины расширения образцов с ОК по сравнению с контрольным составом, %	Значение величины расширения образцов, мм	Среднее значение величины усадки образцов в серии, мм	Снижение величины усадки образцов с ОК по сравнению с контрольным составом, %
1	1	0,95	0,94	-	0,49	0,44	-
	2	0,93			0,39		
2	1	0,76	0,74	21,3	0,09	0,06	86,4
	2	0,72			0,03		
3	1	0,87	0,84	10,6	0,07	0,08	81,8
	2	0,81			0,09		
4	1	0,10	0,08	91,5	0,06	0,05	88,6
	2	0,06			0,04		
5	1	0,06	0,07	92,6	0,07	0,04	90,9
	2	0,08			0,01		

**Заключение.** В результате проведенных исследований было диагностировано снижение значений деформаций расширения и усадки при введении в состав цементного композита ортотропного компонента по сравнению с контрольным составом.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Несветаев Г.В., Щербинина Т.А. К вопросу нормирования усадки цементных бетонов // НАУКОВЕДЕНИЕ – 2015. - Т. 7, №5. – Интернет-журнал. – Режим доступа: <http://naukovedenie.ru/PDF/07TVN515.pdf> (доступ свободный)
2. Макридин Н.И., Максимова И.Н. Структура и механические свойства цементных дисперсных систем: монография. – Пенза: ПГУАС, 2013. – 340 с.
3. Калашников В.И., Миненко Е.Ю., Грачева Ю.В., Шлапакова О.И. Исследование усадки высокопрочного бетона, модифицированного полиамидными волокнами // Вестник Волгогр. гос. архит.-строит. ун-та. Сер.: Стр-во и архит. - 2012. - Вып. 28(47). - С. 208-213.

УДК 691

**ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ  
ПОВЕРХНОСТНЫХ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ СЛОЕВ КОМПОЗИТА, АРМИРОВАННОГО  
ПРЕДНАПРЯЖЕННОЙ УГЛЕРОДНОЙ ЛЕНТОЙ**

В.Е. Буньков, А.М. Устинов

Научный руководитель: д.ф.-м.н., профессор, А.А. Клопотов, к.т.н. А.С. Пляскин

Томский государственный архитектурно-строительный университет,

Россия, г. Томск, пл. Соляная, д. 2, 634003

E-mail: viktorbunkov@inbox.ru

**EXPERIMENTAL STUDY OF STRESS-STRAIN STATE OF COMPOSITE SURFACE LAYERS,  
REINFORCED WITH PRE-STRESSED CARBON TAPE**

V.E. Bunkov, A.M. Ustinov

Scientific Supervisor: D. Sc. (Phys.-Math.), Prof., A.A. Klopotov, Ph. D. (Eng.), A.S. Plyaskin

Tomsk State University of Architecture and Building, Russia, Tomsk, Solyanaya sq. 2, 634003

E-mail: viktorbunkov@inbox.ru

***Abstract.** This paper deals with the effect of the pre-stressed state of a carbon tape on the evolution of the distributions of deformation fields in the subsurface layers of the carbon composite under uniaxial tension.*

**Введение.** В настоящее время широко применение находят новые технологии по увеличению грузоподъемности железобетонных балок, усиленных с помощью внешних полос из углекомпозита [1]. Возникает необходимость исследований эволюции распределений деформационных полей в приповерхностных слоях углекомпозита при различных внешних воздействиях. В этом направлении ранее нами были проведены исследования эволюции во времени *in situ* распределений областей локальной деформации в приповерхностных углеродных тканях в ходе деформации растяжением [2].

**Экспериментальная часть.** В исследовании в качестве армирования композита была использована углеродная лента CarbonWrap® Tape 530/150. Эта углеродная лента используется для усиления ребристых плит перекрытия, тавровых балок мостовых пролетов с малой шириной ребра, балочных элементов рамных конструкций, ферм и малогабаритных конструкций.

Для испытаний были подготовлены на двух группах углекомпозита. Исходные образцы углекомпозита без преднапряжения были выполнены формованием на ровное основание обработанное гидравлическим маслом, для отрыва полосы без повреждения композита. Образцы композита с преднапряжением углеродной ленты подготавливались в стенде. Для создания преднапряженного состояния использовали захваты таким образом, чтобы лента принимала горизонтальное положение. Использование рычажной системы на подвижный захват передовали растягивающее усилие в ленте. Преднапряжение осуществляли при помощи набором грузов. Это позволило избежать снижение напряжений в композите при релаксации (расправлении ткани, проскальзывании на опоре или затяжки).

Деформацию образцов проводили на испытательной машине «INSTRON 3386» с максимальным растягивающим усилием 100 кН (10,19 тс). Конструкция захватов испытательной машины обеспечивала



надежное фиксирование и центрирование образцов. Эволюцию распределений деформационных полей в процессе деформации исследовали при помощи цифровой оптической системы измерений VIC-3D [3].

**Результаты.** На основе статистической обработки деформационных кривых в координатах напряжение–деформация « $\sigma - \epsilon$ » при одноосном растяжении 9-ти образцов из каждой группы были получены гистограммы деформаций, напряжений и модуля упругости углекомпозиата, армированного углеродной лентой без преднапряжения и с преднапряжением (рис. 1).

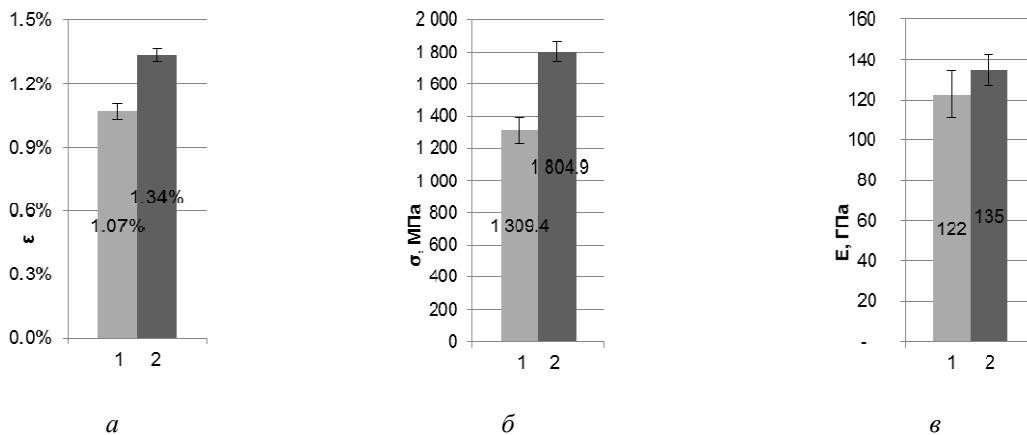


Рис. 1. Гистограммы деформаций (а), напряжений (б) и модуля упругости (в) углекомпозиата, армированного углеродной лентой без преднапряжения (светло-серый) и с преднапряжением (темно-серый)

На основе анализа данных, приведенных на рис. 1 было установлено, что при в преднапряженных образцах происходит увеличение прочности на  $\sim 38\%$ , деформативности на  $\sim 25\%$  и соответственно модуля упругости на  $\sim 10\%$ .

Количественные изменения прочности и деформативности, характеризуются качественными изменениями в поверхностных картинах деформирования рабочей части образцов из углекомпозиата с преднапряжением ленты в отличие от ненапряженной (рис. 2 и 3).

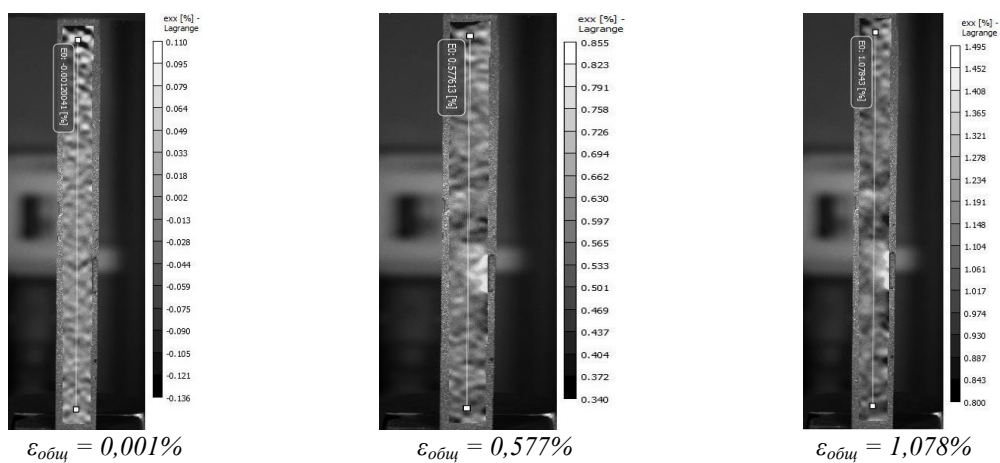


Рис. 2. Картины деформационных полей продольных относительных деформаций углекомпозиата без преднапряжения при разных значения деформации

Области неравномерного деформирования, характеризующегося чередованием очагов локальных деформаций на поверхности образца с размерами 4 - 6 мм, что соответствует размерам плетения углеродной ленты, ярко выражены на картинах изополей поперечных относительных деформаций –  $\epsilon_{xy}$  (рис. 2).

Анализ изополей на деформационных картинах распределений деформационных полей (рис. 3) углекомпозиата с преднапряжением позволил установить отсутствие области неравномерного деформирования, совпадающего с плетением углеродной ленты.

Отсутствие областей неравномерного деформирования совпадающих с плетением углеродной ленты и отражает другой качественный уровень распределений деформационных полей на поверхности углеродной ленты.

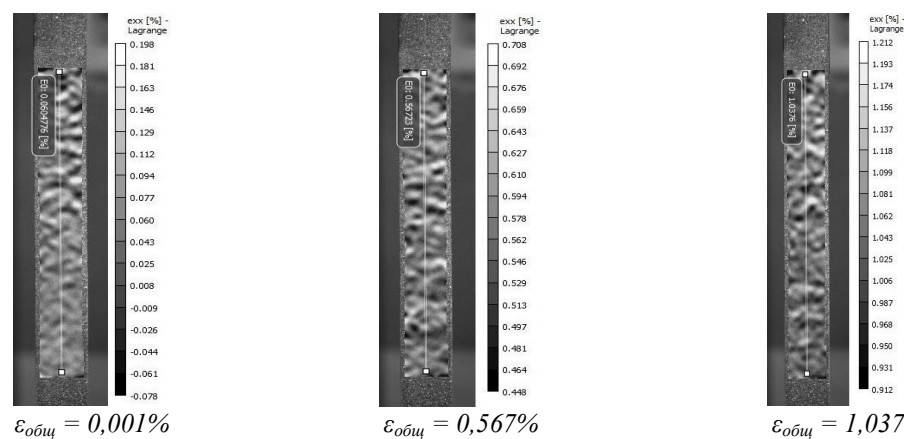


Рис. 3. Картины деформационных полей продольных относительных деформаций углекомпозиата с преднапряжением при разных значения деформации

**Заключение.** Таким образом, использование преднапряженного состояния углеродных лент в процессе формирования композита приводит к снижению концентрации напряжений по поверхности образца на 22%, что в свою очередь увеличивает прочность на 38%, деформативность на 25% и модуль упругости на 10%.

Работа выполнена при поддержке госзадания Министерства науки и высшего образования РФ FEMN-2020-0004.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Michels J., Martinelli E., Czaderski C., Motavalli M. Prestressed CFRP strips with gradient anchorage for structural concrete retrofitting: experiments and numerical modeling // Polymers. – 2014. – № 6. – P. 114-131.
2. Устинов А.М., Клопотов А.А., Потеекаев А.И. и др. Экспериментальное исследование напряженно-деформированного состояния... поверхностных слоев углепластика при осевом растяжении методом корреляции цифровых изображений // Изв АГУ. – 2018. – N1. – С.58-69.
3. Пляскин А.С., Клопотов А.А., Потеекаев А.И., Кошко Б.О. Исследование распределения деформаций в цилиндрическом стальном стержне на основе механических испытаний методом корреляции цифровых изображений // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. – 2018. – Т. 20., № 5. – С. 101-110.

УДК 691.43

**ИЗГОТОВЛЕНИЕ САМОУПЛОТНЯЮЩИХСЯ БЕТОНОВ И ФОРМОВАНИЕ  
В МОНОЛИТНЫХ КОНСТРУКЦИЯХ**Н. ГабоваНаучный руководитель: доцент, к.т.н. С.А. Лукьянчиков  
Томский государственный архитектурно-строительный университет

Россия, г. Томск, пл. Соляная, 2, 634003

E-mail: [gnuriza@bk.ru](mailto:gnuriza@bk.ru)**PRODUCTION OF SELF-COMPACTING CONCRETE AND FORMING IN MONOLITHIC  
CONSTRUCTIONS**N. Gabova

Scientific Supervisor: Assistant Prof., Dr., S.A. Luk'yanchikov

Tomsk State University of Architecture and Building, Russia, Tomsk, Solyanaya Sq., 2, 634003

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

***Abstract.** The production of self-compacting concrete is a relatively new trend in the construction industry. Self-compacting concrete is a type of concrete that facilitates concreting in the construction of complex monolithic structures. Due to compaction under its own weight and high fluidity, self-compacting concrete does not require additional compaction, which allows concreting densely reinforced formwork. This study focuses on the production of self-compacting concrete using special cement Master Emaco A640 produced by BASF, the world's largest chemical company.*

**Введение.** С развитием строительной индустрии, на рынке появляются все больше новых видов материалов, которые направлены на улучшение свойств, снижению трудозатрат, экономические выгоды и энергоэффективность. Понятие самоуплотняющегося бетона зародилась в Японии в 1990 г, когда профессор Х. Окамурав вел в практику новое поколение высокоэффективных добавок на базе полиакрилата и поликарбоксилата для улучшения текучести.

Самоуплотняющийся бетон (СУБ) – Self –Compacting Concrete (SCC) это бетон, который самостоятельно под действием собственной массы и за счет высокой подвижности течет, полностью заполняя пространство опалубки без воздействия дополнительного уплотнения, в том числе в густо-армированных участках. Изготовление такого вида бетона существенно может облегчить бетонирование в трудно доступных участках при строительстве монолитных зданий, сооружений и т.д. Так же СУБ применяют при сооружении гидротехнических конструкций; для изготовления сборного железобетона; при строительстве монолитных полов без швов; для усиления зданий и сооружений; для конструкций с качественной поверхностью, на которой не требуется дополнительная обработка.

Разработка добавок на основе эфиров поликарбоксилатов (ПСЕ) очень тесно связана с созданием самоуплотняющихся бетонов. Первый патент на эту группу веществ и их использование в качестве суперпластификаторов для бетона был заявлен в начале 80-х годов прошлого столетия в Японии. С использованием суперпластификаторов на основе эфиров поликарбоксилатов были построены известные объекты: мост через залив в Токио (Tokio Bay Bridge) и высотные здания в центре Токио (Tokio Central Towers).

В середине 90-х годов суперпластификаторы на основе эфиров поликарбоксилатов начали применять в Европе. Значительную роль в разработке и внедрении новых видов суперпластификаторов рассматриваемого типа сыграл концерн BASF. Благодаря специфике действия созданных РСЕ-суперпластификаторы позволяют производителям бетона получать продукты с улучшенными характеристиками и оптимизировать процесс производства, как с точки зрения экономики, так и с точки зрения экологии. Самоуплотняющиеся бетоны и особо высокопрочные бетоны (ОВПБ) могут быть получены только с использованием РСЕ-суперпластификаторов.

Молекула полимера вследствие своего отрицательного электрического заряда адсорбируется на поверхности зерна цемента. При этом у нафталин и меламинсульфанатов происходит их быстрое и почти полное поглощение, в то время как у РСЕ-суперпластификаторов их адсорбционными свойствами можно целенаправленно управлять путем изменения количества карбоксилатных групп. Дополнительно к диспергированию, вследствие электростатического отталкивания зерен цемента, эти зерна удерживаются на расстоянии одно от другого ещё и за счёт длинных боковых цепей. Этот принцип действия называют «пространственным диспергированием» [1].

В публикациях приводят следующие достоинства СУБ, а точнее бетонной смеси, из которой формируется бетон:

- равномерное растекание по формам;
- высокое качество поверхности, формируемых монолитных конструкций;
- сохранение заданной подвижности при транспортировке до 60-90 минут без расслоения смеси;
- при укладке в опалубку отпадает надобность в вибрировании (уплотнении);
- сокращение сроков строительства и числа рабочих, занятых на укладке бетона.

Недостатки, присущие СУБ:

- бетонная смесь очень чувствительна даже к небольшим отклонениям в рецептуре. Например, изменение количества воды на 2—3 л/м<sup>3</sup> изменяет диаметр расплыва конуса смеси на 50—70 мм при применении суперпластификаторов на основе эфиров поликарбоксилатов;
- приготовление бетонной смеси СУБ необходимо выполнять на чистых (мытых) материалах, соблюдать рекомендуемую гранулометрию;
- применяя бетоны с добавками РС или РСЕ, необходим тщательный подбор составов с учетом видов возводимых конструкций и технологии выполняемых работ и только при положительных температурах наружного воздуха;
- при укладке смеси СУБ необходима четкая организация работ и более тщательный уход, чем за обычным бетоном. Основные принципы проектирования состава СУБ;
- введение в бетонную смесь с водой затворения суперпластификатора РС или РСЕ, либо им подобных;
- для придания смеси необходимой вязкости в нее вводят молотые кремнезем, гранулированные доменные шлаки, золы-уноса, каменную муку или стабилизирующие добавки, которые, впрочем, не гарантируют, что смесь будет достаточно вязкой, чтобы не происходило ее расслаивание;
- увеличение доли песка до 50 %, а крупность щебня ограничивать в зависимости от степени армирования конструкции от 2 до 16 мм [2].

Для выполнения условий самоуплотнения в состав бетона вводят специальные пластифицирующие и минеральные добавки. Высокую текучесть СУБ можно достичь благодаря высокой

водоредуцирующей способностью пластификаторов снижающих В/Ц до 0,3–0,4. Идея самоуплотняющегося бетона зародилась в Японии, благодаря профессору Х. Окумаре, который ввел в практику новое поколение высокоэффективных добавок на базе полиакрилата и поликарбоксилата для улучшения текучести и снижению водоцементного соотношения [3].

**Экспериментальная часть.** Для достижения достаточной текучести самоуплотняющегося бетона была использована специальная сухая тонкодисперсная смесь Master Emaco A640, представляющая собой смесь портландцемента и комплексной добавки. Данная добавка обладает пластифицирующим и расширяющим эффектом [4]. Крупный заполнитель – щебень из диабазовых горных пород, мелкий заполнитель – песок с модулем крупности 2,75, Калтайского месторождения. Водоцементное соотношение составило 0,5.

По результатам исследований была получена бетонная смесь с текучестью 50 см и средней плотностью 2326 кг/м<sup>3</sup>. Были изготовлены образцы бетона размером 10x10x10 см без уплотнения. Образцы бетона хранились в нормальных условиях в камере хранения типа КНТ-42. По достижению 3, 14 и 28 суточного возраста определяли прочность на сжатие образцов. Для оценки прочностных характеристик был использован пресс гидравлический ПГМ-1000 МГ4. Результаты приведены в таблице 1.

Таблица 1

Показатели прочностных характеристик

Сроки хранения образцов	Средняя плотность бетона кг/м <sup>3</sup>	Разрушающая Нагрузка, кН	Предел прочности бетона, Мпа	Поправочный коэффициент	Предел прочности бетона с уч. Коэфф., Мпа	Среднее значение прочности бетона, МПа
3 сут.	2276	221	22,1	0,95	21,1	20,6
	2280	212	21,2		20,1	
14 сут.	2206	242	24,2	0,95	23,0	22,7
	2240	235	23,5		22,4	
28 сут.	2250	313	31,3	0,95	29,7	31,6
	2270	352	35,2		33,5	

**Вывод:** Несмотря на высокие характеристики Master Emaco A640, мы получили самоуплотняющийся бетон класса В 22,5, это обусловлено высоким соотношением В/Ц (0,5), в то время как производители рекомендуют В/Ц=0,3. Использование такого вида бетона является не эффективным с точки зрения экономической составляющей, поэтому дальнейшие исследования будут направлены на поиски дополнительных добавок для получения СУБ с ПЦ500 и местными заполнителями.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СТО 70386662 – 306 – 3013. Добавки на основе эфиров поликарбоксилатов для изготовления вибрационных и самоуплотняющихся бетонов. РФ ООО «БАСФ Строительные системы». М.: 2013.
2. Николенко Ю.В., Сташевская Н.А., Окольников Г.Э. Применение самоуплотняющихся бетонов в монолитном домостроении – Системные технологии. – 2017. – № 23. – С. 38-42.
3. Енджиевская И.Г., Шваенко Д.С., Андриянова К.Д. Самоуплотняющийся бетон с использованием местного сырья и попутных продуктов промышленности [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://elib.sfu-kras.ru/bitstream/handle/2311/129418/statya\\_sub\\_1\\_1\\_1.pdf?sequence=1](http://elib.sfu-kras.ru/bitstream/handle/2311/129418/statya_sub_1_1_1.pdf?sequence=1) (дата обращения: 20.04.2021).
4. Расширяющийся цемент MasterEmaco A 640 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.master-builders-solutions.com/ru-ru/products/masteremaco/masteremaco-a-640-> (дата обращения: 20.04.2021).

УДК 691.963

**ГРАНУЛИРОВАННЫЙ МАТЕРИАЛ НА ОСНОВЕ ТОРФОВЕРМИКУЛИТОВОЙ  
КОМПОЗИЦИИ ПРИМЕНИТЕЛЬНО К ДЕРЕВЯННЫМ КОНСТРУКЦИЯМ ЗДАНИЙ**

Д.С. Горкольева

Научный руководитель: профессор, д.т.н. Н.О. Копаница

Томский государственный архитектурно-строительный университет,

Россия, г.Томск, пл. Соляная, 2, 634003

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

**GRANULATED MATERIAL ON A PEAT-WERMICULITE COMPOSITION APPLIED TO  
WOODEN BUILDING STRUCTURES**

D.S. Gorkoltseva

Scientific Supervisor: Prof., Dr. N.O. Kopanitsa

Tomsk State University of Architecture and Building, Russia, Tomsk, Solyanaya Sq., 2, 634003

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

***Abstract.** The paper considers the main directions of using granular material based on peat-vermiculite mixture. The results of studies of the properties of the developed heat-insulating granular peat-vermiculite material are presented.*

Повышение требований к эксплуатационным и теплотехническим характеристикам строительных изделий способствовало разработке целого ряда новых композиционных материалов, как на органических, так и на минеральных вяжущих. Область их функционального применения достаточно велика [1].

Теплоизоляционные материалы на основе торфа, обладают рядом положительных свойств; низкой теплопроводностью, высокой пористостью, антисептическими свойствами, экологичностью и сложным органоминеральным составом, исходя из этого, исследование и разработка составов современных конкурентоспособных теплоизоляционных материалов на основе местного сырья является актуальными [2]. Предварительный анализ качественных показателей торфа, проведенный по результатам современных научных исследований и практических технологий производства различного вида торфопродукции, позволяет сделать заключение о перспективности использования торфа в композициях с органическими и минеральными компонентами [3].

Ранее нами был обоснован выбор теплоизоляционного гранулированного материала на основе торфовой вермикулитовой смеси низинных торфов Томской области, анализ показал эффективность и конкурентоспособность материала на строительном рынке Западно-Сибирского региона. В ходе исследований были проанализированы современные методы и способы получения гранулята.

Известны работы, посвященные разработке гранулированного теплоизоляционного материала на основе торфа с различными модифицирующими добавками. Установлено, что приготовление гранул в заводских условиях позволяет:

- сократить потери при хранении;
- снизить механические потери при погрузочно-разгрузочных операциях и транспортировании;

- более экономично использовать складские помещения и тару, повысить эффективность транспортных средств;

- комплексно механизировать и автоматизировать процессы погрузки и разгрузки, в результате чего резко сокращаются трудозатраты [4].

Основные направления применения гранулированной торфовеермикулитовой продукции: строительная отрасль (производство ТИМ, заполнители для легких бетонов); сельскохозяйственная отрасль (производство удобрения, субстраты, поглотители отходов животноводства); прочие (медицинские препараты, быт. химия).

Цель работы направлена на исследование влияния различных методов грануляции на физико-химические свойства гранулированного торфовеермикулитового материала. В статье рассмотрены основные методы грануляции;

Метод окатывания в грануляторах, характерными особенностями данного вида гранулирования является низкая энергоемкость и получение равномерных округлых форм размером 2-10 мм, насыпной плотностью 160-255 кг/м<sup>3</sup>.

Метод экструзии на шнековом и матричном грануляторах, насыпная плотность образцов 175-265 кг/м<sup>3</sup>[5-8]. Определение плотности материалов осуществляется в соответствии с ГОСТ 17177-94.

Определение прочности при сжатии производилось в соответствии с ГОСТ 21560.2-8, гранулы изготовленные методом окатывания имеют значения 1,70-3,31 МПа, методом экструзии 1,75-3,40 МПа. Определение влажности и водопоглощения гранул производилось в соответствии с ГОСТ 17177-94, ГОСТ 1607-2011. Водопоглощение определяют при полном и частичном погружении образцов в воду в течение 24 часов. (рис.1,2).

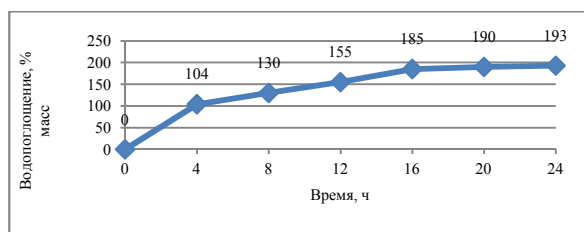


Рис. 1. Водопоглощение при полном погруж. в т. 24 ч.

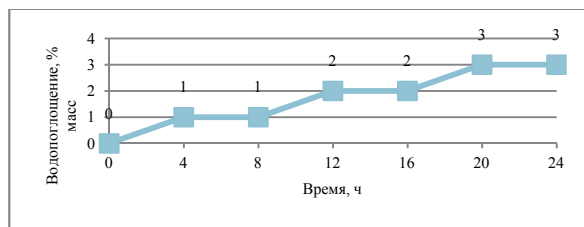


Рис. 2. Водопоглощение при частичном погруж. в т. 24 ч.

Из графика, приведенного на рис.1, можно сделать вывод о необходимом применении гидрофобизирующей добавки для снижения водопоглощения. Однако, при частичном погружении образцов на основе торфовеермикулитовой смеси, водопоглощение в течение 24 часов составляет 3%.

Для дальнейших исследований гранулированного материала на основе торфовермикулитовой смеси по основным техническим характеристикам были выбраны гидрофобизирующие добавки; кремнийорганическая жидкость ГЖ-94 соответствующая ГОСТ: 10834-76, кремнийорганическая жидкость торговой марки «Аквасил» соответствующая ТУ 6-02-1-824-9.

Таким образом, результаты проведенных исследований позволили определить, что в независимости от методов грануляции физико-химические свойства материала имеют аналогичные значения. Исходя, из этого можно сделать вывод, что для дальнейшего исследования гранулированного материала на основе торфовермикулитной смеси может быть выбран любой из методов грануляции окатывания и экструзии.

Перспективы дальнейшего исследования мы видим в более подробном исследовании физико-механических свойств и определении процентного соотношения заполнителей, связующего и модифицированных добавок.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Калашникова М.А. Теплоизоляционные строительные материалы на основе низинных торфов Томской области: дис. ... канд. тех. наук: 05.23.05. – Томский государственный архитектурно-строительный университет, Томск, 2008 – 23 с.
2. Гамаюнов С.Н., Мисников О.С., Пухова О.В. Перспективные направления использования продукции на основе гранулированного торфа // Горный журнал. – 1999. – №. 10. – С. 41-44.
3. Белкин Н.М., Виноградов Г.В., Леонов А.И. Ротационные приборы: Измерение вязкости и физико-механических характеристик материалов. – М. : Машиностроение, 1968. – 272 с.
4. Суворов В.М. Теплоизоляционные материалы на основе торфа // Тезисы сб. Физикохимия торфа и сапропелей. Материалы XII Международной научно-технической конференции. – Тверь, 1984.
5. Ринкевич В.П. Анализ способов получения и рецептур гранулированных композитов различного назначения на основе торфа // Вестник Белорусско-Российского университета. - 2007. -№4. – С.172–178.
6. Виталова Н.М. Эффективные строительные материалы на основе торфа с улучшенными теплотехническими свойствами: дис. ... канд. тех. наук: 05.23.05. – Ивановский государственный архитектурно-строительный университет, Иваново, 2012. – С. 79-82.
7. Копаница Н.О., Кудяков А.И., Саркисов Ю.С. Стеновые строительные материалы на основе модифицированных торфов Сибири, Томск: Изд-во Том. гос. архит.-строит. ун-та, 2013. - 295 с.
8. Копаница Н.О., Кудяков А.И., Ковалева М.А. Теплоизоляционные торфодревесные строительные материалы. – Томск: STT, 2009. -184 с.



УДК 539.4:537.5

**СВЯЗЬ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ОТКЛИКА ПРИ ВНЕШНЕМ  
ДЕТЕРМИНИРОВАННОМ АКУСТИЧЕСКОМ ВОЗДЕЙСТВИИ МОДЕЛЬНЫХ  
ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ОБРАЗЦОВ С ДЕФЕКТАМИ В БЕТОНЕ**Д.Д. Данн, М.В. Петров, П.Н. Хорсов

Научный руководитель: д. т. н., ведущий научный сотрудник А.А. Беспалько

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

Россия, г.Томск, пр. Ленина, 30, 634050

E-mail: [dddann@tpu.ru](mailto:dddann@tpu.ru)**RELATIONSHIP OF ELECTROMAGNETIC RESPONSE PARAMETERS AT EXTERNAL  
DETERMINED ACOUSTIC IMPACT OF MODEL DIELECTRIC SAMPLES WITH DEFECTS IN  
CONCRETE**D.D. Dann, M.V.Petrov, P.N. Horsov

Scientific Supervisor: doctor of technical sciences, leading researcher A.A. Bepalko

Tomsk Polytechnic University, Russia, Tomsk, Lenin str., 30, 634050

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

**Abstract.** *The paper presents the results of studying the parameters of the electromagnetic response from model dielectric samples with defects in the form of air cavities under an external deterministic acoustic impact. It is shown that the change in the concentration of defects in the form of air cavities is best tracked by the shift of the test spectral components of the electromagnetic response.*

Для моделирования влияния дефектов в виде воздушных полостей на параметры электромагнитного отклика при внешнем детерминированном воздействии были использованы образцы из цементно-песчаной смеси. Известно, что при замешивании таких растворов происходит воздухововлечение, которое при размерах воздушных пузырьков до  $10^{-3}$  метра оказывает благоприятное влияние на морозостойкость и прочность бетона. Чем больше размеры воздушных включений, тем ниже прочность бетона или раствора при внешних нагрузках. Это обусловлено тем, что пустоты выше  $(5-7) \times 10^{-3}$  метров служат концентраторами напряжений, что приводит, в конечном итоге, к разрушению бетона [1]. Предельная длина капилляров не должна превышать  $2 \times 10^{-4}$  метра. Уменьшение этой длины способствует получению бетонов с высокой непроницаемостью до  $16 \times 10^{-4}$  м<sup>2</sup>.

Для решения задачи тестирования насыщенности воздушными включениями бетонов или цементного камня может быть использовано явление механоэлектрических преобразований в гетерогенных диэлектрических материалах, в том числе и акустико-электрические преобразования [2-4]. Проведенными исследованиями изучены основные механизмы механоэлектрических преобразований в гетерогенных диэлектрических структурах. В результате установлены связи параметров электромагнитного сигнала, возникающего при квазиупругом ударном возбуждении материалов с их пористостью, качеством контакта компонентов в композиционных материалах, напряженно-деформированном состоянием, дефектностью и прочностью, что свидетельствует о перспективности

использования явления механоэлектрических преобразований для контроля дефектности и прочности инженерных сооружений.

Исследования были выполнены с помощью лабораторного комплекса регистрации электромагнитного отклика гетерогенных материалов при акустическом детерминированном воздействии, блок-схема которого изображена на рисунке 1.

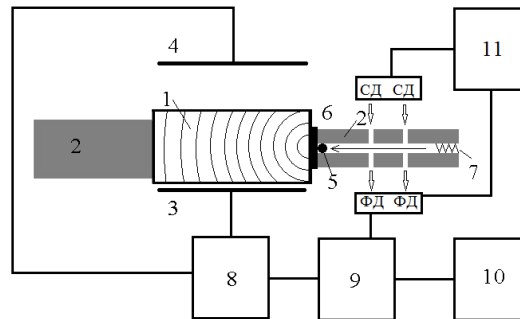
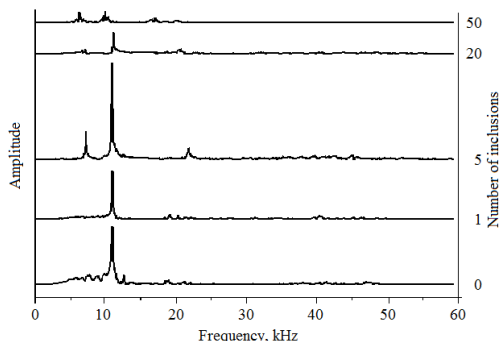


Рис. 1. Блок-схема лабораторного комплекса регистрации электромагнитного отклика гетерогенных материалов при акустическом детерминированном воздействии  
1 - образец, 2 – зажимы, 3- измерительный электрод, 4 – компенсационный электрод,  
5 – шарик, 6 – подложка, 7 пружина, 8 – дифференциальный усилитель,  
9 плата ввода-вывода данных, 10 – компьютер, 11 источник питания

С целью поиска возможных критериев, по которым можно было бы оценивать динамику изменения дефектности, анализировали характер изменения параметров механоэлектрических преобразований на физических моделях с искусственными дефектами. Исследования были проведены на моделях, содержащих внутренние воздушные полости. Для создания внутренних воздушных включений использовались заполненные воздухом полиэтиленовые шарики диаметром 10-2 метра. Были использованы модельные образцы из цементно-песчаной смеси, содержащие 1, 5, 20 и 50 воздушных включений. Такого типа дефекты моделируют внутренние воздушные полости, которые могут возникать при замешивании цементно-песчаной смеси. В эксперименте они играют роль рассеивающих центров для акустических волн, формирующихся в образце при возбуждении ударом шарика. Однако, в отличие от реальных полостей в данных моделях, имеется слой полиэтилена, на границе цементно-песчаной матрицы с которым в процессе формирования структуры цементного раствора должны образовываться двойные электрические слои. На этих образцах были проведены эксперименты по измерению электромагнитных сигналов и их амплитудно-частотных параметров при равном импульсном акустическом возбуждении. На рисунке 2 приведены полученные спектральные характеристики электромагнитных сигналов из модельных образцов, содержащих различное количество воздушных полостей.

На рисунке видно, что вначале при незначительном увеличении количества воздушных полостей происходит небольшое возрастание величины главного спектрального максимума на частоте около 11 кГц с последующим снижением его амплитуды при увеличении количества воздушных включений. Кроме того при этом спектр ЭМС изменяется. Поскольку воздушные включения при изготовлении модельного образца находятся на разном расстоянии от источника акустического возбуждения, то в результате отражения от их поверхностей в соответствии с законами линейной акустики [5] появляются дополнительные спектральные

полосы в возбуждающем акустическом импульсе. В результате акустико-электрических преобразований на границе включений появляются дополнительные полосы и в спектре ЭМС.



*Рис. 2. Изменение спектральных характеристик электромагнитного сигнала от концентрации внутренних воздушных полостей*

*1 – Без включений, 2 – 1 включение, 3 – 5 включений, 4 – 20 включений, 5 – 50 включений.*

Первоначальное возрастание амплитуды максимума обусловлены увеличением не перекрывающихся двойных электрических слоев. При этом не происходит компенсации их зарядового состояния. При дальнейшем увеличении количества воздушных включений приводит к сильному затуханию акустического импульса, компенсации зарядов на стенках соседних включений и, как следствие, к уменьшению амплитуды ЭМС в результате акустико-электрических преобразований. Кроме того наблюдается устойчивое смещение спектра ЭМС в низкочастотную область.

Настоящая работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда, грант 20-79-10156.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Akhverdov I.N. Fundamentals of Concrete Physics, Moscow: Stroyizdat. 1981. – P. 464. (Russia).
2. Khatiazhvili N.G., Perel'man M.E. Generation of the electromagnetic radiation during the passage of acoustic waves through crystalline dielectrics and some rocks // Dokl. Akad. Nauk SSSR. – 1982. – 263(4). – P. 839–842.
3. Bespal'ko A.A., Gol'd R.M., Yavorovich L.V., Datsko D.I. Influence Exerted by Siltstone Lamination on the Electromagnetic Signal Parameters during Acoustic Excitation of Samples // Journal of Mining Science. – 2002. – 38(2). – P. 124–128.
4. Surzhikov, A.P., Fursa, T.V. Mechanoelectrical transformations upon the elastic impact excitation of composite dielectric materials // Technical Physics. – 2008. – 53(4). – P. 462–465.
5. Ультразвук. Маленькая энциклопедия / под ред. И.П. Галямина. – Москва: Советская энциклопедия. 1979. – С. 400.

УДК 534.376

**РАСЧЕТ ИЗГИБА ВЯЗКОУПРУГИХ АНИЗОТРОПНЫХ БАЛОК**

Д.Д. Дубровский, Н.А. Куприянов, М.С. Павлов

Научный руководитель: профессор, д.ф.-м.н. А.А. Светашков

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30, 634050

E-mail: ddd6@tpu.ru

**CALCULATION OF BENDING OF VISCOELASTIC ANISOTROPIC BEAMS**

D.D. Dubrovskiy, N.A. Kupriyanov, M.S. Pavlov

Scientific Supervisor: Prof., Dr. A.A. Svetashkov

Tomsk Polytechnic University, Russia, Tomsk, Lenin str., 30, 634050

E-mail: ddd6@tpu.ru

***Abstract.** The simplest problem of the linear theory of viscoelasticity of an anisotropic body is considered. The problem is solved in two ways. The analytical solution obtained by the Volterra's method is compared with the solution found on the basis of the method of separation of variables. The comparison of the two methods of solution showed quite close coincidences in the calculation of the parameters of the stress-strain state.*

**Введение.** Несмотря на огромную востребованность анализа механических свойств вязкоупругих композитов, прогнозирования прочности и долговечности конструкций, задачи механики вязкоупругих анизотропных тел недостаточно полно проработаны в современной литературе.

Практически единственным аналитическим методом решения граничных задач остается принцип Вольтерра [1]. Главным препятствием широкого использования данного метода, помимо вычислительной сложности, является необходимость иметь соответствующее упругое аналитическое решение. Метод разделения переменных (МРП) разработан для изотропных вязкоупругих тел [2, 3], свободен от необходимости иметь в наличии аналитическое решение для определения вязкоупругого напряженно-деформированного состояния конструкции. Также данный метод позволяет решать задачи и в том случае, когда граница, ограничивающая объем тела, может меняться во времени.

Цель настоящей работы: модификация метода разделения переменных [2] на случай трансверсально-изотропных задач вязкоупругого тела; апробация на решении задачи изгиба вязкоупругой трансверсально-изотропной балки.

**Расчетно-аналитическая часть.** Постановка упругой задачи. Рассмотрим консольную балку, которая изгибается нормальной равномерно распределенной нагрузкой интенсивностью  $q$ . Предполагается, что в каждой точке имеется плоскость упругой симметрии, параллельная серединной плоскости  $xOy$ . Нормальное напряжение в случае упругой ортотропной балки определяется соотношением [4]

$$\sigma_x = -\frac{qx^2y}{2J} + \frac{q}{h}m \cdot \left( \frac{4y^2}{b^3} - \frac{3y}{5b} \right).$$

$$\text{Стрела прогиба } f = q \frac{a_{11}l^4}{8J} - q \frac{b^2l^2}{80J} \left( 3a_{12} + 4a_{66} - \frac{8}{3} \frac{a_{16}^2}{d^4} \right).$$

Здесь  $J$  – момент инерции сечения,  $J = \frac{hb^3}{12}$ ,  $m = \frac{1}{2} \left( \frac{E_1}{G} - 2\nu_1 \right)$ .

Константы анизотропии представлены как  $a_{11} = \frac{1}{E_1}$ ,  $a_{12} = -\frac{\nu_1}{E_1}$ ,  $a_{66} = \frac{1}{G}$ .

Рассмотрим случай трансверсально-изотропного тела, для которого определяются уравнения упругого закона Гука имеют вид

$$\begin{aligned} \varepsilon_x &= \frac{1}{E} (\sigma_x - \nu \sigma_y) - \frac{\nu_1}{E_1} \sigma_z, \varepsilon_{yz} = \frac{1}{G_1} \tau_{yz}, \varepsilon_y = \frac{1}{E} (\sigma_y - \nu \sigma_x) - \frac{\nu_1}{E_1} \sigma_z, \varepsilon_{xz} = \frac{1}{G_1} \tau_{xz}, \\ \varepsilon_x &= -\frac{\nu_1}{E_1} (\sigma_x + \sigma_y) + \frac{1}{E_1} \sigma_z, \varepsilon_{xy} = \frac{1}{G} \tau_{xy}. \end{aligned} \quad (1)$$

Здесь  $E$ ,  $\nu$  – модуль упругости и коэффициент Пуассона в плоскости симметрии,  $E_1$ ,  $\nu_1$  – соответствующие константы в плоскости, ортогональной плоскости симметрии.

Постановка и решение вязкоупругой задачи. Заменяем константы упругости, входящие в (1), соответствующими вязкоупругими операторами. Выразим константы ( $E$ ,  $\nu$ ) и ( $E_1$ ,  $\nu_1$ ) через соответствующие пары ( $G$ ,  $K$ ) и ( $G_1$ ,  $K_1$ ), где  $G$  и  $G_1$  – модули сдвига,  $K$  и  $K_1$  – модули объемного сжатия

$$\frac{1}{E} = \frac{1}{3G} + \frac{1}{9K}, \quad \frac{\nu}{E} = \frac{1}{6G} - \frac{1}{9K}, \quad \frac{1}{E_1} = \frac{1}{3G_1} + \frac{1}{9K_1}, \quad \frac{\nu_1}{E_1} = \frac{1}{6G_1} - \frac{1}{9K_1}. \quad (2)$$

Для перехода к вязкоупругому решению заменим упругие константы, входящие в (2), на соответствующие упруго-наследственные операторы  $G \rightarrow G^*$ ,  $G_1 \rightarrow G_1^*$ . Кроме того, будем считать, что объемное поведение в плоскости симметрии и ортогональной ей плоскости подчиняется закону Гука. Тогда  $K = \text{const}$ ,  $K_1 = \text{const}$ . Вязкоупругие операторы  $G^*$  и  $G_1^*$  представим как

$$G^* q = G [q(t) - \lambda \mathcal{E}_{\gamma+\lambda}^* q], \quad G_1^* q = G_1 [q(t) - \lambda_1 \mathcal{E}_{\gamma_1+\lambda_1}^* q], \quad \mathcal{E}_{\gamma}^* q = \int_0^t e^{-\gamma(t-\tau)} q(\tau) d\tau.$$

Для получения решения вязкоупругой задачи достаточно выразить в выражении для  $m$  константы  $E_1$ ,  $G$ ,  $\nu_1$  через  $G$ ,  $K$  и  $G_1$ ,  $K_1$ , затем заменить их на операторы  $G^*$ ,  $G_1^*$  (константы  $K$  и  $K_1$  при этом не подлежат преобразованию). Применяя алгебру интегральных операторов, получим «расшифровку»

оператора  $m^* = \frac{1}{2} \left( \frac{E_1^*}{G^*} - 2\nu_1^* \right)$  в следующем виде

$$m^* = \frac{9K_1}{2G} (1 + \lambda \mathcal{E}_{\gamma}^*) - \frac{A}{2G} \left[ 1 + \lambda \mathcal{E}_{\gamma}^* \left( 1 + \frac{\Omega_1}{\beta_1 - \lambda} \right) + \Omega_1 \mathcal{E}_{\beta_1}^* \left( 1 - \frac{\lambda}{\beta_1 - \gamma} \right) \right] + 1 - \frac{3}{2 + \omega_1} (1 + \Omega_1 \mathcal{E}_{\beta_1}^*).$$

Здесь введены обозначения  $A = \frac{18K_1}{2 + \omega_1}$ ,  $\omega_1 = \frac{2G_1}{3K_1}$ ,  $\beta_1 = \gamma_1 + \lambda_1 - \lambda_1 \mu_1$ ,  $\mu_1 = \frac{\omega_1}{2 + \omega_1}$ .

Решение по методу разделения переменных получим путем замен в выражении для  $m$  упругих констант на функции двух эффективных модулей трансверсальной изотропии

$$G \rightarrow g_c(t), \quad G_1 \rightarrow g_{c1}(t), \quad g_c(t) = \frac{H(t)}{G^{*-1}H}, \quad g_{c1}(t) = \frac{H(t)}{G_1^{*-1}H}.$$

Здесь  $H(t)$  – функция, входящая в выражение погонной нагрузки  $q = \tilde{q}H(t)$ , где  $\tilde{q} = \text{const}$ . Например,  $E_1 \Rightarrow E_c^1(t) = \left( \frac{1}{3g_{c1}(t)} + \frac{1}{9K_1} \right)^{-1}$ . Таким образом, оператор  $m^*$ , применяя метод разделения

переменных, примет вид  $m_c = \frac{1}{2} \left[ \frac{9K_1 \cdot g_{c1}(t)}{g_c(t) \cdot (3K_1 + g_{c1}(t))} - 2 \frac{3K_1 - 2g_{c1}(t)}{6K_1 + 2g_{c1}(t)} \right]$ .

Введем функцию относительной погрешности для оператора  $m^*$ :  $\delta(t) = \frac{m^* - m_c}{m^*} \cdot 100\%$ . График этой функции показан на рис. 1. На рисунке 1 видно, что наибольшее значение погрешности составляет порядка 38%. Также проиллюстрируем на рис. 2 относительную погрешность для значений напряжений по оси  $OX$ , которая имеет вид  $f_\sigma(t) = \frac{\sigma_x - \tilde{\sigma}_x}{\sigma_x} \cdot 100\%$ , по методу Вольтерра и МРП, соответственно. Значения напряжений отличаются меньше, чем на один процент (максимальное значение погрешности составляет 0,221 %), что говорит об эффективности применения метода разделения переменных. Отличий в значениях стрелы прогиба не наблюдается, поскольку операторы вязкоупругости входят в выражение для определения стрелы прогиба линейным образом.

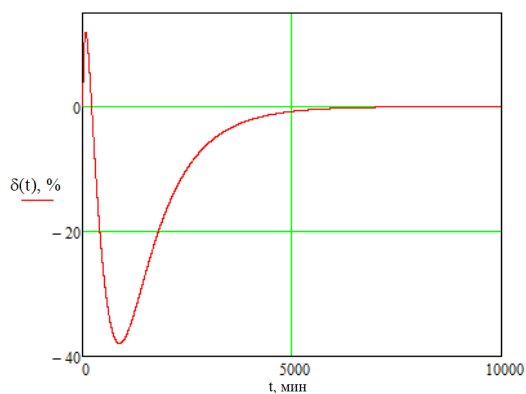


Рис. 1. Относительная погрешность для оператора  $m^*$

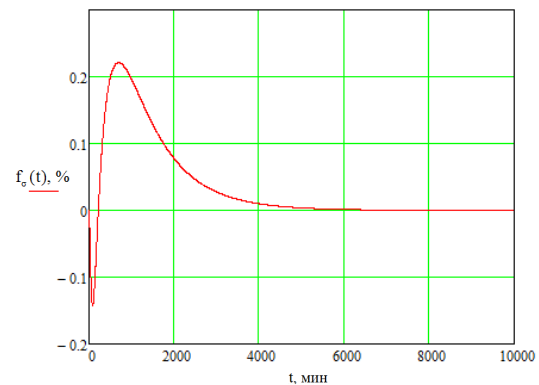


Рис. 2. Относительная погрешность для нормальных напряжений  $\sigma_x$

**Заключение.** На основе решения установлено, что метод разделения переменных достаточно точно (до 0,221 %) позволяет прогнозировать напряженное и деформированное состояние вязкоупругой анизотропной балки при изгибе.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Volterra V. (1930) Theory of Functionals and of Integral and integrodifferential Equations. London; Glasgos: Blackie and Son Limited; 2
2. Svetashkov A., Kupriyanov N.A., Pavlov M.S., Vakurov A.A. Variable separation method for solving boundary value problems of isotropic linearly viscoelastic bodies // Acta Mechanica. – 2020. – 231(9) – P.3583–3606 - DOI: 10.1007/s00707-020-02698-4. WOS/ Scopus IF 2.102; 3
3. Svetashkov A., Fok S.C., Kupriyanov N.A., Manabaev K.K., Pavlov M.S., Vakurov A.A. Modification of the Time-Effective Moduli of Viscoelastic Bodies // Mechanics of Composite Materials. – 2019. – Vol. 55, Iss. 5. – P. 667-686. - DOI: 10.1007/s11029-019-09843-8 WOS/Scopus /IF 1.007; 4
4. Лехницкий С. Г. Анизотропные пластинки, 2-е изд. – М.: Государственное издательство технико-теоретической литературы, 1957. – 463 с.

УДК 625.7/.8

**ШТАМПОВЫЕ ИСПЫТАНИЯ ГРУНТОВ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА  
АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ**И.А. Зголич

Научный руководитель: к.т.н. А.В. Сухоруков

Томский государственный архитектурно-строительный университет,

Россия, г. Томск, пл. Соляная, 2, 634003

E-mail: [izgolich@mail.ru](mailto:izgolich@mail.ru)**PLATE BEARING TEST OF SUBGRADE SOIL OF ROADS OF WESTERN SIBERIA**I.A. Zgolich

Scientific Supervisor: Ph.D A.V. Sukhorukov

Tomsk State University of Architecture and Building, Russia, Tomsk, Solyanaya sq., 2, 634003

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

***Abstract.** The article discusses the main stages of plate bearing test according to the methods of departmental building codes (VSN 46-83) and industry road methodological documents (ODM 218.3.023-2012, ODM 218.5.007-2016), as well as the preliminary national standard (PNST 311-2018). Comparison of the elasticity moduli of the subgrade soils obtained after processing the results of their stamping tests on the road network of the Omsk region is carried out.*

**Введение.** Специалистами кафедры автомобильных дорог Томского государственного архитектурно-строительного университета на протяжении уже более 40 лет проводятся экспериментальные исследования по установлению состава и свойств глинистых грунтов рабочего слоя земляного полотна автомобильных дорог, расположенных в границах территориально-географического комплекса Западной Сибири. Исследования направлены на решение ряда задач, среди которых установление эмпирических зависимостей изменения значений угла внутреннего трения и удельного сцепления, а также модуля упругости наиболее распространённых разновидностей глинистых грунтов земляного полотна от их относительной влажности [1, 2], с целью их применения для проектировании нежёстких дорожных одежд. Наиболее достоверным способом определения деформационных характеристик грунтов являются полевые испытания штампом. Поэтому при выполнении исследований модуль упругости грунтов земляного полотна на существующих автомобильных дорогах определяли с применением статического жёсткого штампа, руководствуясь действующими на момент проведения испытаний нормативными документами. Исходя из этого большая часть штамповых испытаний была выполнена по методике ведомственных строительных норм ВСН 46-83 [3] и ОДМ 218.3.023-2012 [4]. Однако на сегодняшний день документы [3, 4] не действуют, а им на замену разработаны ОДМ 218.5.007-2016 [5] и ПНСТ 311-2018 [6], имеющие уже некоторые отличия в методике проведения и обработки результатов испытаний.

Учитывая выше отмеченное, считаем актуальным провести сравнение модулей упругости грунтов земляного полотна, установленных по результатам обработки согласно ВСН 46-83 с результатами обработки по ОДМ 218.5.007-2016.

**Экспериментальная часть.** Определение модуля упругости выполнено на поверхности грунта рабочего слоя земляного полотна. Для этого на выбранных участках автомобильных дорог между полос наката одной из полос движения производили вскрытие конструкции дорожной одежды с выборкой материала до грунта рабочего слоя земляного полотна [7, 8]. После выравнивания поверхности в шурфе собирали штамповую установку.

В качестве расчётной нагрузки применяли грузовой автомобиль, масса которого в загруженном состоянии обеспечивала максимальную нагрузку на штамп. Штамп диаметром 330 мм устанавливали на рабочий слой земляного полотна, сверху устанавливался домкрат. Выше располагали динамометр с закреплённым индикатором часового типа. Далее в имеющуюся в центре штампа прорезь устанавливали измерительный стержень, закреплённый на плече прогибомера. С противоположной стороны на имеющемся стержне закрепляли ещё один индикатор часового типа. Конструкцию выдерживали под максимальной нагрузкой до тех пор, пока величина скорости осадки штампа не будет менее 0,03 мм/мин, и разгружали. Непосредственно при испытании нагрузка прикладывали ступенями до максимального расчетного значения 0,5 МПа.

Отметим, что первый цикл нагружения, описанный в ОДМ 218.5.007-2016 и ПНСТ 311-2018, заменил собой этап обжатия слоя. На основании этого было решено сравнить расчётные значения модулей упругости, полученные путем расчёта по формулам (1) [3] и (2) [4]. По экспериментальным данным построены графики зависимости осадки от приложенной нагрузки (рис. 1).

$$E_y^{ВСН} = \frac{\pi p D (1 - \mu^2)}{4l}, \quad (1)$$

где  $p$  – максимальное давление от штампа,  $p = 0,5$  МПа;  $D$  – диаметр жесткого штампа,  $D = 0,33$  м;  $\mu$  – коэффициент Пуассона,  $\mu = 0,35$ ;  $l$  – упругая деформация, соответствующая максимальному давлению.

$$E_y^{ОДМ} = \frac{0,75 D \Delta \sigma}{\Delta s}, \quad (2)$$

где  $\Delta \sigma$  – приращение нагрузки нагрузочной плиты (30% и 70% от максимальной нагрузки), МН/м<sup>2</sup>;  $\Delta s$  – приращение осадки нагрузочной плиты (30% и 70% от максимальной нагрузки), м.

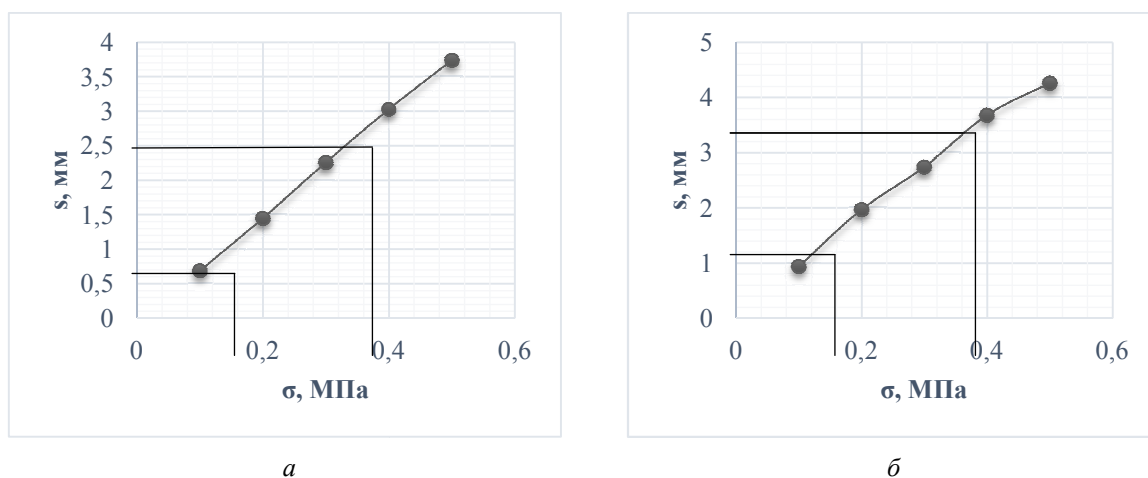


Рис. 1. Графики зависимости осадки от приложенной нагрузки для испытаний, выполненных на автомобильной дороге: а) Тюкалинск – Сажино; б) подъезд к с. Знаменское



$$E_{y1}^{BCH} = \frac{3,1415926 * 0,5 * 0,33 * (1 - 0,35^2)}{4 * 0,0037} = 30,49 \text{ МПа},$$

$$E_{y1}^{ОДМ} = \frac{0,75 * 0,33 * (0,35 - 0,15)}{0,00265 - 0,00105} = 30,94 \text{ МПа},$$

$$E_{y2}^{BCH} = \frac{3,1415926 * 0,5 * 0,33 * (1 - 0,35^2)}{4 * 0,00425} = 26,76 \text{ МПа},$$

$$E_{y2}^{ОДМ} = \frac{0,75 * 0,33 * (0,35 - 0,15)}{0,0032 - 0,00145} = 28,29 \text{ МПа}.$$

**Результаты.** Разница расчётных значений модулей упругости грунтов земляного полотна составляет 0,45 МПа и 1,53 МПа (в процентном соотношении 1,5% и 5,4%) для участка автомобильной дороги Тюкалинск-Сажино и подъездной дороги к причалу села Знаменское соответственно.

**Заключение.** Предварительно проведённое сопоставление показало, что выполненные по методике ВСН 46-83 штамповые испытания при их обработке как по ВСН 46-83, так и по ОДМ 218.5.007-2016 имеют не большие отличия в пределах 5,5%.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сухоруков А.В. Обоснование региональных расчётных значений характеристик глинистых грунтов для проектирования дорожных одежд в условиях Западной Сибири : дис. ... канд. техн. наук: 05.23.11. – Сиб. гос. ун-т путей сообщ., 2017. – 166 с.
2. Ефименко С.В. Развитие теоретических положений учёта особенностей признаков геоконспекса при формировании региональных норм проектирования автомобильных дорог : дис. ... д-ра. техн. наук : 05.23.11. – Новосибирск, 2016. – 462 с.
3. ВСН 46-83. Инструкция по проектированию дорожных одежд нежесткого типа. – Введ. 29.04.1983 – Минтрансстрой СССР. – М.: Транспорт, 1985. – 157 с.
4. ОДМ 218.3.023-2012 Методические рекомендации по определению модуля упругости дорожной одежды с использованием статического жесткого штампа. – М: Росавтодор, 2012. – 11 с.
5. ОДМ 218.5.007-2016. Методические рекомендации по определению модуля упругости статическим штампом. – М: Росавтодор, 2016. – 25 с.
6. ПНСТ 311-2018. Дороги автомобильные общего пользования. Показатели деформативности конструктивных слоёв дорожной одежды из несвязных материалов и грунтов земляного полотна. – М.: Стандартиформ, 2019. – 32 с.
7. Чарыков Ю.М., Сухоруков А.В. Методика полевых исследований при формировании банка исходных данных при подготовке предложений по уточнению границ дорожно-климатических зон на территории Западной Сибири // Инновационные факторы развития Транссиба на современном этапе. Материалы международной научно-практической конференции, посвящённой 80-летию Сибирского государственного университета путей сообщения. Ч.1 – Новосибирск: Изд-во СГУПС, 2013. – С. 106–109
8. Сухоруков А.В., Ефименко С.В., Чарыков Ю.М. Некоторые результаты полевых и лабораторных исследований при подготовке предложений по районированию западно-сибирского региона // Материалы I Международной научной конференции студентов и молодых учёных. – Томск: Изд-во Том. гос. архит. строит. ун-та, 2014. – С. 399-400.

УДК 666.942.015.42-047.58

**ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО - МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЦЕМЕНТНОГО КАМНЯ  
С  $W/C = 0,35$  С ДОБАВЛЕНИЕМ ХИМИЧЕСКОЙ ДОБАВКИ В УСЛОВИЯХ ГРАДИЕНТА  
ТЕМПЕРАТУР**

А.Ч. Карыбаева, В.С. Николенко, А.Х.Лабазанов

Научный руководитель: профессор, д.т.н. А.И. Гныря

Томский государственный архитектурно-строительный университет,

Россия, г. Томск, пл. Соляная, 2, 634003

E-mail: [karybaeva1999@mail.ru](mailto:karybaeva1999@mail.ru)

**STUDY OF PHYSICO - MECHANICAL PROPERTIES OF CEMENT STONE WITH  $W / C = 0.26$   
WITH ADDITION OF A CHEMICAL ADDITIVE UNDER TEMPERATURE GRADIENT**

A.Ch. Karybaeva, V.S. Nikolenko, A.H. Labazanov

Supervisor: Professor, DSc. A.I. Gnyrya

Tomsk State University of Architecture and Building, Russia, Tomsk, Solyanaya sq., 2, 634003

E-mail: [karybaeva1999@mail.ru](mailto:karybaeva1999@mail.ru)

***Abstract.** The article deals with the time factor influencing physical - mechanical properties of cement stone with the addition of a chemical additive. Physical - mechanical properties of cement stone samples were obtained on an Instron 3382 installation. These properties were analyzed using the Origin software package and the Mathcad engineering mathematical software. The results of the study are described.*

**Введение.** Бетон – это строительная смесь, которая сохраняет долговечность, надежность, стойкость готовой конструкции к воздействиям любой природы. Растущие требования к стройматериалам стали причиной возникновения необходимости улучшать их свойства. Специальные добавки для бетона улучшают характеристики раствора и товарного бетона, ускоряют темпы строительства, сокращают расходы материалов и энергоресурсов.

В качестве модифицирующей добавки был выбран модификатор бетонной смеси по принципу ускорения твердения высокоэффективный гиперпластификатор второго поколения на основе эфиров поликарбоксилатов PowerFlow 3100 компании MC Baucheme Russia.

Гиперпластификаторы на основе эфиров поликарбоксилатов прикрепляются к поверхности цементного зерна в основном точечно и характеризуются пространственным строением молекулы с разветвленными боковыми цепями, что способствует более эффективной диспергации цементных агрегатов за счет стерического эффекта, а также позволяет обеспечить доступ воды к клинкерным минералам. Возможности варьирования количества и длины боковых цепей позволяют создавать пластификаторы с контролируемой величиной адсорбции и пластифицирующего эффекта, в зависимости от особенностей применяемого цемента и заполнителей, а также требований к бетонной смеси. Добавки на основе эфиров поликарбоксилатов не замедляют начальное структурообразование цементного камня, а наоборот являются ускорителем набора прочности на ранних сроках [1]. Технические данные добавки приведены в таблице 1

Таблица 1

Технические характеристики гиперпластификатора PowerFlow 3100

Физические характеристики добавки	Жидкость
Плотность	Ок 1,07±0,02 кг/дм <sup>3</sup>
Дозировка	0,1- 5,0% жидкой добавки от массы цемента
Максимальное содержание хлоридов	<0,10%
Максимальное содержание щелочей	<2,0%
Сертифицировано	DIN EN 9001, ГОСТ 24211, ГОСТ 30459
Транспортирование и хранение	ГОСТ 24211

Целью данной работы является исследование физико - механических свойств цементного камня с добавкой, в условиях градиента температур.

**Экспериментальная часть.** В качестве сырьевых материалов при проведении опытных испытаний был использован портландцемент ЦЕМ I 42,5Н, добавка PowerFlow 3100 вводилась в цементно-песчаную смесь в количестве 1 % от массы цемента в виде водного раствора вместе с водой затворения. Изготовление цементного теста проводилось в лаборатории, в следующей последовательности: в сферическую чашу предварительно смоченную влажной тканью помещали взвешенное количество вяжущего. Для добавления воды в середине смеси делали углубление, куда заливали весь объем приготовленной жидкости. Смесь перемешивали вручную с помощью кельмы в течение 5 минут.

Образцы цементного камня выдерживались в деревянной опалубке размером 20x20x400 мм в течение 2-х часов при комнатной температуре. После опалубка устанавливается в проектное положение в установку регулируемых температурных градиентов (рис. 1) [2]. Создавался градиент температур +60 ÷ (-20) °С. Подъём температуры до +60 °С осуществлялся в течении 2 часов, после образцы выдерживались 6, 8, 12 часов. Затем образцы подвергались механическим испытаниям для определения прочности на испытательной машине INSTRON 3382. Нагрузка прикладывалась вплоть до появления значительных макротрещин на поверхности образцов.

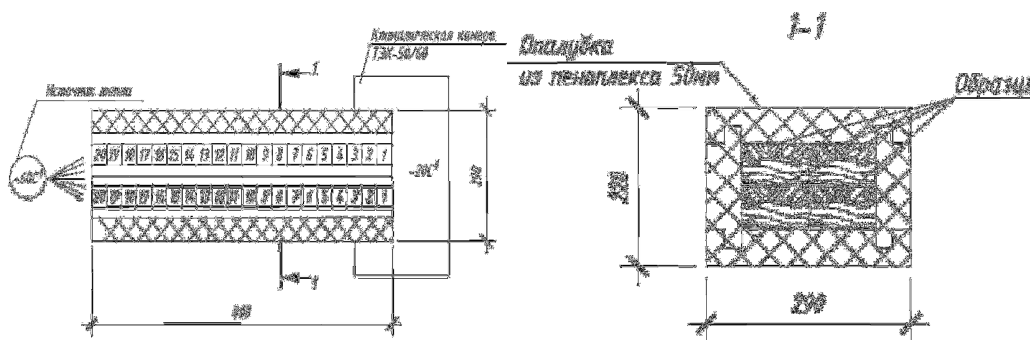


Рис.1. Схема экспериментальной установки для исследования твердеющего цементного стержня в условиях градиентов температур

**Результаты.** Результаты испытаний были обработаны в программе Origin и программном обеспечении Mathcad. Выполнения анализа физико-механических свойств исследуемых образцов были выбраны следующие параметры: модуль упругости, предел прочности, а также пластические деформации на кривых напряжение – деформация ( $\sigma$ - $\epsilon$ ) после 6 часов, 8 и 12 часов твердения.

Результаты испытаний для составов с PowerFlow 3100 с В/Ц=0,35 приведены на графиках (рис. 2).

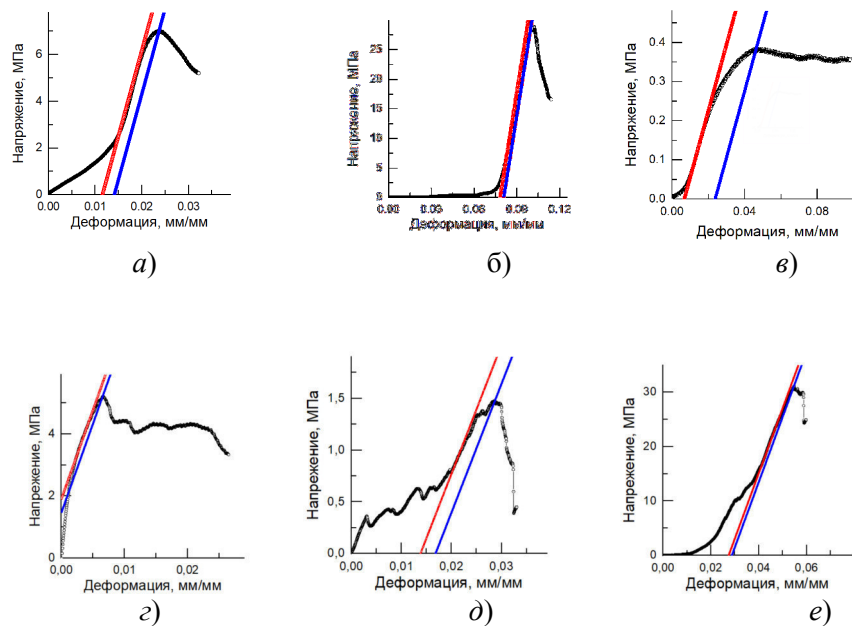


Рис. 2. Деформационные кривые напряжение-деформация ( $\sigma$ - $\epsilon$ ) после 6 часов - 5 образец (а), 8 часов – 7 образец (б), 12 часов – 1 образец (в), 6 часов с хим. добавкой - 12 образец (г), 8 часов с хим. добавкой – 15 образец (д) 12 часов с хим. добавкой – 20 образец (е).

Красная линия – оценка модуля упругости, проходящая через предел текучести,  
синяя – через предел прочности

**Заключение.** В процессе исследования физико-механических свойств цементного камня с добавкой PowerFlow 3100 выявили, что кривые напряжения имеют следующие стадии: переходная, упругая и пластическая области. Характеристики образцов цементного камня без добавления добавки выше на 10%, чем с цементным камнем с PowerFlow при заданной дозировке.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аяпов У.С. О теории действия и классификации добавок-ускорителей твердения цемента // Шестой Международный конгресс по химии цемента. М.: Стройиздат, 1976. – Кн. 2. – С. 12–14.
2. Гныря А.И. Влияние температурного градиента на физико-механические свойства бетона // Энерго- и ресурсоэффективность малоэтажных жилых зданий: Материалы II Всероссийской научной конференции с международным участием. –Новосибирск: ИТ СО РАН, 2015. – С. 328–331.

УДК 533.6.011.12:697.13

**ВЛИЯНИЕ СКОРОСТИ ВЕТРОВОГО ПОТОКА НА СРЕДНИЙ ПО ГРАНЯМ МОДЕЛЕЙ  
ЗДАНИЙ ВНЕШНИЙ ТЕПЛООБМЕН ПРИ РАСПОЛОЖЕНИИ ИХ В ТАНДЕМЕ**А.М. Катунин, С.В. Коробков, Г.Г. Кулаков

Научный руководитель: доцент, к.т.н. С.В. Коробков

Томский государственный архитектурно-строительный университет,

Россия, г. Томск, пл. Соляная, 2, 634003

E-mail: [trononss@mail.ru](mailto:trononss@mail.ru)**INFLUENCE OF WIND FLOW RATE ON EXTERNAL HEAT EXCHANGE AVERAGE ON THE  
EDGES OF BUILDING MODELS WHEN LOCATED IN THE TANDEM**A.M. Katunin, S.V. Korobkov, G.G. Kulakov

Scientific Supervisor: PhD, A/Professor S.V. Korobkov

Tomsk State University of Architecture and Building, Russia, Tomsk, Solyanaya sq., 2, 634003

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

**Abstract.** *This article presents the results of an experimental study of the effect of the air flow rate on the face-averaged coefficient of external heat transfer of a group of 2 building models in the form of prisms  $H/a = 5$ , taking into account the change in the distance between them in the longitudinal  $L1/a$  direction.*

**Введение.** Суровые климатические условия Сибири и Крайнего Севера, создают условия для большего потребления топливно-энергетических ресурсов как в процессе возведения зданий, так и при их эксплуатации. Для поиска путей сокращения потребления энергоресурсов при строительстве, кроме увеличения термического сопротивления ограждающих конструкций зданий необходимо рассмотреть возможность снижения внешних тепловых потерь за счет оптимального расположения зданий в системе (тандеме) себе подобных зданий относительно ветровых воздействий. Все это указывает на то, что исследования внешнего теплообмена ограждающих конструкций является важным этапом в моделировании тепловых потерь от зданий и сооружений.

В условиях Сибири и Крайнего Севера это очень проблематично, но с приобретением новых навыков и развития технологий, это вопрос уже решаем. И этот вопрос вполне актуален.

Целью данных исследований являлось определение закономерностей распределения коэффициента внешнего теплообмена по граням модели здания в виде квадратной призмы под воздействием вихревых потоков, создаваемых препятствиями с аналогичными геометрическими параметрами при их продольном смещении относительно друг друга.

**Экспериментальная часть.** Эксперименты проводились на аэродинамическом стенде. Методика проведения экспериментов описана в [1, 2]. В экспериментах были задействованы две одинаковые модели высотой  $H = 150$  мм и сечением  $a = 30 \times 30$  мм (далее по тексту относительная высота  $H/a = 5$ ). Модель «1», находящаяся впереди являлась препятствием и не имела нагрев, а позади нее – модель «2» являлась исследуемой моделью и имела нагрев. Угол атаки ветрового потока принимался  $\varphi = 0$  град., скорость ветрового потока  $U_0 = 9,4$  м/с; 18,8 м/с; 28,2 м/с, которая соответствовала числу  $Re = U_0 \times a/\nu =$

$1,87 \times 10^4$ ,  $3,74 \times 10^4$  и  $5,61 \times 10^4$ . Продольное смещение моделей относительно друг друга в рабочей камере трубы принималось  $L1/a = 1; 2; 4; 6; 8; 10$  и  $\infty$  (что соответствовало одиночно расположенной модели). Измерение температуры на гранях модели «2» производилось с помощью хромель-копелевых термопар.

Расположение моделей зданий в виде квадратных призм, установленных в рабочей камере аэродинамической трубы представлено на рис. 1.

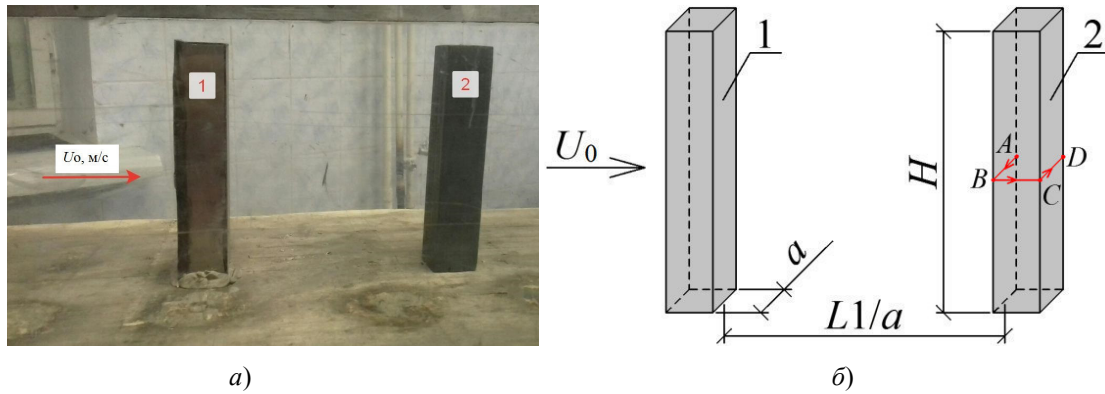
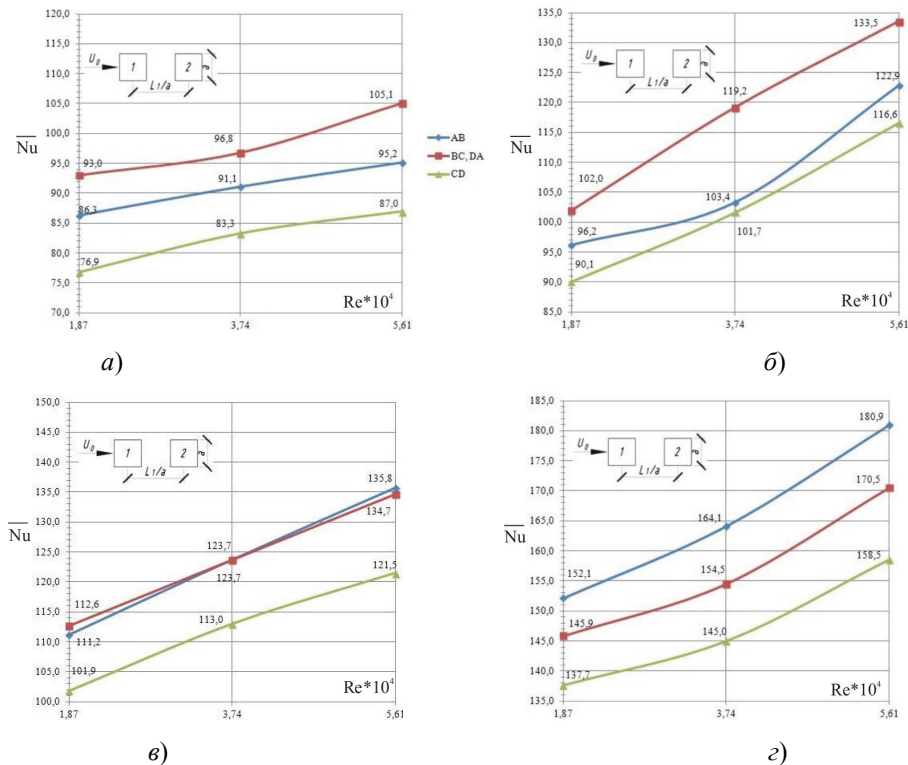
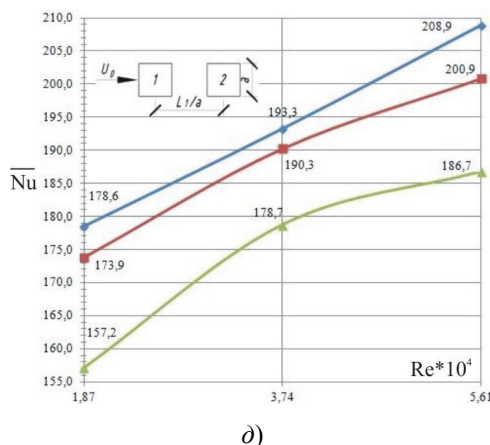


Рис. 1. Расположения моделей зданий относительно ветрового потока и друг друга: а) – расположение в рабочей камере аэродинамической трубы; б) – горизонтальные сечения модели «2» по граням;  
1 – модель-препятствие; 2 – исследуемая нагреваемая модель

**Результаты.** На рис. 2а-д представлены графики влияния изменения скорости ветрового потока на средний по граням коэффициент теплообмена (через число Нуссельта  $Nu$ ) модели «2» при угле атаки  $\varphi=0^\circ$  при продольном смещении  $L1/a$  между моделями «1» и «2».





д)

Рис. 2. Графики влияния скорости ветрового потока на средний по граням коэффициент теплообмена (через число Нуссельта  $Nu$ ) модели «2» при угле атаки  $\varphi=0^\circ$ : а) –  $L1/a = 1$ ; б) –  $L1/a = 4$ ; в) –  $L1/a = 6$ ; г) –  $L1/a = 10$ ; д) –  $L1/a = \infty$  (одиночная модель)

На рис. 2а и 2б видно, что максимальные тепловые потери происходят на боковых гранях В–С и D–А, а минимальные – на задней грани С–D. Разница в теплотерях между боковыми гранями и задней гранью составляет до 18 %, при скорости 9,4 м/с; до 15 % при 18,8 м/с и до 18% при максимальной скорости 28,2 м/с. Рост скорости ветра в 3 раза приводит к увеличению внешнего теплообмена на 30%. С увеличением продольного расстояния  $L1/a$  до 6 (рис. 2в) тепловые потери лобовой и боковых граней практически совпадают с разницей всего 0,1%. При этом тенденция увеличения теплотер с ростом скорости ветрового потока для всех граней сохраняется и составляет 20–22%. Дальнейшее увеличение параметра  $L1/a$  (рис. 2г–д) привело к тому, что интенсивность тепловых потерь на боковых гранях становится ниже, чем на лобовой, чего ранее не наблюдалось. При этом зависимость увеличения тепловых потерь граней модели «2» с ростом скорости ветрового потока сохраняется.

**Заключение.** В результате проведенных исследований установлено, что рост скорости ветрового потока оказывает существенное влияние на средний по граням внешний теплообмен модели «2». Наименьшими показателями теплотер обладает задняя грань С–D при всех скоростях ветра и при любом продольном расстоянии между моделями  $L1/a$ . Это объясняется тем, что задняя грань всегда находится в зоне отрыва ветрового потока и там формируется застойная зона.

Эти данные могут быть применены в инженерном проектировании для уменьшения всех продуваемых зон и снижения потерь тепла от здания. Таким образом, мы экспериментальным путем установили, зависимость между расположенными моделями в тандеме.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гныря А.И., Коробков С.В., Мокшин Д.И., Кошин А.А., Гаусс К.С., Терехов В.И. Исследование теплообмена моделей системы зданий. Часть 3: две призмы при поперечном их смещении // Известия вузов. Строительство. – 2015. – № 10. – С. 74–81.
2. Korobkov S., Gnyria A., Dyogin A., Sokol M., Terekhov V. Vortex formation and heat transfer in the system of building models at turbulent separated flow // IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series. – 2018. – Vol. 1105. – P. 012019(1–6). doi: 10.1088/1742-6596/1105/1/012019.

УДК 691

## ВЛИЯНИЕ КВАРЦЕВЫХ ОТХОДОВ НА ПОРИСТОСТЬ ЦЕМЕНТНОГО КАМНЯ

И.Н. Кузнецова

Научный руководитель: профессор, д.т.н. А.Ф. Косач

Югорский государственный университет

Россия, Югра, г. Ханты-Мансийск, ул. Чехова, 16, 628012

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

## INFLUENCE OF QUARTZ WASTE ON THE POROSITY OF CEMENT STONE

I.N. Kuznetsova

Scientific Supervisor: Prof. Dr. A.F. Kosach

Yugra State University, Russia, Khanty-Mansiysk, Chekhova str., 16, 628012

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

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

***Abstract.** This article examines the effect of activated quartz waste as a nanofiller in cement stone on the porosity of cement stone as a whole. The physical and mechanical properties of the cement stone are improved. the porosity of the cement stone is reduced by 17%, the density of the cement stone is increased, the strength of the cement stone is increased.*

**Введение.** Исследования цементного камня, бетона, проведены в работах таких ученых, как И.Н. Ахвердов, Ю.М. Баженов, М.М. Сычев, П.А. Ребиндер и др. В них обоснованы макроструктура и микроструктура цементного камня и бетона в целом. Формирование структуры цементного камня, осуществляется в процессе сложного гидратационного взаимодействия твердой, жидкой и газообразной фаз. Этапы твердения связаны с зарождением и образованием кристаллических фаз.

В настоящее время технологию цементного камня трудно представить без использования модификаторов специального назначения, затрагивающих более глубокие механизмы структурообразования. Это так называемые нанодобавки или наномодификаторы, применение которых должно быть осознанным, целенаправленным, то есть научно обоснованным.

В данной статье рассматривается влияние кварцевых отходов в качестве нанонаполнителя в цементном камне на минеральном вяжущем на пористость цементного камня, что является актуальным решением в плане физико-механических свойств конечного продукта и экономии цементов. Активация кварцевых отходов осуществлялась по механической в мельнице непрерывного действия роторного типа [1-3], которая по степени дисперсности в зависимости от технологии активации позволяет нам получать ультрадисперсные материалы  $10^2$ - $10^3$  нм.

Удельную поверхность и средний размер частиц определяли на приборе ПСХ-12 (Россия). Структуру образцов определяли с помощью сканирующего электронного микроскопа РЭМ-100У (Россия). Массу образцов определяли на весах ГОСМЕТР ВЛТЭ-150. Предел прочности при сжатии образцов определяли на установке с цифровым модулем для сжатия образцов MATEST. Размеры и распределение пор в образцах проводили методом ртутной порометрии на приборе Quantachrome PoreMaster 33.



**Экспериментальная часть.** Проведено исследование пористой структуры цементного камня с использованием активированных кварцевых отходов в качестве наполнителя однородно распределенного в структуре цементного камня.

Технологическая схема приготовления растворной смеси с кварцевыми отходами состоит из последовательности процессов:

1. Кварцевые отходы от производства особо чистого кварцевого концентрата, поступают в мельницу непрерывного действия роторного типа для помола (активации) – получение наполнителя.

2. Наполнитель в объеме 10% от цемента и цемент ЦЕМ II/A-Ш 42,5Н с добавкой гранулированного доменного шлака (общестроительный) дозируются, перемешиваются и пневмотранспортом подается в расходный бункер.

3. Смесь цемента с наполнителем и вода с температурой 20-25°C дозируются и поступают в смеситель, в котором в течение 5-6 минут перемешивается.

4. Полученная бетонная смесь подается разливается в формы и выдерживается при температуре 20-25°C в течение 28 суток.

Кварцевые отходы от производства особо чистого кварцевого концентрата, АО «Полярный кварц», вторичные: отходы магнитной сепарации крупки, размер частиц 26 – 30 мкм, удельная поверхность 860-507 см<sup>2</sup>/г.

Значения удельной поверхности ( $S_{уд}$ ) и среднего размера ( $d$ ) частиц кварцевых отходов после сухой активации отходов магнитной сепарации крупки составили:  $S_{уд} = 1575-1950$  см<sup>2</sup>/г,  $d = 17-20$  мкм.

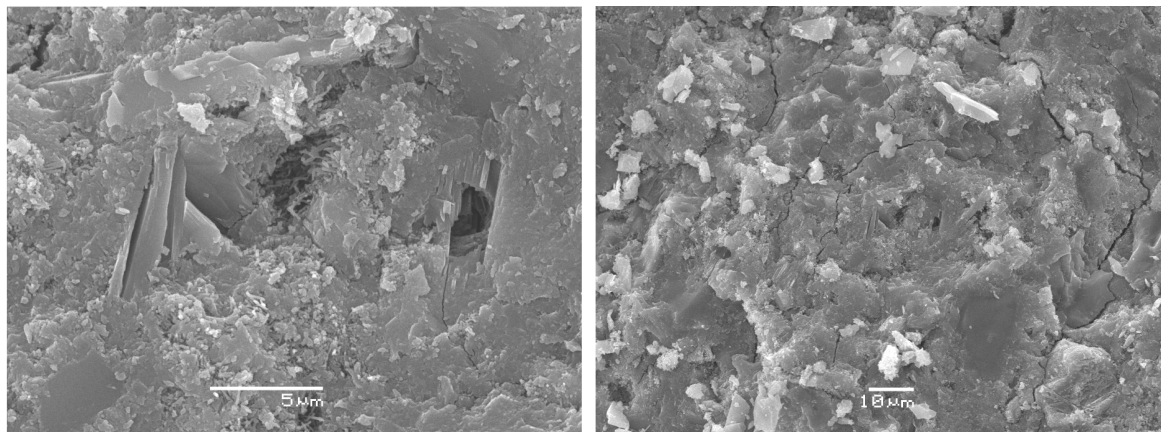
Предел прочности при сжатии образцов определяли в возрасте 28 суток, приготовленных из цементного теста нормальной густоты с водопотребностью для цемента 100 мл на 400 г. Прочность на сжатие образцов цементного камня без кварцевых отходов составляет 56,6-61,1 МПа, прочность на сжатие образцов цементного камня с кварцевыми отходами магнитной сепарации крупки составляет 65,4-71,2 МПа.

С помощью электронного растрового микроскопа исследована структура образцов (рис.1), где отчетливо видны игольчатые кристаллы и их сростки, характерные для этtringита (гидросульфосиликата кальция). Призматические кристаллы свидетельствует о наличии алита, округлые кристаллы о наличии белита. Кристаллизационные контакты образуют своеобразный жесткий каркас, состоящий из волокнистых (игольчатых) кристаллов «прошивающих» поровое пространство цементного камня, что способствует его упрочнению и повышению предела прочности при сжатии образцов цементного камня.

**Результаты.** Характеристика пористой структуры образцов цементного камня по данным ртутной порометрии (поромер Quantachrome PoreMaster 33):

- общий объем пор для образцов цементного камня без кварцевых отходов составляет 0,045 см<sup>3</sup>/г при диаметре 48,2 нм;

- общий объем пор для образцов цементного камня с активированными кварцевыми отходами (отходы магнитной сепарации крупки, размер частиц 26 – 30 мкм, удельная поверхность 860-507 см<sup>2</sup>/г) составляет 0,037 см<sup>3</sup>/г при диаметре 28,48 нм.



*Рис. 1. Микрофотографии цементного камня*

**Заключение.** В результате проведенных исследований применение активированных кварцевых отходов (активированные вторичные кварцевые отходы: отходы магнитной сепарации крупки) в качестве нанонаполнителя в цементном камне на минеральном вяжущем, способствуют равномерному распределению микропор при этом пористость цементного камня снижается, плотность цементного камня повышается до 6%, прочность цементного камня повышается до 8%, экономия цемента составляет до 10%. Достоверность полученных результатов подтверждается согласованием экспериментальных и расчетных данных.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Kuznetsova I.N., Darulis M.A., Kosach A.F. Technology of foam concrete production with ultradispersed quartz waste. [Electronic version]. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2019. – Vol. 597, № 1, from <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/597/1/012031>
2. Кузнецова И.Н. Пенобетон с использованием кварцевых отходов // В сборнике: Молодые ученые России. Сборник статей III Всероссийской научно-практической конференции. – Пенза. – 2020. – С. 44-47.
3. Кузнецова И.Н. Цементный камень с использованием ультрадисперсных кварцевых отходов // Международный научно-исследовательский журнал. – 2019. – № 11-1 (89). – С. 41-44.

УДК 533.6.011.12:697.13

**ВЛИЯНИЕ СКОРОСТИ ВЕТРОВОГО ПОТОКА НА ИНТЕГРАЛЬНЫЙ ВНЕШНИЙ  
ТЕПЛООБМЕН МОДЕЛЕЙ ЗДАНИЙ ПРИ РАСПОЛОЖЕНИИ ИХ В ТАНДЕМЕ**

Г.Г. Кулаков, С.В. Коробков, А.М. Катунин

Научный руководитель: доцент, к.т.н. С.В. Коробков

Томский государственный архитектурно-строительный университет,

Россия, г. Томск, пл. Соляная, 2, 634003

E-mail: [kylakovgg@gmail.com](mailto:kylakovgg@gmail.com)**THE INFLUENCE OF THE WIND FLOW RATE ON THE INTEGRAL EXTERNAL HEAT  
EXCHANGE OF BUILDING MODELS AT THEIR LOCATION IN THE TANDEM**

G.G. Kulakov, S.V. Korobkov, A.M. Katunin

Scientific Supervisor: PhD, A/Professor S.V. Korobkov

Tomsk State University of Architecture and Building, Russia, Tomsk, Solyanaya sq., 2, 634003

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

**Abstract.** *This article presents the results of an experimental study of the effect of the air flow rate on the integral coefficient of external heat transfer of a group of 2 building models in the form of prisms  $H/a = 5$ , taking into account the change in the distance between them in the longitudinal  $L1/a$  direction.*

**Введение.** Суровые климатические условия Сибири и Крайнего Севера, создают условия для большего потребления топливно-энергетических ресурсов как в процессе возведения зданий, так и при их эксплуатации. Для поиска путей сокращения потребления энергоресурсов необходимо рассмотреть возможность снижения тепловых потерь за счет оптимального расположения зданий в окружении (тандеме) себе подобных зданий относительно ветровых воздействий. Все это указывает на то, что исследования внешнего теплообмена ограждающих конструкций является важным этапом в моделировании тепловых потерь от зданий и сооружений.

В условиях Сибири и Крайнего Севера это очень проблематично, но с приобретением новых навыков и развития технологий, это вопрос уже решаем. И этот вопрос вполне актуален.

Целью данных исследований являлось определение закономерностей распределения интегрального коэффициента внешнего теплообмена модели здания в виде квадратной призмы под воздействием вихревых потоков, создаваемых препятствиями с аналогичными геометрическими параметрами при их продольном смещении относительно друг друга.

**Экспериментальная часть.** Эксперименты проводились на аэродинамическом стенде (рис. 1). Методика проведения экспериментов описана в [1]. В экспериментах были задействованы две одинаковые модели высотой  $H = 150$  мм и сечением  $a = 30 \times 30$  мм (далее по тексту относительная высота  $H/a = 5$ ). Модель «1», находящаяся впереди являлась препятствием и не имела нагрева, а позади нее – модель «2» являлась исследуемой моделью и имела нагрев. Угол атаки ветрового потока принимался  $\varphi = 0$  и  $45$  град., скорость ветрового потока  $U_0 = 9,4$  м/с;  $18,8$  м/с;  $28,2$  м/с, которая соответствовала числу  $Re = U_0 \times a/\nu = 1,87 \times 10^4$ ,  $3,74 \times 10^4$  и  $5,61 \times 10^4$ . Продольное смещение моделей относительно друг друга в

рабочей камере трубы принималось  $L1/a = 1; 2; 4; 6; 8; 10$  и  $\infty$  (что соответствовало одиночно расположенной модели). Измерение температуры на гранях модели «2» производилось с помощью хромель-копелевых термопар.

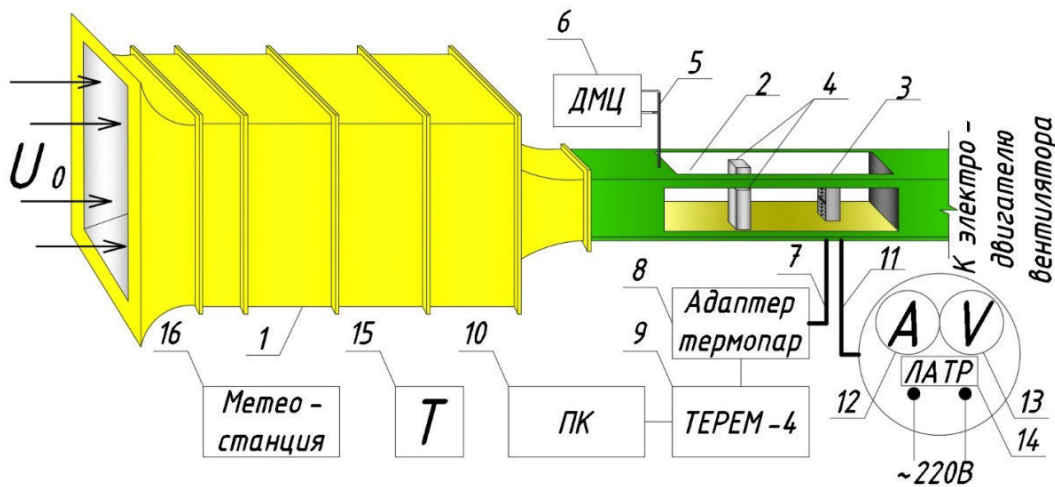


Рис. 1. Блок-схема аэродинамического стенда: 1 – диффузор аэродинамической трубы; 2 – рабочая камера; 3 – исследуемая модель; 4 – модель-препятствие; 5 – трубка Пито-Прандтля; 6 – манометр цифровой ДМЦ-01М; 7 – термопары; 8 – адаптер термопар; 9 – регистрирующий блок ТЕРЕМ-4; 10 – компьютер; 11 – силовые кабели; 12 – амперметр; 13 – вольтметр; 14 – ЛАПР; 15 – термометр; 16 – электронная метеостанция

Расположение моделей зданий в виде квадратных призм, установленных в рабочей камере аэродинамической трубы представлена на рис. 2.

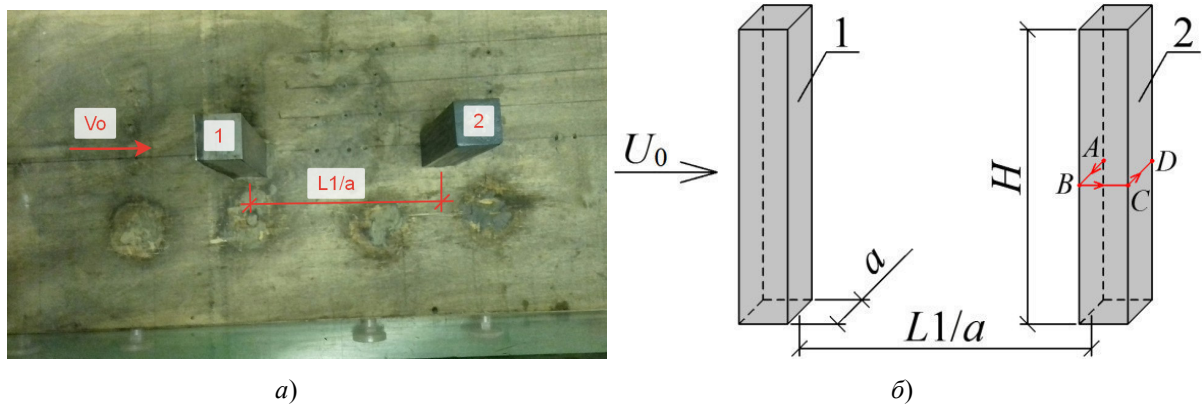


Рис. 2. Расположения моделей зданий относительно ветрового потока и друг друга: а) – расположение в рабочей камере аэродинамической трубы (вид сверху); б) – горизонтальные сечения модели «2» по граням; 1 – модель-препятствие; 2 – исследуемая нагреваемая модель

**Результаты.** На рис. 3а-б представлены графики влияния изменения скорости ветрового потока на интегральный коэффициент теплообмена (через число Нуссельта  $Nu$ ) модели «2» при угле атаки  $\varphi=0$  и 45 град. при продольном смещении  $L1/a$  между моделями «1» и «2».

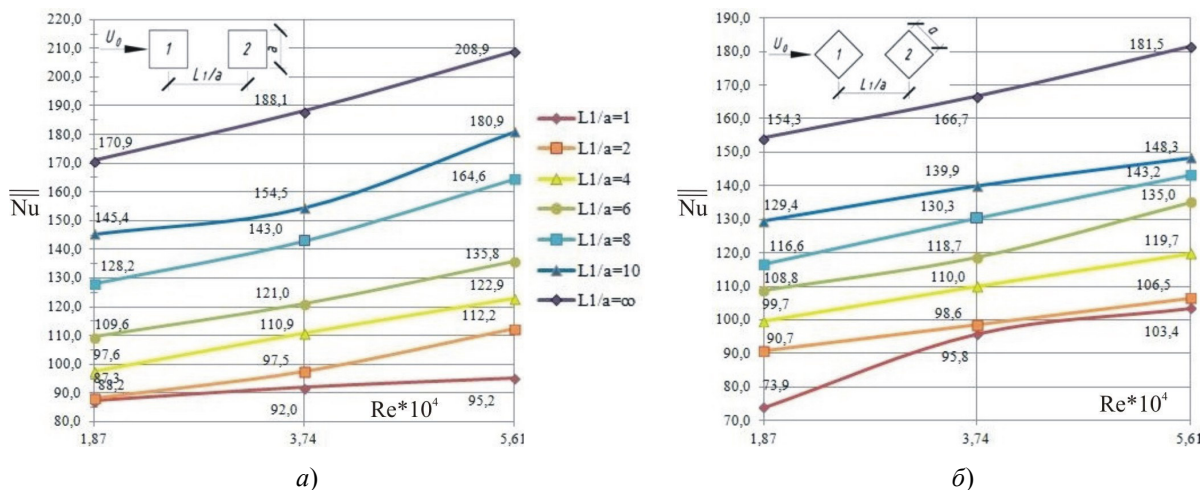


Рис. 3. Графики влияния скорости ветрового потока на интегральный коэффициент теплообмена (через число Нуссельта  $Nu$ ) модели «2» при угле атаки  $\varphi=0$  и  $45$  град

Из рисунка 3а видно, что интенсивность теплообмена призмы равномерно увеличиваются с увеличением скорости и продольно смещения призм относительно друг друга. При близком расположении исследуемой модели «2» к модели «1» ( $L1/a=1$ ) рост скорости ветра слабо сказывается на ее внешнем теплообмене, т.к. она находится под сильным влиянием модели-препятствия «1», т.е в зоне отрыва, где формируется застойная зона. С увеличением расстояния между моделями модель «2» выходит из зоны влияния модели «1» и увеличение скорости ветрового потока уже существенно оказывает влияние на увеличение интегрального теплообмена исследуемой модели «2», приближаясь к одиночно расположенной модели (когда  $L1/a = \infty$ ). Разница между ними составляет 50,9%.

При изменении угла атаки ветра до  $45$  град. (рис. 3б) зависимость увеличения тепловых потерь модели «2» с ростом скорости ветрового потока сохраняется при любом  $L1/a$ . Также интегральные коэффициенты от всей поверхности призмы при  $L1/a = 1$  являются самыми низкими, а самыми высокими при  $L1/a = \infty$ . Разница между ними составляет 42,5%.

**Закключение.** В результате проведенных исследований установлено, что рост скорости ветрового потока оказывает существенное влияние на интегральный внешний теплообмен модели «2» не зависимо от продольного смещения  $L1/a$  между моделями. Причем при угле атаки ветра  $\varphi = 45$  град. интенсивность внешнего теплообмена в среднем ниже, чем при  $\varphi = 0$  град. на 10–22%. Это объясняется тем, что при  $\varphi = 45$  град. большая часть граней модели находится в зоне отрыва ветрового потока, и там формируются застойные зоны. Таким образом, мы экспериментальным путем установили прямую зависимость между увеличением скорости ветрового потока и интегральным внешним теплообменом моделей зданий.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гныря А.И., Коробков С.В., Мокшин Д.И., Кошин А.А., Гаусс К.С., Терехов В.И. Исследование теплообмена моделей системы зданий. Часть 3: две призмы при поперечном их смещении // Известия вузов. Строительство. – 2015. – № 10. – С. 74–81.

УДК 691.542

**МОДИФИЦИРУЮЩИЕ ДОБАВКИ НА ОСНОВЕ НАНОМОДИФИКАТОРОВ В  
ПРОИЗВОДСТВЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

А.А. Куликова, О.В. Демьяненко

Научный руководитель: профессор, д.т.н. Н.О. Копаница

Томский государственный архитектурно-строительный университет

Россия, г. Томск, пл. Соляная, 2, 634003

E-mail: [lika.panda.19@gmail.com](mailto:lika.panda.19@gmail.com)

**MODIFYING ADDITIVES BASED ON NANOMODIFIERS IN THE PRODUCTION OF BUILDING  
MATERIALS**

A.A. Kulikova, Demyanenko O.V.

Scientific Supervisor: Prof., Dr., N.O. Kopanitsa

Tomsk State University of Architecture and Building, Russia, Tomsk, Solyanaya sq., 2, 634003

E-mail: [lika.panda.19@gmail.com](mailto:lika.panda.19@gmail.com)

***Abstract.** This paper presents the results of studies on the creation of a modifying additive for cement mortars, consisting of microcalcite, as a waste in the processing of marble, and a nanomodifier, in the form of silicon dioxide, obtained by the plasma method. It is shown that the introduction of a complex modifying additive makes it possible to increase the compressive strength of cement stone by 25%, and to reduce its water demand by 8.2%, while reducing the cement content by 2.5%.*

**Введение.** В последние годы в производстве строительных материалов и изделий наблюдается интерес к развитию и внедрению нанотехнологий [1].

Известно, что свойства формируемого композиционного материала зависят от его структуры. Одним из основных способов улучшения эксплуатационных характеристик композиционного материала является введение в смесь различных дисперсных фаз (наполнителей, минеральных добавок) и модифицирующих добавок. В настоящее время существует большое разнообразие химических добавок, влияющих на процессы гидратации и структурообразование цементных вяжущих.

На цементную систему на наноуровне можно оказать влияние несколькими способами. Наномодификаторы можно вводить в сухом виде, перемешав их с цементом, растворять в воде затворения, либо добавлять в пластифицирующую добавку. Введение наночастиц позволяет уменьшить расход вяжущего, при этом увеличивается водопотребность и морозостойкость цементных композитов [2, 3].

На данный момент диоксид кремния является самым распространенным наномодификатором.

Исследования влияния добавки нанодиоксида кремния на свойства цементного камня проводились в работе [4]. Прочность цементного камня в 28 суток твердения возрастает до 50 %, по сравнению с контрольным образцом. С помощью рентгенофазового анализа установлено, что введение наномодификатора в количестве 0,03 % от массы цемента, «активирует» процессы гидратации и структурообразования, за счет более полного гидратирования портландита и образования новых низкоосновных гидросиликатов кальция.

В работе [5] исследовалось влияние наноразмерного диоксида кремния, полученного плазменным методом, прочность при этом повышается на 69 %.

В исследованиях [6] была установлена эффективность применения микрокальцита (МСа), как отхода производства при добыче мрамора, на свойства цементного камня.

#### Материалы и методы.

Вязущее: портландцемент ЦЕМ I 42,5Н Топкинского цементного завода (ГОСТ 31108-2016).

Модифицирующие добавки:

– мраморная мука (ГОСТ Р 56775-2015). Мрамор добывается на Ново-Ивановском карьере вблизи г. Полевского, разрабатываемый ООО «Эверест». Микрокальцит является отходом производства при добыче мрамора. Удельная поверхность  $2 \text{ м}^2/\text{г}$ .

– наномодификатор в виде диоксида кремния, полученного плазменным методом. Для получения нанопорошка в качестве сырья использовался диатомит Камышловского месторождения Свердловской области в России. Удельная поверхность  $38 \text{ м}^2/\text{г}$ .

Готовились образцы-кубики размерами  $20 \times 20 \times 20 \text{ мм}$ , из цементного теста нормальной густоты, которые хранились в воздушно-влажных условиях, и подвергались испытанию на прочность в 1, 7 и 28 суток.

Для оценки влияния нано-SiO<sub>2</sub> на свойства цементного теста и определения фактической нормальной густоты готовилась 1 серия образцов.

Для оценки влияния комплексной модифицирующей добавки на свойства цементного камня и возможности сокращения расхода вяжущего готовилась 2 серия образцов. Составы исследуемых образцов представлены в табл. 1.

Таблица 1

Составы исследуемых образцов

Серия	№ состава	Цемент, %	МСа, %	НаноSiO <sub>2</sub> , %	Нормальная густота, %
1	Контрольный	100	–	–	28,75
	1	100	–	0,02	28,75
	2	100	–	0,03	28,00
2	3	97,5	2,5	0,02	26,60
	4	97,5	2,5	0,03	26,40

**Результаты.** При сокращении количества цемента на величину вводимых комплексных добавок, водопотребность смесей уменьшается на 7,5 % у 3 состава и 8,2 % у 4 состава.

Набор прочности у составов, модифицированных нано-SiO<sub>2</sub> замедляется в первые 7 суток, но в 28 суточном возрасте прирост прочности у состава 1 составляет 26 %, у состава 2 – 20 %, по сравнению с контрольным образцом.

Комплексная добавка ускоряет набор прочности у модифицированного состава 3 в начальные сроки (1, 7 суток) на 15%, по сравнению с контрольным. Максимальный набор прочности у состава 4, прирост прочности при сжатии в 28 суток твердения составляет 25%. Преимуществом является то, что введение комплексной добавки позволяет сократить количество цемента на 2,5 %, улучшая физико-механические характеристики.

Результаты испытаний образцов на прочность на сжатие представлены на рис. 1.

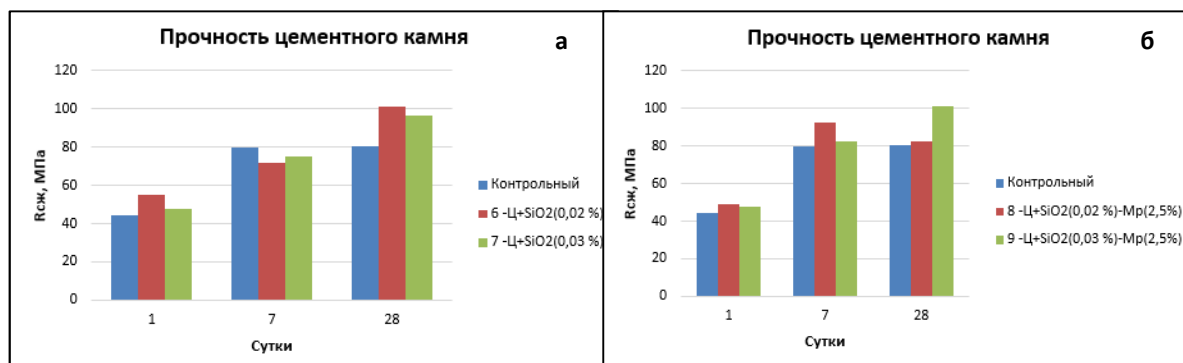


Рис. 1. Прочность цементного камня модифицированного нано-SiO<sub>2</sub> (а), комплексной добавкой (б)

**Закключение.** Из результатов, представленных в данной статье, можно сделать вывод, что комплексная модифицирующая добавка на основе нанодиоксида кремния и микрокальцита оказывает положительный эффект на свойства цементного камня, снижая его водопотребность и повышая прочность. Преимуществом является то, что введение комплексной добавки позволяет сократить расход цемента.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Калашников В.И Ерофеев В.Т., Мороз М.Н., Троянов И.Ю., Володин В.М., Суздальцев О.В. Наногидросиликатные технологии в производстве бетонов // Строительные материалы. – 2014. – № 5. – С. 89-91.
2. Юдович М.Е., Пономарев А.Н. Наномодификация пластификаторов. Регулирование их свойств и прочностных характеристик литых бетонов // СтройПРОФИЛЬ. – 2007. – № 6. – С. 49-51.
3. Сураева, Е.Н., Ерофеев В.Т., Королев Е.В. Исследование биостойких сухих строительных смесей, модифицированных нанотрубками углерода // Вестник МГСУ. – 2015. – №4. – С. 104-114.
4. Демьяненко О.В., Саркисов Ю.С., Демьяненко О.В. Влияние высокодисперсных кремнеземистых добавок на прочностные свойства цементного камня // Избранные доклады 62-й университетской научно-технической конференции студентов и молодых ученых. – Томск, 2016. – С. 121-124.
5. Космачев П.В. Демьяненко О.В., Власов В.А, Копаница Н.О., Скрипникова Н.К. Композиционные материалы на основе цемента с нанодисперсным диоксидом кремния // Вестник ТГАСУ. – 2017. – № 4. – С. 139-146.
6. Демьяненко О.В., Куликова А.А. Эффективность применения микрокальцита в производстве строительных композиций на цементной основе // Молодежь, наука, технологии: новые идеи и перспективы (МНТ-2017). Избранные доклады IV Международной научной конференции студентов и молодых ученых. –Томск, 2017. – С. 39-41.



УДК 691.33

**ЭФФЕКТИВНОСТЬ КВАРЦЕВЫХ ОТХОДОВ НА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА  
ЦЕМЕНТНОГО КАМНЯ**Р.Б. Курбанова, М.А. Дарулис

Научный руководитель: профессор, д.т.н. А.Ф. Косач

Югорский государственный университет,

Россия, Югра, г. Ханты-Мансийск, ул. Чехова, 16, 628012

E-mail: [kurbanovarb@yandex.ru](mailto:kurbanovarb@yandex.ru)R.B. Kurbanova, M.A. Darulis

Scientific adviser: Professor, DSc, Kosach Anatoly Fedorovich

Yugra State University, Russia, Khanty-Mansiysk, Chekhova str., 16, 628012

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

**Abstract.** *The article describes the use of an ultradispersed filler based on activated quartz waste from the production of highly pure quartz concentrate, in the structure of a cement stone. Four variants of the optimal content of the mass of activated quartz waste to the mass of cement have been identified. For different activation methods, the physical and mechanical parameters of the cement stone are presented.*

**Введение.** Современная бетонная технология не мыслится без использования специальных добавок. Распространены работы по применению добавок, их классификация, возможного влияния на определенные механизмы структурного образования, образования твердой фазы и пористого пространства бетона. В комплексе этих механизмов: изменение растворимости компонентов связующего и смещение баланса реакций; химическое взаимодействие с минералами связующего с образованием новых труднорастворимых соединений; действие добавок в качестве кристаллических всасывающих веществ и центров кристаллизации; изменение энергетического состояния поверхности твердой фазы в результате увеличения поверхностной энергии за счет межмолекулярного взаимодействия [1].

**Экспериментальная часть.** В данной работе рассматривается возможность использования кварцевых отходов от производства особо чистого кварцевого концентрата, который обладает высокой удельной поверхностью, что позволяет нам увеличить активность в качестве ультрадисперсного нанонаполнителя в цементном камне на минеральном вяжущем, что является актуальным решением в плане физико-механических свойств конечного продукта и экономии цементов [2, 3].

Эффект от введения наномодификаторов в цементный камень выражается в том, что в системе проявляется не только дополнительная граница раздела фаз, но и носитель квантово-механических проявлений. Результатом этого является присутствие в системе наночастиц, которые могут существенным образом менять процессы образования структуры и твердения цементного камня [4]. При определении системы требований к наноразмерным частицам, как к модификаторам структуры цементного камня, можно выделить различные аспекты (структурообразующий, технологический и экологический) [5].

При проведении исследования применяли следующее: вяжущее вещество – цемент ЦЕМ II/A-Ш 42,5Н; кварцевые отходы от производства особо чистого кварцевого концентрата, АО «Полярный кварц». Вторичные: отходы магнитной сепарации крупки (размер частиц 25 – 29 мкм, удельная поверхность 858-501 см<sup>2</sup>/г); пыль местных отсосов системы аспирации, размер частиц от 3 до 6 мкм, удельная поверхность 8017-4052 см<sup>2</sup>/г); отсев классификации пудры основная (размер частиц от 7 до 11 мкм, удельная поверхность 3249-1817 см<sup>2</sup>/г); водопроводную воду.

Теплопроводность и термическое сопротивление образцов определяли методом стационарного теплового потока прибором ИТП-МГ4 в соответствии с ГОСТ 7076-99. Для измерения массы данных образцов-кубиков применяли весы ГОСМЕТР ВЛГЭ-150. Предел прочности при сжатии образцов-кубиков из цементного камня размером 2х2х2 см определен на установке с цифровым модулем для сжатия образцов MATEST в возрасте 28 суток, приготовленных из цементного теста нормальной густоты.

**Результаты.** Показатели прочности при сжатии образцов цементного камня представлены в таблице 1. Структуру исследуемых образцов изучали с помощью электронного растрового микроскопа – микроскоп РЭМ 100У.

Таблица 1

Показатели прочности при сжатии образцов цементного камня (Rсж, Мпа)

№	Способ активации	Отношение массы ультрадисперсных кварцевых отходов к массе цемента, %					
		0:100	20:80	30:70	40:60	50:50	60:40
1	Механическая активация	$\frac{62,5}{100\%}$	$\frac{78,1}{125\%}$	$\frac{82,0}{131\%}$	$\frac{79,4}{127\%}$	$\frac{77,5}{124\%}$	$\frac{75,6}{121\%}$
	Механогидравлическая активация P= 1 гр/см <sup>3</sup>	$\frac{63,2}{100\%}$	$\frac{79,6}{126\%}$	$\frac{82,2}{130\%}$	$\frac{87,8}{139\%}$	$\frac{85,3}{135\%}$	$\frac{82,8}{131\%}$
	Механогидахимическая активация P= 1,15 гр/см <sup>3</sup>	$\frac{62,9}{100\%}$	$\frac{79,9}{127\%}$	$\frac{84,9}{135\%}$	$\frac{89,3}{142\%}$	$\frac{92,5}{147\%}$	$\frac{90}{144\%}$
2	Механическая активация	$\frac{63,3}{100\%}$	$\frac{68,9}{109\%}$	$\frac{72,8}{115\%}$	$\frac{74,1}{117\%}$	$\frac{71,5}{113\%}$	$\frac{69,5}{110\%}$
	Механогидравлическая активация P= 1 гр/см <sup>3</sup>	$\frac{63,6}{100\%}$	$\frac{69,7}{110\%}$	$\frac{78,8}{124\%}$	$\frac{82,0}{129\%}$	$\frac{80,8}{127\%}$	$\frac{78,7}{124\%}$
	Механогидахимическая активация P= 1,15 гр/см <sup>3</sup>	$\frac{64,1}{100\%}$	$\frac{76,3}{119\%}$	$\frac{80,1}{125\%}$	$\frac{82,7}{129\%}$	$\frac{81,4}{127\%}$	$\frac{78,2}{122\%}$
3	Механическая активация	$\frac{62,3}{100\%}$	$\frac{72,9}{117\%}$	$\frac{76,0}{122\%}$	$\frac{81,6}{131\%}$	$\frac{85,4}{137\%}$	$\frac{82,9}{133\%}$
	Механогидравлическая активация P= 1 гр/см <sup>3</sup>	$\frac{62,9}{100\%}$	$\frac{74,8}{119\%}$	$\frac{80,5}{128\%}$	$\frac{87,4}{139\%}$	$\frac{89,9}{143\%}$	$\frac{88,0}{140\%}$
	Механогидахимическая активация P= 1,15 гр/см <sup>3</sup>	$\frac{63,1}{100\%}$	$\frac{78,7}{125\%}$	$\frac{84,4}{134\%}$	$\frac{90,0}{143\%}$	$\frac{95,1}{151\%}$	$\frac{91,4}{146\%}$

1 - Отходы магнитной сепарации крупки (размер частиц 25 – 29 мкм, удельная поверхность 858-501 см<sup>2</sup>/г); 2 - Отсев классификации пудры основная (размер частиц от 7 до 11 мкм, удельная поверхность 3249-1817 см<sup>2</sup>/г); 3 - Пыль местных отсосов системы аспирации (размер частиц от 3 до 6 мкм, удельная поверхность 8017-4052 см<sup>2</sup>).

По данным результатам видим, что прочностные характеристики увеличиваются до 30-51 % при оптимальном соотношении 50:50 массы ультрадисперсных кварцевых отходов к массе цемента.

**Заключение.** Применение ультрадисперсного наполнителя на основе активированных кварцевых отходов позволяет улучшить физико-механические показатели за счет поверхностной энергии кварца, т.к. он занимает высокое положение по шкале твердости Мооса, что позволяет увеличить физико-химические связи, показатели цементного камня. Полученные результаты привели к увеличению плотности цементного камня от 2 до 4 %, прочности от 30 до 51 %, удельной поверхности кварцевых отходов минимум в 4 раза и уменьшению коэффициента теплопроводности до 9 %.

При использовании активированных кварцевых отходов от производства особо чистого кварцевого концентрата, в качестве ультрадисперсного кварц-цементного вяжущего, определено 4 варианта эффективного соотношения массы активированных кварцевых отходов к массе цемента, а именно: без активации – 20:80%; при механической активации – 30:70%; при гидравлической активации – 40:60%; при гидрохимической активации – 50:50 % для кварц-цементного вяжущего в сфере применения гражданского и промышленного строительства.

При массовом внедрении ультрадисперсных кварцевых отходов можно выделить экономическую целесообразность и, что немаловажно, экологическую безопасность. Введение кварцевых отходов с рациональным зерновым составом позволяет повысить однородность бетонной смеси, снизить расход цемента, а также решить проблему утилизации кварцевых отходов от производства особо чистого кварцевого концентрата путем их переработки.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Косач А.Ф., Ращупкина М.А., Кузнецова И.Н., Дарулис М.А. Влияние ультрадисперсного наполнителя на основе золы гидроудаления на свойства цементного камня // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. – 2019. – Т. 21., № 1. – С. 150-158.
2. Саркисов Ю.С., Копаница Н.О., Касаткина А.В. О некоторых аспектах применения наноматериалов и нанотехнологий в строительстве // Вестник ТГАСУ. – 2012., № 4. – С. 226–234.
3. Darulis M.A., Kuznetsova I.N., Kosach A.F. Structure and properties of the cement stone modified by ultradispersed quartz waste. // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2019. – P. 012032.
4. Тевяшев А.Д., Шитиков Е.С. О возможности управления свойствами цементобетонов с помощью наномодификаторов // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2009. – Т. 4/7, № 40. С. 35–40.
5. Косач А.Ф., Кузнецова И.Н., Дарулис М.А., Березкина Ю.В. Влияние ультрадисперсных кварцевых отходов как наполнителя на структуру и свойства цементного камня // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. – 2018. – Т. 20., № 6. – С. 148-159.

УДК 666.942.015.42-047.58

**ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО - МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЦЕМЕНТНОГО КАМНЯ  
С В/Ц = 0,26 С ДОБАВЛЕНИЕМ ХИМИЧЕСКОЙ ДОБАВКИ В УСЛОВИЯХ ГРАДИЕНТА  
ТЕМПЕРАТУР**

А.Х. Лабазанов, В.С. Николенко, Н. Хамитов

Научный руководитель: профессор, д.т.н. А.И. Гныря

Томский государственный архитектурно-строительный университет,

Россия, г. Томск, пл. Соляная, 2, 634003

E-mail: [labazanov-1996@mail.ru](mailto:labazanov-1996@mail.ru)

**STUDY OF PHYSICO - MECHANICAL PROPERTIES OF CEMENT STONE WITH  
W / C = 0.26 WITH ADDITION OF A CHEMICAL ADDITIVE UNDER TEMPERATURE  
GRADIENT**

A.H. Labazanov, V.S. Nikolenko. N.Khamitov

Supervisor: Professor, DSc. A.I. Gnyrya

Tomsk State University of Architecture and Building, Russia, Tomsk, Solyanaya sq., 2, 634003

E-mail: [labazanov-1996@mail.ru](mailto:labazanov-1996@mail.ru)

***Abstract.** The article deals with the time factor influencing physical - mechanical properties of cement stone with the addition of a chemical additive. Physical - mechanical properties of cement stone samples were obtained on an Instron 3382 installation. These properties were analyzed using the Origin software package and the Mathcad engineering mathematical software. The results of the study are described.*

**Введение.** В строительстве химические добавки используются в качестве мощных ускорителей схватывания, твердения, пластификации бетонов при зимнем бетонировании. При исследовании процессов структурообразования цементных композиций в качестве модифицирующей добавки был выбран модификатор бетонной смеси по принципу ускорения твердения высокоэффективный гиперпластификатор второго поколения на основе эфиров поликарбоксилатов PowerFlow 3100 компании МС Ваучеме Russia.

Гиперпластификаторы на основе эфиров поликарбоксилатов прикрепляются к поверхности цементного зерна в основном точно и характеризуются пространственным строением молекулы с разветвленными боковыми цепями, что способствует более эффективной диспергации цементных агрегатов за счет стерического эффекта, а также позволяет обеспечить доступ воды к клинкерным минералам. Возможности варьирования количества и длины боковых цепей позволяют создавать пластификаторы с контролируемой величиной адсорбции и пластифицирующего эффекта, в зависимости от особенностей применяемого цемента и заполнителей, а также требований к бетонной смеси. Добавки на основе эфиров поликарбоксилатов не замедляют начальное структурообразование цементного камня, а наоборот являются ускорителем набора прочности на ранних сроках [1]. Технические данные добавки приведены в табл. 1.

Таблица 1

Технические характеристики гиперпластификатора PowerFlow 3100

Физические характеристики добавки	Жидкость
Плотность	Ок 1,07±0,02 кг/дм <sup>3</sup>
Дозировка	0,1- 5,0% жидкой добавки от массы цемента
Максимальное содержание хлоридов	<0,10%
Максимальное содержание щелочей	<2,0%
Сертифицировано	DIN EN 9001, ГОСТ 24211, ГОСТ 30459
Транспортирование и хранение	ГОСТ 24211

Целью данной работы является исследование физико - механических свойств цементного камня с добавкой, в условиях градиента температур.

**Экспериментальная часть.** В качестве сырьевых материалов при проведении опытных испытаний был использован портландцемент ЦЕМ I 42,5Н, добавка PowerFlow 3100 вводилась в цементно-песчаную смесь в количестве 1 % от массы цемента в виде водного раствора вместе с водой затворения. Изготовление цементного теста проводилось в лаборатории, в следующей последовательности: в смоченную влажной тканью сферическую чашу помещали взвешенное количество вяжущего. Для добавления воды или водного раствора добавки в середине смеси делали углубление, куда заливали весь объем приготовленной жидкости. Смесь перемешивали вручную с помощью кельмы в течение 5 минут.

Образцы цементного камня выдерживались в деревянной опалубке размером 20x20x400 мм в течение 2-х часов при комнатной температуре. После опалубка устанавливается в проектное положение в установку регулируемых температурных градиентов (рис. 1) [2]. Создавался градиент температур +60 ÷ (-20) °С. Подъем температуры до +60 °С осуществлялся в течении 2 часов, после образцы выдерживались 6, 8, 12 часов. Затем образцы подвергались механическим испытаниям для определения прочности на испытательной машине INSTRON 3382. Нагрузка прикладывалась вплоть до появления значительных макротрещин на поверхности образцов.

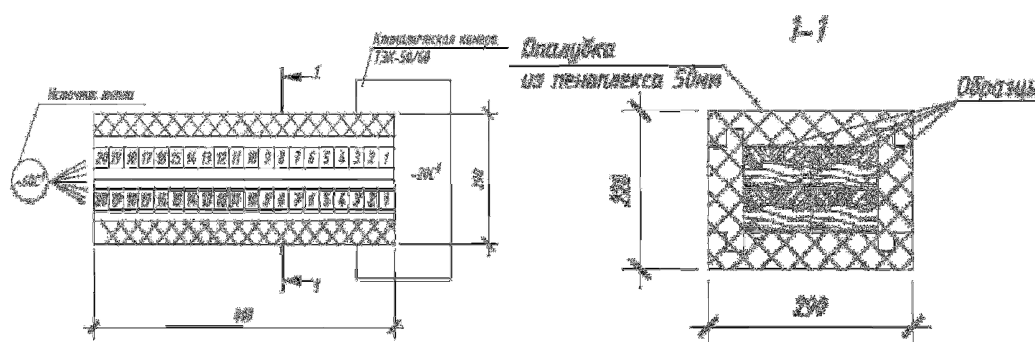


Рис. 1. Схема экспериментальной установки для исследования твердеющего цементного стержня в условиях градиентов температур

**Результаты.** Полученные результаты испытаний были обработаны в программе Origin и программном обеспечении Mathcad. Для выполнения анализа физико-механических свойств исследуемых образцов, были выбраны следующие параметры: модуль упругости, предел прочности, а также пластические деформации на кривых напряжение – деформация ( $\sigma$ – $\epsilon$ ) после 6 часов, 8 и 12 часов твердения.

Результаты испытаний для составов с PowerFlow 3100 с В/Ц = 0,26 приведены на графиках (рис. 2).

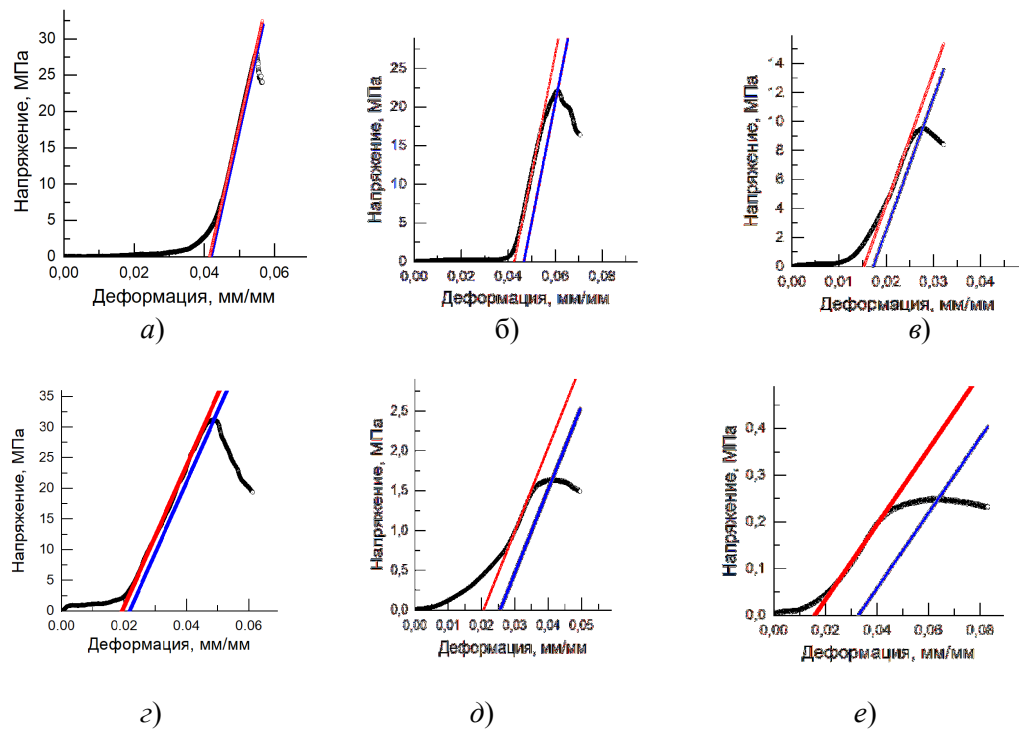


Рис. 2. Деформационные кривые напряжение-деформация ( $\sigma$ - $\varepsilon$ ) после 6 часов - 20 образец (а), 8 часов - 10 образец (б), 12 часов - 4 образец (в), 6 часов с хим. добавкой - 20 образец (г), 8 часов с хим. добавкой - 10 образец (д) 12 часов с хим. добавкой - 4 образец (е). Красная линия - оценка модуля упругости, проходящая через предел текучести, синяя - через предел прочности

Проанализировав графики, представленные на рис. 2, можно сказать, что прочностные характеристик цементного камня без добавления добавки выше на 10 %, по сравнению с цементным камнем с PowerFlow при заданной дозировке.

**Заключение.** Полученные в процессе исследования физико - механических свойств цементного камня с добавкой PowerFlow 3100 кривые напряжения имеют следующие стадии: переходная, упругая и пластическая области. Прочностных характеристик образцов цементного камня без добавления добавки выше на 10%, по сравнению с цементным камнем с PowerFlow при заданной дозировке.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аяпов У.С. О теории действия и классификации добавок-ускорителей твердения цемента // Шестой Международный конгресс по химии цемента. М.: Стройиздат, 1976. – Кн. 2. – С. 12–14.
2. Гныря А.И. Влияние температурного градиента на физико-механические свойства бетона // Энерго- и ресурсоэффективность малоэтажных жилых зданий: Материалы II Всероссийской научной конференции с международным участием. –Новосибирск: ИТ СО РАН, 2015. – С. 328–331.

УДК 666.97

**ВЛИЯНИЕ ПЛАСТИКОВЫХ ОТХОДОВ И СИЛИКАГЕЛЯ НА ПРОЧНОСТНЫЕ СВОЙСТВА  
БЕТОНА**Д.Д. Булат, Ф.И. Муртузов

Научный руководитель: доцент, к.т.н. А.Б. Стешенко

Томский государственный архитектурно-строительный университет,

Россия, г. Томск, пл. Соляная, 2, 634003

E-mail: steshenko.alexey@gmail.com

**IMPACT OF POLYPROPYLENE AND SILICA GEL ON THE COMPRESSIVE STRENGTH OF HARDENED  
CEMENT PASTE**

D.D. Bulat, F.I. Murtuzov

Scientific Supervisor: Associate professor, Ph.D. A.B. Steshenko

Tomsk State University of Architecture and Building, Russia, Tomsk, Solyanaya sq., 2, 634003

E-mail: steshenko.alexey@gmail.com

***Abstract.** This article presents the results of a study on the effect of recycled plastics on the properties of heavy concrete. The use of recycled plastic in the amount of 5% of the rubble mass allows to obtain concrete of class B20. Recycling plastic will have a positive impact on the environmental situation in the world.*

**Введение.** В настоящее время до сих пор массово используются строительные материалы, состав которых не изменяется на протяжении долгих лет. Создание современных, эффективных и экологических строительных материалов является актуальной проблемой для сферы строительства и строительных материалов.

Использование модификаторов позволяет улучшать некоторые характеристики и свойства бетона, но порой использование модификаторов неэкономично с точки зрения массового строительства. Исходя из этого принято использование переработанного пластика, так как данная добавка является отходом производства пластиковых изделий. Применение переработанного пластика позволяет частично решить вопрос утилизации данного промышленного отхода [1].

Одной из эффективных добавок в производстве изделий на основе цемента является силикагель [2, 3]. Силикагель хорошо известен как сорбент-осушитель и основа многих катализаторов. Промышленный способ получения силикагеля основан на взаимодействии жидкого стекла с серной кислотой с образованием гидрогеля, промывке гидрогеля и высушивании его. Силикагель имеет гидрохимическое происхождение: это высушенный гель кремниевой кислоты, образующийся при подкислении водных растворов силикатов щелочных металлов. Структура силикагеля может рассматриваться как совокупность агрегатов сферических наночастиц диаметром порядка 0,01 мкм, представляющих собой нерегулярную сетку тетраэдров SiO<sub>4</sub>, соединенных между собой силанольными мостиками [4]. Поверхность наночастиц покрыта силоксановыми группами, обеспечивающими гидрофильность силикагеля. В отличие от микрокремнезема силикагель обладает развитой сетью пор со средним радиусом 10<sup>-3</sup>–10<sup>-2</sup> мкм и, как следствие, высокой удельной поверхностью – 200 000 м<sup>2</sup>/кг и выше [5].

Таким образом происходит связывание гидроксида кальция в цементном камне с силикагелем.

Гранулы полипропилена смешиваясь с цементом увеличивают внутреннее сцепление частиц цемента и заполнителя, в то время как силикагель позволяет повысить водостойкость бетона [6].

Цель работы – определить влияния пластиковых отходов и силикагеля на прочностные свойства тяжелого бетона.

**Материалы и методы.** В качестве сырьевых материалов для приготовления бетонной смеси применялся Топкинский бездобавочный портландцемент ЦЕМ I 42.5Н (ГОСТ 10178-85), кварцевый песок Кандинского месторождения (ГОСТ 8735-88), щебень из гравия Кандинского месторождения песчано-гравийных смесей (фр.5-10 мм) (ГОСТ 8269-97), вода водопроводная (ГОСТ 23732-2011), переработанный пластик в виде гранул полипропилена размером 10 до 15 мм в диаметре, технические крупнопористый силикагель КСКГ с насыпной плотностью 400 кг/м<sup>3</sup> и размером гранул 2-4 мм.

При установлении закономерностей влияния добавок на свойства бетона полипропиленовые гранулы вводились в базовый состав взамен 5% щебня по массе, силикагель 0,8% от общей массы сухих компонентов. Для проектирования составов бетонных смесей была выбрана методика абсолютных объемов. Расчет состава тяжелого бетона данным методом основывается на нескольких условиях и закономерностях. Одним из главных условий является то, что сумма абсолютных объемов всех компонентов бетона равна 1 м<sup>3</sup> (1000 л.) уплотненной бетонной смеси. Был спроектирован состав бетонной смесей В20 с достижением требуемой подвижности 9 см (табл. 1).

Таблица 1

Составы бетонных смесей

Расход материала на 1м <sup>3</sup> бетонной смеси, кг					
Щебень	Песок	Цемент	Полипропиленовые гранулы	Силикагель	Вода
1200	690	200	160	17	160

В данной работе применялись стандартные методы проведения испытаний. Физико-механические свойства бетона определялись в соответствии с требованиями следующих стандартов: предел прочности на сжатие (ГОСТ 10180-2012 «Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам»). Подвижность бетонных смесей определялась при помощи конуса с воронкой. Образцы бетона после изготовления маркируют и выдерживают в нормальных условиях при температуре 20±2°С в течение суток, после чего их извлекают и помещают в камеру нормального твердения, где хранят до проведения испытаний в 14 и 28 суток при температуре 20±2°С и относительной влажности воздуха не менее 90%. Испытание и оценка качества бетона проводились по ГОСТ 25192–2012. Параллельно у образцов всех серий перед испытанием на сжатие определяли значение средней плотности. Исследования бетона проводили в лабораториях кафедры «Строительные материалы и технологии» ТГАСУ.

**Результаты.** Результаты исследований приведены на рис. 1. Средняя плотность бетонной смесей с осадкой конуса 9 см составила 2440 кг/м<sup>3</sup>. При введение пластиковых отходов в бетонную смесь прочность на сжатие в 14 и 28 суточном возрасте составила 26,17 МПа и 29,70 МПа, что соответствует классу бетона В20 (рис. 1).

**Закключение.** Исходя из результатов исследования можно сделать вывод, что применение пластиковых отходов, в виде полипропиленовых гранул, в качестве заполнителя в бетонной смеси позволяет получить бетон по прочностным характеристикам соответствующим классу В20. Так же, применение переработанного пластика позволяет снизить количество пластиковых отходов, что благоприятно скажется на экологической обстановке в мире и будет экономически выгодно.



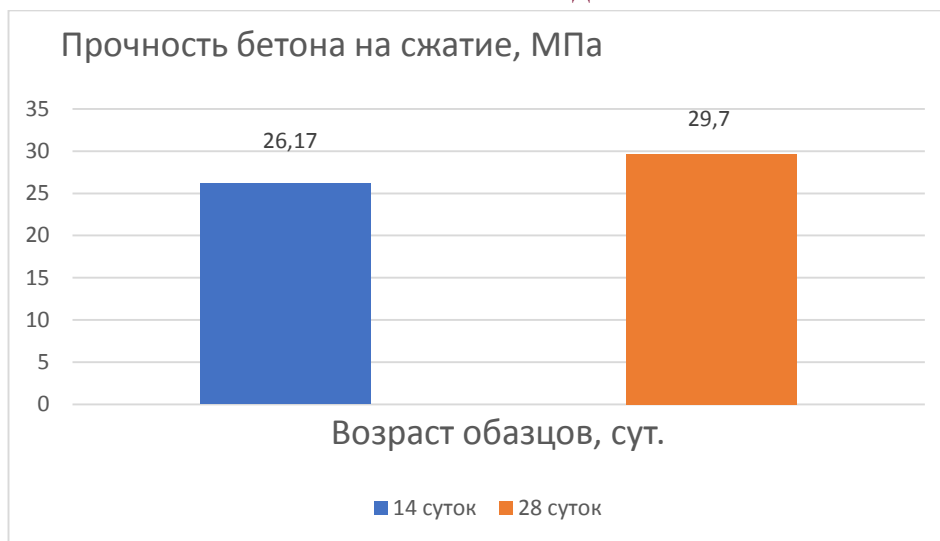


Рис. 1. Сравнение прочности на сжатие образцов разного возраста



Рис. 2 Образцы тяжелого бетона с применением пластиковых отходов после испытания по прочности на сжатие

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пименова Л.Н., Кудяков, А.И. Пенобетон, модифицированный силикагелем // Вестник ТГАСУ. – 2013. – № 2. – С.229–233.
2. Стешенко А.Б, Кудяков А.И. Пенобетон с пластифицирующими и микроармирующими добавками // «ALITinform» Международное аналитическое обозрение. – 2018. – № 3 (52). – С. 26–40.
3. Kudyakov A.I., Steshenko A.B., A.S. Simakova, Latypov A.D. Methods of introduction of glyoxal-containing additives into foam concrete mixture // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. – 2019. – №597. – 012037 doi:10.1088/1757-899X/597/1/012037.
4. Баев В.С., Пичугин А.П. Теоретические аспекты селективного модифицирования межфазовых границ композиционных строительных материалов // Вестник ТГАСУ. – 2011. – № 1. – С. 139–144.
5. Брыков А.С. Ультрадисперсный кремнезем в технологии бетонов. – СПб. : СПбГТИ(ТУ), 2009. – 27 с.
6. Айлер, Р. Химия кремнезема : [пер. с англ.]. – М. : Мир, 1982. – Ч. 2 – 712 с.

УДК 666.942.015.42-047.58

**ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЦЕМЕНТНОГО КАМНЯ  
С В/Ц = 0,40 С ДОБАВЛЕНИЕМ СУПЕРПЛАСТИФИЦИРУЮЩЕЙ ДОБАВКИ В  
УСЛОВИЯХ ГРАДИЕНТА ТЕМПЕРАТУР**

В.С. Николенко, А.Х. Лабазанов, Н. Хамитов

Научный руководитель: профессор, д.т.н. А.И. Гныря

Томский государственный архитектурно-строительный университет,

Россия, г. Томск, пл. Соляная, 2, 634003

E-mail: [nikolenko.vladislav2015@yandex.ru](mailto:nikolenko.vladislav2015@yandex.ru)

**STUDY OF PHYSICO - MECHANICAL PROPERTIES OF CEMENT STONE WITH W / C = 0.40  
WITH THE ADDITION OF A SUPERPLASTICIZING ADDITIVE UNDER TEMPERATURE  
GRADIENT**

V.S. Nikolenko, A.H. Labazanov, N. Khamitov

Supervisor: Professor, DSc. A.I. Gnyrya

Tomsk State University of Architecture and Building, Russia, Tomsk, Solyanaya sq., 2, 634003

E-mail: [nikolenko.vladislav2015@yandex.ru](mailto:nikolenko.vladislav2015@yandex.ru)

***Abstract.** The article presents the results of a study of the strength characteristics of samples consisting of cement stone with the use of a plasticizing additive, with a water-cement ratio (W/C) of 0.40 hardening under temperature gradients.*

**Введение.** Суперпластификаторы (СП) являются последним поколением добавок на основе поликарбоксилатных полимеров. СП – это поликарбоксилатные эфиры. Добавки применяются для приготовления бетонных и растворных смесей предназначенных для изготовления бетонных и железобетонных конструкций для гражданского, промышленного, транспортного, гидротехнического строительства. При этом обеспечиваются высокая прочность бетона и морозостойкость, высокая водонепроницаемость и другие качественные показатели, обусловленные структурными характеристиками бетона [1]. Технические данные добавки приведены в таблице 1.

Целью данной работы является экспериментальное изучение влияния пластифицирующей добавки «МС-ПАУЭРФЛОУ 3100 РУ» компании МС-Bauchemie Russia на физико-механические свойства твердеющего цементного теста в условиях градиентов температур.

**Экспериментальная часть.** В качестве сырьевых материалов при проведении опытных испытаний был использован портландцемент ЦЕМ I 42,5Н, суперпластификатор «МС-ПАУЭРФЛОУ 3100 РУ» вводился в цементную смесь в количестве 1 % от массы цемента. Изготовление цементного теста проводилось в лаборатории, в следующей последовательности: в смоченную влажной тканью сферическую чашу помещали взвешенное количество вяжущего. Для добавления воды или водного раствора добавки в середине смеси делали углубление, куда заливали весь объем приготовленной жидкости. Смесь перемешивали вручную с помощью кельмы в течение 5 минут.

Таблица 1

## Характеристики продукта «МС-ПАУЭРФЛОУ 3100 РУ»

Физические характеристики добавки	Жидкость
Плотность	Ок 1,07±0,02 кг/дм <sup>3</sup>
Дозировка	0,1- 5,0% жидкой добавки от массы цемента
Максимальное содержание хлоридов	<0,10%
Максимальное содержание щелочей	<2,0%
Сертифицировано	DIN EN 9001, ГОСТ 24211, ГОСТ 30459
Транспортирование и хранение	ГОСТ 24211

Образцы цементного камня выдерживались в деревянной опалубке размером 20х20х400 мм в течение 2-х часов при комнатной температуре. После чего, опалубка устанавливалась в проектное положение в установку регулируемых температурных градиентов (рис. 1) [2]. Создавался градиент температур +60 ÷ (-20) °С. Подъём температуры до +60 °С осуществлялся в течении 2 часов, после образцы выдерживались 6, 8, 12 часов. Затем образцы подвергались механическим испытаниям для определения прочности на испытательной машине INSTRON-3382. Нагрузка прикладывалась вплоть до появления значительных макротрещин на поверхности образцов.

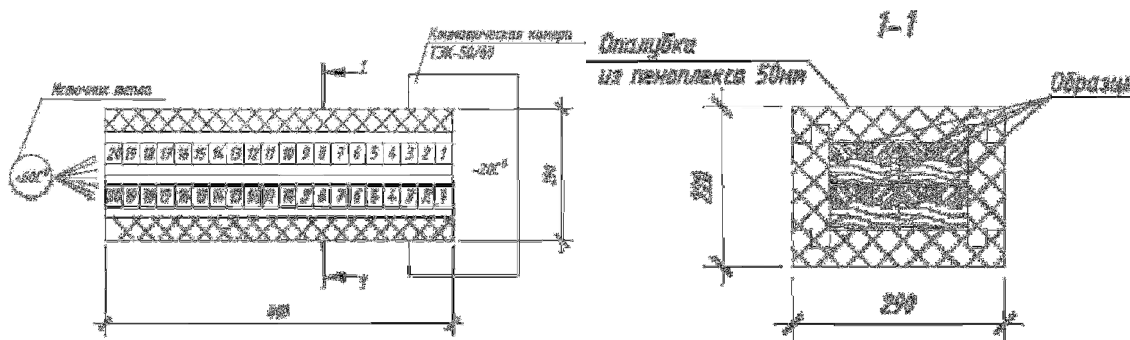
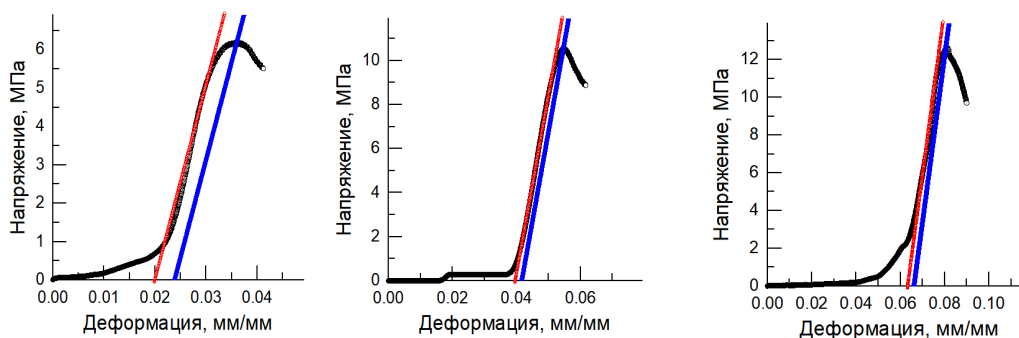


Рис. 1. Схема экспериментальной установки для исследования твердеющего цементного стержня в условиях градиентов температур

**Результаты.** Полученные результаты испытаний были обработаны в программе Origin и программном обеспечении Mathcad Prime. Для выполнения анализа физико-механических свойств исследуемых образцов, были выбраны следующие параметры: модуль упругости, предел прочности, а также пластические деформации на кривых напряжение – деформация ( $\sigma$ - $\epsilon$ ) после 6 часов, 8 и 12 часов твердения.

Результаты испытаний для составов с «МС-ПАУЭРФЛОУ 3100 РУ» с В/Ц = 0,40 приведены на графиках (рис. 2).



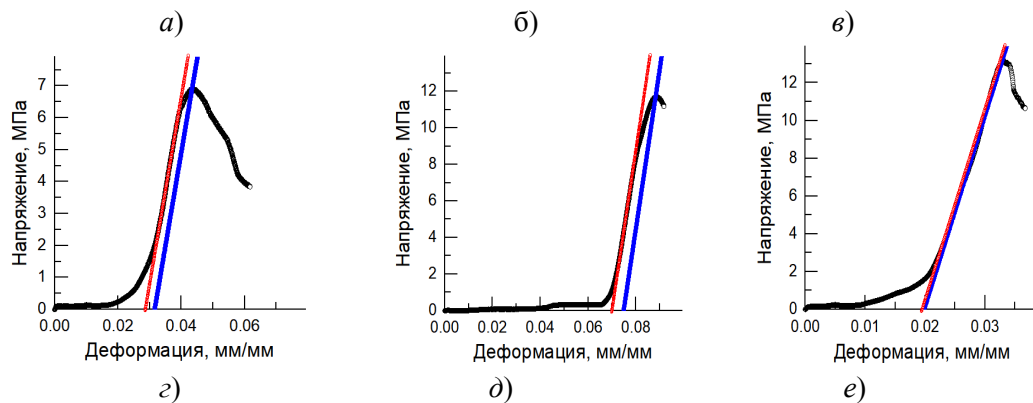


Рис. 2. Деформационные кривые напряжение-деформация ( $\sigma$ - $\epsilon$ ) без добавки после 6 часов - 10 образцов (а), без добавки 8 часов - 10 образцов (б), без добавки 12 часов - 10 образцов (в); 6 часов с добавкой - 10 образцов (г), 8 часов с добавкой - 10 образцов (д), 12 часов с добавкой - 10 образцов (е). Красная линия - аппроксимирующая линейный участок, синяя линия - прямая проходящая через предел прочности

Проанализировав графики, представленные на рисунке 2, можно сказать, что прочностные характеристики цементного камня при добавлении суперпластификатора при заданной дозировке «МС-ПАУЭРФЛОУ 3100 РУ» выше на 9,15 %, по сравнению с цементным камнем без добавления суперпластификатора.

**Заключение.** По результатам эксперимента, можно сделать вывод, что суперпластифицирующая добавка действительно оказывает влияния на физико-механические свойства твердеющего цементного стержня. Прочностные характеристики образцов цементного камня без добавления добавки ниже на 9,15 %, по сравнению с цементным камнем с добавлением «МС-ПАУЭРФЛОУ 3100 РУ».

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гиперпластификаторы и суперпластификаторы для бетона [Текст] : специализированный производственно-практический справочник / Под ред. В.П. Ложкин. – Калининград, 2013. - 130 с
2. Гныря А.И. Влияние температурного градиента на физико-механические свойства бетона // Энерго- и ресурсоэффективность малоэтажных жилых зданий: Материалы II Всероссийской научной конференции с международным участием. –Новосибирск: ИТ СО РАН, 2015. – С. 328–331.

УДК 697.12

**ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ КОНВЕКТИВОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ  
НА ТЕМПЕРАТУРНЫЕ ПОЛЯ В НАРУЖНЫХ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЯХ**М.А. Перькова

Научный руководитель: профессор, д.т.н. Р.А. Назиров

Сибирский федеральный университет,

Россия, г. Красноярск, пр. Свободный, 79, 660041

E-mail: [ivanov@tpu.ru](mailto:ivanov@tpu.ru)**THE CONVECTIVE COMPONENT OF THERMAL CONDUCTIVITY INFLUENCE ON  
TEMPERATURE FIELDS IN EXTERNAL ENCLOSING STRUCTURES STUDY**M.A. Perkova

Scientific Supervisor: Prof; Dr. R.A. Nazirov

Siberian Federal University, Russia, Krasnoyarsk, Svobodnii av, 79, 660041

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

**Abstract.** *The paper considers the influence of air permeability on the thermal protection characteristics of the external enclosing structure and also it evaluates the influence of air permeability on temperature fields for Krasnoyarsk extreme climatic conditions (the coldest five-day period). The influence was evaluated by numerical simulation at the same time solving the heat equation and the mass transfer equation in the Darcy differential form. The results obtained show that taking into account the air permeability of the outer enclosing structure leads to a decrease in thermal resistance by 23-26 %.*

**Введение.** Согласно современным строительным требованиям СП [1] процессы тепло и масса обмена рассматриваются отдельно, в то же время они связаны друг с другом. По данным исследования Беляева [2]: тепловые потери через стыки достигают 20% теплотеря через глухую часть стены. Поскольку на теплозащитные качества стыков оказывает влияние их воздухопроницаемость, целесообразны специальные меры, учитывающие ее для всех типов стыков.

Повышенная воздухопроницаемость ограждений в зимний период является негативным фактором, потому что инфильтрация вызывает дополнительные потери тепла и охлаждение помещений, а эксфильтрация может неблагоприятно отразиться на влажностном режиме наружных ограждений, способствуя конденсации в них влаги [3]. В среднем влияние воздухопроницаемости на температурное поле наружной ограждающей конструкции в пределах нормы, но именно в стыках воздухопроницаемость может привести к промерзанию, так как фильтрация воздуха через ограждение происходит вследствие наличия разности давлений по обе его стороны.

Следовательно, целесообразно рассмотреть влияния процесса воздухопроницаемости на теплозащитные характеристики наружной ограждающей конструкции. В рамках работы для исследования были выбраны: горизонтальный стык кирпичной стены с перфорацией и горизонтальный стык монолитной стены с навесным фасадом.

**Численный эксперимент. Математическая модель.** Расчет температурных полей проводился согласно следующей физико-математической модели тепло и массообмена, в рамках совместного решения уравнения теплопроводности и дифференциальной формы уравнения Дарси:

$$\begin{cases} \nabla \lambda \nabla T - C_p (\vec{V}, \nabla T) = 0 \\ \nabla \cdot \rho_f \cdot \left[ -\frac{k}{\eta} (\nabla P + \rho_f g \nabla D) \right] = 0 \end{cases} \quad (1)$$

где  $\nabla \lambda \nabla T$  – конвективная составляющая;

$C_p \nabla T$  – кондуктивная составляющая;  $C_p$  – изобарная теплоемкость;  $\lambda$  – коэффициент теплопроводности, Вт/(м×°С);  $V$  – поле скоростей, м/с;  $T$  – температура, °С;  $\eta$  – динамическая вязкость жидкости, Па×с;  $p$  – давление текучей среды, Па;  $\rho_f$  – плотность теплоносителя, кг / м<sup>3</sup>;  $k$  – проницаемость пористой среды, (м<sup>2</sup>);  $P$  – давление текучей среды, Па,  $g$  – величина гравитационного ускорения (м / с<sup>2</sup>); и является единичным вектором в направлении, на котором действует  $g$ .

**Условия однозначности.** Граничные условия выбирались согласно [СП 131.13330.2012], перепад давлений задавался 50 Па, рассчитывался согласно [1], представлены в таблице 1.

Таблица 1

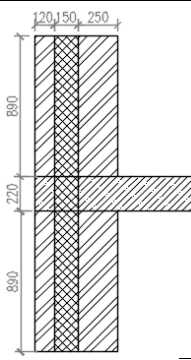
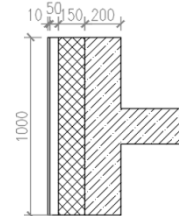
Граничные условия

Граница	Температура, °С	Давление, Па
Внутренняя	21	0
Внешняя	-37	50

Геометрические размеры расчетной области представлены в таблице 2.

Таблица 2

Эскиз и воздухопроницаемость материалов стен исследуемых стыков и узлов

Наименование стыков и углов	Эскиз	Материал (воздухопроницаемость на 100мм, м <sup>2</sup> · час · Па/кг)
Горизонтальный стык кирпичной стены с перфорацией		Кирпич (7,2) Утеплитель (80) Железобетон (20000)
Горизонтальный стык монолитной стены с навесным фасадом		Утеплитель (80) Железобетон (20000)

**Результаты численного моделирования.** Учет воздухопроницания приводит к смещению искажения, в особенности в местах стыков наружных ограждающих конструкций. Данное искажение связано с дополнительным конвективным тепловым потоком, образовавшимся вследствие массопереноса. Температурные поля с учетом воздухопроницания представлены на рисунке 1.

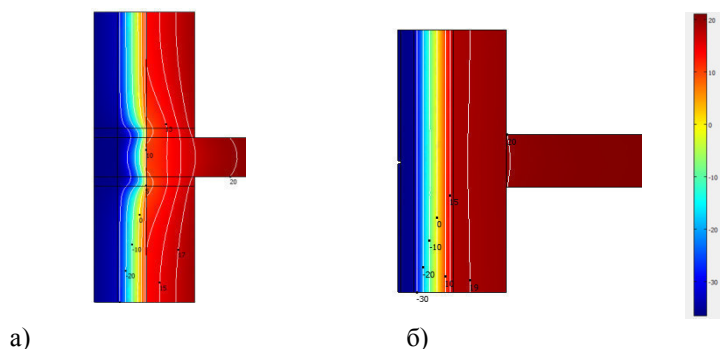


Рис. 1. Температурное поле горизонтального стыка кирпичной стены с перфорацией с учётом воздухопроницания(а), температурное поле горизонтального стыка монолитной стены с вентилируемым фасадом с учётом воздухопроницания(б)

Таблица 3

Результаты исследования стыков наружных ограждающих конструкций

Материал стены/стыка	Без учета воздухопроницания		$R_0$ без воздухопроницания, $\text{м}^2 \cdot \text{С}^\circ / \text{Вт}$	С учетом воздухопроницания		$R_0$ с учетом воздухопроницания, $\text{м}^2 \cdot \text{С}^\circ / \text{Вт}$	Разница $\text{м}^2 \cdot \text{С}^\circ / \text{Вт}$ (%)
	$Q_{\text{kond}}$	$Q_{\text{konv}}$		$Q_{\text{kond}}$	$Q_{\text{konv}}$		
Горизонтальный стык кирпичной стены с перфорацией	15,10	0	3,77	15,10	4,97	2,84	0,93 (26,0)
Горизонтальный стык монолитной стены с вентилируемым фасадом	10,09	0	4,65	10,09	4,86	3,81	0,84 (23,5)

**Заключение.** Учет воздухопроницаемости при расчете теплового сопротивления для известных конструктивных стыков наружных ограждающих конструкций показал, что тепловые потери с учетом воздухопроницания в среднем на 25% выше, чем без учета воздухопроницания. Значение перепада температур на внутренней поверхности стены и внутренней температуры помещения выше с учетом воздухопроницания, чем без его учета.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СП 50.13330.2012 Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003
2. Беляев В.С. Энергоэффективность и теплозащита зданий. – М.: АБС, 2012. – 400с
3. Научно-технический сборник №67. Коммунальное хозяйство городов. – Украина, 2003г. – С. 109-121.

УДК 692.52

**ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОЙ ОБРАБОТКИ БЕТОНА  
МОНОЛИТНЫХ КОНСТРУКЦИЙ В ЗИМНИХ УСЛОВИЯХ С ПРИМЕНЕНИЕМ  
ГРЕЮЩЕГО ПРОВОДА**

К.Е. Петров, Е.В. Петров

Научный руководитель: доцент, к.т.н. Е.В. Петров

Томский государственный архитектурно-строительный университет,

Россия, г. Томск, пл. Соляная, 2, 634003

E-mail: [petrov1818@rambler.ru](mailto:petrov1818@rambler.ru)

**NUMERICAL SIMULATION OF THE HEAT TREATMENT OF CONCRETE OF MONOLITHIC  
CONSTRUCTIONS IN WINTER CONDITIONS WITH THE USE OF A HEATING WIRE**

K.E. Petrov, E.V. Petrov

Scientific Supervisor: Associate Prof. Ph.D. E.V. Petrov

Tomsk State University of Architecture and Building, Russia, Tomsk, Solyanaya sq., 2, 634003

E-mail: [petrov1818@rambler.ru](mailto:petrov1818@rambler.ru)

***Abstract.** This paper presents the main results of numerical modeling of heat treatment of concrete of monolithic structures in winter conditions, depending on several factors. As a result of the performed numerical experiments, the modes of heat treatment of monolithic structures were obtained.*

**Введение.** Наиболее трудоемким и сложным периодом времени в технологическом плане при производстве бетонных работ в процессе возведения монолитных конструкций зданий и сооружений является период времени с отрицательными температурами наружного воздуха. В рамках представленной работы проведено численное моделирование тепловой обработки бетона монолитных конструкций с использованием греющего провода в условиях различных температур наружного воздуха в процессе производства бетонных работ.

В качестве основных исходных данных для расчета тепловой обработки были взяты такие параметры, как: толщина бетонируемой конструкции; ширина и длина участка бетонирования; конструкция опалубки с утеплителем; расход цемента и проектный класс бетона монолитной конструкции.

**Материалы и методы исследования.** Выбор метода тепловой обработки бетона монолитных конструкций зависит от многих факторов. Для тепловой обработки бетона монолитных конструкций были использованы нагревательные провода ПНСВ-1.2, схема прокладки которых может быть осуществлена по схемам, представленным на рисунке 1.

Исходя из заданных условий производства бетонных работ, нужно достичь прочности бетона монолитной конструкции не менее тех значений, которые приведены в требованиях нормативных документов за период тепловой обработки бетона. Как правило, значение необходимой прочности бетона составляет не менее 70% от требуемой прочности.

В процессе тепловой обработки монолитных бетонных конструкций для получения однородной структуры бетона [1] необходимо придерживаться требований строительных норм СП 70.133330.2012 «Несущие и ограждающие конструкции», которые предусматривают максимально допустимые значения



скорости подъема температуры при определенных значениях модуля поверхности конструкций, которые подвергаются тепловой обработке. Например, при  $M_{\text{п}} = 6\text{--}20 \text{ м}^{-1}$  скорость подъема температуры должна составлять не более  $10^\circ\text{C/ч}$  [2].

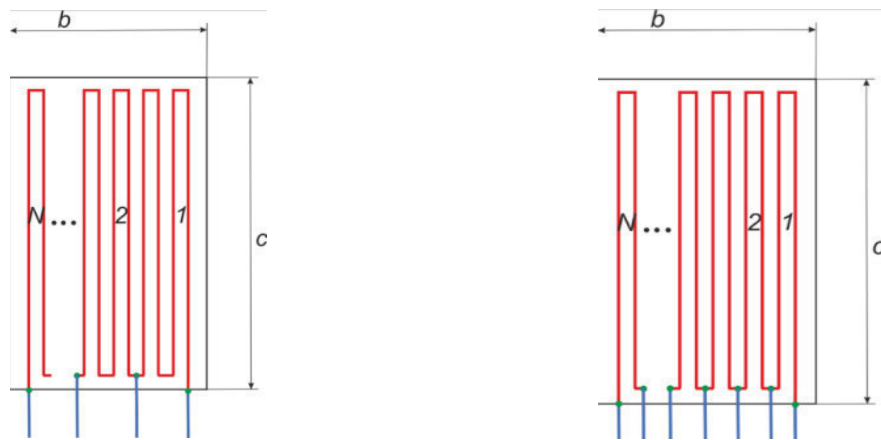


Рис. 1. Схемы прокладки провода ПНСВ-1.2

Основные параметры выдерживания монолитных бетонных конструкций при прогреве бетона и предложенный режим выдерживания бетона монолитных бетонных конструкций приведены на рисунке 2.

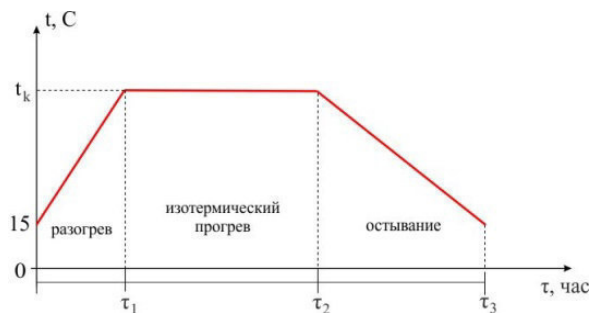


Рис. 2. Режим выдерживания бетона монолитного перекрытия с помощью греющего провода ПНСВ-1.2:  $\tau_1$ ,  $\tau_2$ ,  $\tau_3$  – продолжительность (час) периода разогрева бетонной смеси, изотермического выдерживания и остывания бетона соответственно

При проведении численных экспериментов, кроме исходных данных, приведенных в начале работы, учитывались и такие факторы, как температура окружающего воздуха, скорость ветра и температура изотермического выдерживания [3]. Основные параметры режимов тепловой обработки монолитной бетонной конструкции приведены в таблице 1 в зависимости от температуры изотермического выдерживания. Во всех случаях бетон монолитной конструкции набирает не менее 70% марочной прочности от  $R_{28}$ .

**Результаты.** По результатам проведенных расчетов были определены требуемая мощность и длительность тепловой обработки бетона на каждом из этапов (разогрев, изотермическое выдерживание и остывание).

Таблица 1

Основные параметры тепловой обработки бетона при температуре изотермического выдерживания  
60 °С

Температура наружного воздуха, °С/ч	Скорость ветра, м/с	Мощность, кВт		Длительность периода, час			
		разогрев	прогрев	разогрев	прогрев	остывание	суммарная
–10	0	225,6	64,6	4,0	18,5	41,5	64,0
	5	225,6	164,5	6,5	21,0	16,0	43,5
	15	225,6	196,8	8,0	21,0	13,5	42,5
–15	0	225,6	69,2	4,0	19,5	34,5	58,0
	5	225,6	176,3	7,0	21,5	13,5	42,0
	15	225,6	210,9	9,5	20,5	11,5	41,5
–20	0	225,6	73,8	4,0	20,0	30,0	54,0
	5	225,6	188,1	8,0	21,0	11,5	40,5
	15	225,6	225,0	11,5	20,0	10,0	41,5

Например, при температуре изотермического выдерживания равной 60°С и температуре наружного воздуха равной минус 20°С, требуется мощность на период разогрева бетонной смеси составит 225,6 кВт и прогрева бетона 188,1 кВт. При этом, суммарная продолжительность тепловой обработки бетона монолитной бетонной конструкции составит 40,5 часов. Продолжительность периода разогрева составит 8,0 часов, изотермического выдерживания при прогреве конструкции 21,0 час и остывания 11,5 часов.

**Заключение.** Таким образом, можно сделать вывод о том, что применение нагревательных проводов при тепловой обработке бетона является технологичным и универсальным методом выдерживания бетона в зимних условиях, который позволяет получать качественные конструкции.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Колчеданцев Л.М., Васин А.П., Осипенкова И.Г., Ступакова О.Г. Технологические основы монолитного бетона. Зимнее бетонирование: монография. – Москва: Лань, 2018. – 280 с.
2. Гныря А.И., Коробков С.В. Технология бетонных работ в зимних условиях: учебное пособие. – Томск: Изд-во Томского государственного архитектурно-строительного университета, 2011. – 412 с.
3. Воднев Б.С., Бондарев Р.А., Петров Е.В. Технология бетонирования монолитного перекрытия жилого дома в зимних условиях в г. Томске // Избранные доклады 64-й университетской научно-технической конференции студентов и молодых ученых. – Томск : Изд-во Том. гос. архит.-строит. ун-та, 2018. – С. 163–165.

УДК 519.657

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ СОСТАВА НЕАВТОКЛАВНОГО ПЕНОБЕТОНА  
С ТЕРМОМОДИФИЦИРУЮЩИМИ ТОРФЯНЫМИ ДОБАВКАМИ МЕТОДОМ  
МАТЕМАТИЧЕСКОГО ПЛАНИРОВАНИЯ**

И.А. Прищепа

Научный руководитель: профессор, д.т.н. А.И. Кудяков

Томский государственный архитектурно-строительный университет,

Россия, г. Томск, пл. Соляная, 2, 6340003

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

**DESIGNING THE COMPOSITION OF NON-AUTOCLAVE FOAM CONCRETE  
WITH THERMOMODIFYING PEAT ADDITIVES BY THE METHOD OF MATHEMATICAL  
PLANNING**

I.A. Prishchepa

Scientific Supervisor: Prof., Dr. A.I. Kudyakov

Tomsk State University of Architecture and Building, Russia, Tomsk, 2, Solynaya sq., 634003

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

***Abstract.** This article discusses the possibility of using the method of mathematical planning in the design of the composition of non-autoclaved foam concrete. Calculation of design optimization based on the analysis of the physical and mechanical characteristics of foam concrete, average density and ultimate compressive strength. We also take into account various parameters: the ratio of water to solid phase and the amount of additives.*

**Введение.** При реализации национальных программ по жилищному строительству и энергосбережению в России большое значение отводится виду применяемых стеновых материалов для изготовления и устройства ограждающих конструкций. Строительство малоэтажного дома из пенобетона по технико-экономическим показателям и возможности использования местного сырья в производстве является актуальной. Энергоэффективность пенобетона во многом определяется процентным отношением объема пор, заполненных воздухом, к объему скелета каркаса (межпоровых перегородок), образующего эти поры. Увеличение теплозащитных свойств пенобетона возможно за счет насыщения межпоровых перегородок пенобетона микропористыми добавками, например, термомодифицированными торфяными добавками (ТМТ), что позволит не только повысить прочность пенобетона, но и уменьшить коэффициент теплопроводности [1–3]. При этом есть прямая зависимость между теплопроводностью материала, средней плотностью и его прочностными характеристиками. В связи с этим, подбор состава пенобетона, как композиционного материала, получаемого из многокомпонентной смеси, является важной задачей, так как характеризуется большим количеством взаимосвязанных параметров. Поэтому изучение композиционных материалов сводится к установлению зависимостей между входными параметрами – факторами и выходными параметрами – показателями качества. В настоящее время наиболее применимым из опытно-экспериментальных методов анализа является метод математического планирования. Данный метод широко распространен в инженерной

практике благодаря значительному сокращению количества опытов, а также возможностью проведения вычислительных экспериментов [4]. Цель исследования: оценка возможности применения метода математического планирования эксперимента в проектировании составов пенобетона с добавками ТМТ.

**Материалы и методы исследования.** При проведении исследований использовался портландцемент Топкинского цементного завода ЦЕМ I 42,5 Б (ГОСТ 31108-2003); вода водопроводная (ГОСТ 23732-2011), в качестве мелкого заполнителя использовался песок Кудровского месторождения Томской области (Мк 1,8), пенообразователь Бенотех ПБ-С (ГОСТ 24211-2008, ТУ 2481-010-58771162-2007), термомодифицированная торфяная добавка ТМТ600, полученная путем термообработки низинного торфа при температуре 600 °С [1–3].

**Результаты.** На практике проектирование состава пенобетонов осуществляют путем приготовления большого числа пробных замесов и выбора из них той рецептуры, которая лучше всего соответствует заданным параметрам. Оценку оптимизации свойств проводили на основании анализа физико-механических характеристик пенобетона, плотности и предела прочности при сжатии. В качестве варьируемых параметров: водотвердое отношение, количество добавок (термомодифицированного торфа и пенообразователя). В табл. 1 приведены условия планирования экспериментов с пенобетоном, состав рассчитан на 1 м<sup>3</sup> смеси.

Таблица 1

Условия планирования экспериментов с пенобетоном

Факторы		Уровни варьирования			Интервал варьирования
Натуральный вид	Кодированный вид	-1	0	1	
В/Т	X1	0,45	0,5	0,55	0,05
ТМТ600, кг	X2	1,04	2,08	3,12	1,04
Пенообразователь, кг	X3	0,45	0,9	1,35	0,45

На основании условий планирования эксперимента была составлена матрица планирования (табл. 2), согласно которой изготовлены образцы пенобетона. В дальнейшем были определены основные физико-механические характеристики пенобетона (предел прочности при сжатии и плотность).

Таблица 2

Матрица планирования

№	Факторы						Выходные параметры		Y Расчетное	
	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	В/Т (X <sub>1</sub> )	ТМТ (X <sub>2</sub> )	ПО (X <sub>3</sub> )	Прочность, МПа (Y <sub>1</sub> )	Плотность, кг/м <sup>3</sup> (Y <sub>2</sub> )	Прочность, МПа (Y <sub>1</sub> )	Плотность, кг/м <sup>3</sup> (Y <sub>2</sub> )
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	1	1	1	0,55	3,12	1,35	2,18	590	2,66	544,02
2	1	1	-1	0,55	3,12	0,25	3,07	710	2,79	677,53
3	1	-1	1	0,55	1,04	1,35	2,29	605	2,76	575,02
4	1	-1	-1	0,55	1,04	0,25	2,78	700	3,29	708,53
5	-1	1	1	0,45	3,12	1,35	3,17	610	3,40	663,02
6	-1	1	-1	0,45	3,12	0,25	3,08	810	2,93	796,53
7	-1	-1	1	0,45	1,04	1,35	3,28	790	3,50	694,02
8	-1	-1	-1	0,45	1,04	0,25	3,58	805	3,035	827,53
9	1	0	0	0,55	2,08	0,9	2,59	620	2,93	614,14
10	-1	0	0	0,45	2,08	0,9	3,48	805	3,67	733,14

Продолжение табл. 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
11	0	1	0	0,5	3,12	0,9	2,67	655	3,25	658,14
12	0	-1	0	0,5	1,04	0,9	2,78	630	3,35	689,14
13	0	0	1	0,5	2,08	1,35	2,78	515	3,08	619,02
14	0	0	-1	0,5	2,08	0,25	3,85	748	3,61	752,53
15	0	0	0	0,5	2,08	0,9	3,58	633	3,30	673,64

На основе экспериментальных данных получены уравнения регрессии для построения номограмм зависимости прочности на сжатие и плотности.

$$Y_1 = a_1 + a_2 \cdot x_1 + a_3 \cdot x_2 + a_4 \cdot x_3$$

$$Y_2 = a_1 + a_2 \cdot x_1 + a_3 \cdot x_2 + a_4 \cdot x_3 + [a_5(x_1)^2 + a_6 \cdot (x_2)^2 + a_7 \cdot (x_3)^2 + a_8 x_1 x_2 + a_9 x_2 x_3 + a_{10} x_1 x_3]$$

На основе полученных уравнений регрессии были построены номограммы зависимостей плотности и предела прочности при сжатии (рис. 1).

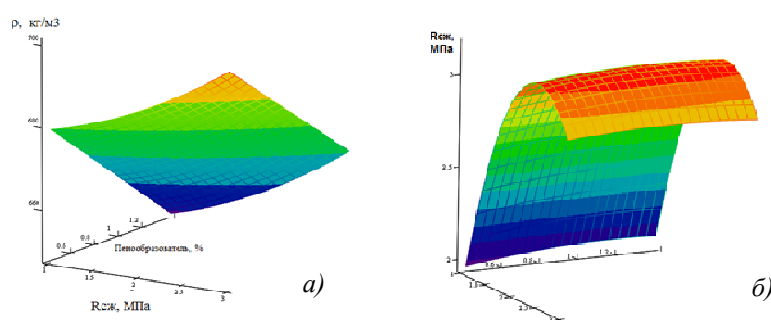


Рис. 1. Зависимость средней плотности (а) и предела прочности при сжатии (б) от водотвердого отношения и количества добавок

**Заключение.** Таким образом, в ходе проведенного математического планирования эксперимента можно рекомендовать составы для получения пенобетона с высокими показателями качества.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Kudyakov A.I., Kopanitsa N.O., Kasatkina A.V., Prischepa I.A., Sarkisov J.S. Foam concrete of increased strength with the thermomodified peat additives // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. Advanced Materials in Construction and Engineering. "International Scientific Conference of Young Scientists: Advanced Materials in Construction and Engineering. TSUAB 2014". – 2015. – P. 012012.
2. Цветков Н.А., Саркисов Ю.С., Горленко Н.П., Прищепя И.А., Зубкова О.А. Структурообразование цементного камня с добавкой термомодифицированного торфа // Известия высших учебных заведений. Строительство. – 2018. – № 12 (720). – С. 52-61.
3. Копаница Н.О., Кудяков А.И., Саркисов Ю.С., Горленко Н.П., Калашникова М.А. Рациональное использование торфа в строительных технологиях // Строительные материалы. – 2007. – № 12. – С. 32-35.
4. Местников А.Е., Федоров В.И. Математическое планирование в проектировании состава легкого бетона // Современные наукоемкие технологии. – 2019. – № 11-1. – С. 82-87.

УДК 666.97

## ВЛИЯНИЕ СУПЕРПЛАСТИФИКАТОРОВ НА СВОЙСТВА БЕТОННОЙ СМЕСИ

Н.Е. Рябцева

Научный руководитель: доцент, к.т.н. А.Б. Стешенко

Томский государственный архитектурно-строительный университет,

Россия, г. Томск, пл. Соляная, 2, 634003

E-mail: [ryabtseva96@mail.ru](mailto:ryabtseva96@mail.ru)

## EFFECT OF SUPERPLASTICIZERS ON THE PROPERTIES OF THE CONCRETE MIXTURE

N.E. Ryabtseva

Scientific Supervisor: Associate professor, Ph.D. A.B. Steshenko

Tomsk State University of Architecture and Building, Russia, Tomsk, 2, Solynaya sq., 634003

E-mail: [ryabtseva96@mail.ru](mailto:ryabtseva96@mail.ru)

**Abstract.** *There is a need for concrete mixes with high preservation and minimal loss of their plastic properties in connection with the expansion of the geography of the development of the Tomsk region. The most effective additives to ensure these properties of concrete are plasticizers. It was found that the most effective superplasticizer is C26 with a dosage of 0.8% of the cement mass. To transport a concrete mixture within less than an hour, it is possible to use superplasticizers C14 and C23 with a dosage of 0.7% by weight of cement.*

**Введение.** Характерной особенностью современного строительства является широкое применение химических добавок для достижения необходимых свойств бетонной смеси и бетона.

Современные модификаторы позволяют снижать расход материальных и энергетических ресурсов, задействованных при изготовлении бетонных и растворных смесей, которые, в свою очередь, применяются для возведения зданий и сооружений [1].

В связи с расширением географии застройки Томского района (строительство студенческого «Кампуса» на левом берегу р. Томь, жилой район «Левобережье» в д. Кисловка, новый энергетический блок Северского технологического комбината в г. Северск) появляется потребность в бетонных смесях с высокой сохраняемостью и минимальной потерей своих пластических свойств.

Наиболее эффективными добавками для обеспечения данных свойств бетонов стали пластификаторы – поверхностно-активные вещества, проявляющие свою активность на границе раздела жидкость/твердое тело [2].

Пластификаторы в зависимости от химического состава подразделяются на следующие группы:

- 1) сульфированные меламинаформальдегидные соединения (олигомеры) и комплексы на их основе;
- 2) сульфированные нафталинформальдегидные соединения (олигомеры) и комплексы на их основе;
- 3) модифицированные (рафинированные и практически не содержащие сахаров) лигносульфонаты.

В последние годы появились новые типы пластификаторов – производные полиоксикарбоновых кислот, которые можно выделить условно в четвертую группу суперпластификаторов [3].

Суперпластификаторы (СП) — это химические вещества, введение которых в бетонную смесь вызывает резкое повышение ее подвижности без увеличения водосодержания [4]. К СП предложено

отнести добавки, которые в оптимальных дозировках дают возможность получить из малоподвижных бетонных смесей с осадкой конуса 2-3 см литые бетонные смеси с осадкой конуса 20 см и более без снижения прочности бетона в возрасте 28 сут нормального твердения по сравнению с прочностью бетона такого же состава, но без добавок [5]. В данной работе предлагается использовать карбоксилатные суперпластификаторы.

Цель работы – определить влияние суперпластификаторов на сохраняемость подвижности бетонной смеси.

**Экспериментальная часть.** Исследование проводилось с использованием трех карбоксилатных суперпластификаторов: С14, С23, С26 производства компании MC- Bauchemie (г. Санкт-Петербург). В качестве сырьевых компонентов использовались: портландцемент Топкинского цементного завода ЦЕМ I 42.5Н., песок ООО «ТД СИМ» (г. Томск) с модулем крупности 1,9 и содержанием пылевидных частиц 0,5%, гравий ООО «ТД СИМ» (г. Томск) фракции 5-20 мм и прочностью по дробимости 1000.

При подборе оптимальной дозировки суперпластификатора использовался один состав бетонной смеси В25 с водоцементным соотношением 0,50 и осадкой конуса 1-2 см. Приготовление бетонной смеси осуществлялось следующим образом: смешивались сухие инертные материалы (гравий, песок), далее они смачивались  $\frac{1}{2}$  воды, вводился цемент и  $\frac{1}{4}$  воды, суперпластификатор в виде 25% раствора и остатки воды. Смесь перемешивалась в течении 1 минуты. Определение сохранения подвижности бетонной смеси осуществлялась через 15, 60 и 120 минут после приготовления бетонной смеси.

В табл. 1 представлены результаты по подбору оптимальной дозировки суперпластификаторов (от массы цемента) и её влияние на подвижность бетонной смеси.

Таблица 1

Подбор оптимальной дозировки пластификатора

Суперпластификатор	Дозировка суперпластификатора				
	0,5%	0,6%	0,7%	0,8%	0,9
Осадка конуса					
С14	19	20	23	24	-
С23	19	21	23	24	-
С26	17	19	21	23	24

Выбор оптимальной дозировки обосновывается скачком в приросте осадки конуса при различных дозировках, по сравнению с контрольным составом, а также отсутствием водоотделения и седиментации бетонной смеси.

По результатам исследований установлено, что оптимальными дозировками суперпластификаторов, обеспечивающими наибольшую подвижность бетонной смеси, являются для С14 и С23 является 0,7%, а для суперпластификатора С26 дозировка 0,8%. По данным представленным в табл. 1 установлено, что составы с суперпластификаторами С14 и С23 с дозировкой 0,9% показали высокое водоотделение, а также седиментацию бетонной смеси, поэтому осадка конуса данных составов не измерялась.

На рис. 1 представлены результаты по влиянию оптимальной концентрации суперпластификаторов на сохраняемость подвижности бетонной смеси по истечению 15, 60 и 120 минут.

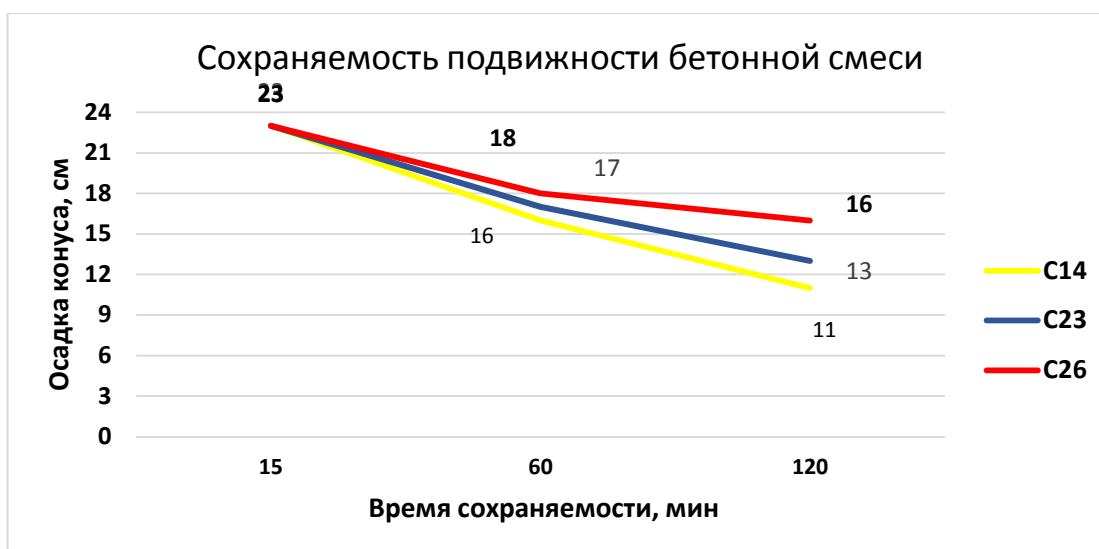


Рис. 1. Сохраняемость подвижности бетонной смеси

По результатам проведенных исследований установлено, что, наиболее эффективным суперпластификатором является С26 с дозировкой 0,8% от массы цемента. При транспортировке бетонной смеси в течение менее часа возможно применение суперпластификаторов С14 и С23 с дозировкой 0,7% от массы цемента.

**Заключение.** Для дальнейших исследований по влиянию суперпластификаторов на эксплуатационные свойства бетона были выбраны оптимальные дозировки суперпластификаторов С26 – 0,8%, С14 и С23 – 0,7% от массы цемента.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Батраков В.Г. Модифицированные бетоны. Теория и практика. – М., 1998. – 768 с.
2. Шатов А.Н. Сохраняемость бетонных смесей: современные решения повседневных вопросов. // Технологии бетонов. – 2012. №3-4. – С 30-33.
3. Зоткин А.Г. Бетоны с эффективными добавками: уч.-практич. пособие. – М.; Вологда: Изд. Инфра-Инженерия, 2014. – 160 с.
4. Стешенко А.Б, Кудяков А.И. Пенобетон с пластифицирующими и микроармирующими добавками // «ALITinform» Международное аналитическое обозрение. – 2018. – № 3 (52). – С. 26–40.
5. Kudyakov A.I., Steshenko A.B., A.S. Simakova, Latypov A.D. Methods of introduction of glyoxal-containing additives into foam concrete mixture // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. – 2019. – №597. – 012037 doi:10.1088/1757-899X/597/1/012037.



УДК 666.3

**ИЗУЧЕНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ КЕРАМИЧЕСКОЙ МАТРИЦЫ  
ПРИ МОДИФИЦИРОВАНИИ ОТХОДОМ КОНВЕРТОРНОГО ПРОИЗВОДСТВА**

М.А. Семеновых

Научный руководитель: профессор, д.т.н., Н.К. Скрипникова  
Томский государственный архитектурно-строительный университет,

Россия, г. Томск, пл. Соляная, д. 2, 634003

E-mail: [semenovykhmark@gmail.com](mailto:semenovykhmark@gmail.com).**RESEARCH OF THE PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF THE CERAMIC MATRIX  
DURING MODIFICATION WITH WASTE OF CONVERTER PRODUCTION**

M.A. Semenovykh

Scientific Supervisor: Prof., Dr. N.K. Skripnikova

Tomsk State University of Architecture and Building, Russia, Tomsk, Solyanaya sq. 2, 634003

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

**Abstract.** The paper studies the effect of sludge waste from the metallurgical industry in a modifying additive on the properties of a ceramic matrix. The chemical compositions of the raw materials used and the physical and mechanical samples of the samples were investigated. As a result of the study, it was found that when using 20 wt.%, It is possible to obtain ceramic specimens with a compressive strength of 48.8 MPa, and with a maximum sludge content of 50 wt.% The strength is 33.8 MPa.

**Введение.** Исследования, направленные на изучение керамических матриц и влияние на них различных добавок в строительной отрасли, являются перспективным направлением изучения строительных материалов. Как правило, добавками являются такие материалы, которые не находят своего применения в других областях и являются побочным продуктом какого-либо производства [1-7]. В настоящей работе к использованию в качестве такой добавки предлагается побочный продукт металлургической промышленности – отход конверторного производства, называемый в дальнейшем шлам. Эти шламы образуются в процессе получения стали в сталеплавильных агрегатах-конвертерах путём продувки жидкого чугуна воздухом или кислородом. Целью данной работы является изучение свойств керамической матрицы при модифицировании ее отходом конверторного производства.

**Экспериментальная часть.** Для выполнения поставленной цели необходимо было изучить химический состав используемых материалов и сделать заключение о возможности их применения в составах керамической шихты. Для получения лабораторных образцов керамической массы использовались глинистый материал и конверторный шлам. Химический анализ шламового и глинистого сырья проводили с использованием энергодисперсионного рентгенофлуоресцентного спектрометра XRF–1800. Результаты исследования химического состава представлены в табл. 1. Следует отметить, что потери массы при прокаливании шламового сырья являются углеродсодержащим компонентом и составляют 34,54 масс.-%.

Таблица 1

*Химический состав сырьевых материалов, масс.%*

Вид сырья	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	FeO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Δm
Шламовый отход	34,54	14,05	6,29	2,02	6,47	–	36,63
Глина	64,05	12,10	3,08	2,97	–	4,53	13,27

Такое содержание углерода может способствовать уменьшению температуры спекания и дополнительному порообразованию [8, 9]. Исходя из химического состава шламовое сырье по соотношению оксидов SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и CaO, наряду с глиной, является алюмосиликатным сырьем. Это говорит о возможности использования представленного шлама в составе керамической шихты.

Изготовление образцов осуществлялось полусухим способом формования при давлении прессования 25 МПа. Влажность формуемой шихты составляла 10%. Порошок для формования шихты имеет средний размер частиц 150 мкм. Образцы обжигались в муфельной печи SNOL 12/16 при температуре 950 °С. Компонентный состав лабораторных образцов отличался различным содержанием конверторного шлама от 0 до 50 масс.%. После обжига спекшиеся образцы подвергались физико-механическим исследованиям.

**Результаты.** С целью изучения влияния введения конверторного шлама на свойства керамической матрицы были проведены соответствующие эксперименты. Исследование физико-механических свойств было проведено на образцах, с содержанием шламового сырья от 10 до 50 масс.%. Результаты экспериментов образцов, изготовленных из смеси глины и шламового сырья, приведены в табл 2.

Таблица 2

*Физико-механические свойства керамических образцов, полученных с использованием шламового сырья, обожженных при температуре 950 °С*

Содержание шлама, %	Плотность, г/см <sup>3</sup>	Прочность при сжатии, МПа	Водопоглощение, %	Морозостойкость, цикл
0	2,20	36,6	12,6	>50
10	2,15	46,5	3,4	>50
20	2,10	48,8	7,5	>50
35	2,00	37,4	8,2	>50
50	1,95	33,8	8,6	46

Полученные данные свидетельствуют о том, что при введении конверторного шлама до 20 масс.% в состав шихты прочность изделия увеличивается до 27% от контрольного, а дальнейшее увеличение содержания шлама несколько понижает показатели. При этом плотность с увеличением содержания металлургического сырья уменьшается до 12% при содержании шлама 50 масс.%. Объяснить снижение прочностных показателей и плотности в образцах можно объяснить тем что, нарушается структурный каркас изделия и наблюдается преждевременное его разрушение. Таким образом, можно констатировать, что оптимальным количеством шламового сырья в шихте является 20 масс.%. Однако при использовании 50 масс.% шлама в шихте получают образцы с достаточно высокими прочностными показателями и достигают более 33 МПа.

**Заключение.** На основании вышепредставленных данных можно сделать вывод о том, что керамические материалы, полученные с введением в состав шихты шламового металлургического сырья, обладают необходимыми прочностными характеристиками, позволяющими использовать их в качестве конструкционных материалов. При содержании шлама в количестве 20 масс.% эти показатели являются максимальными и составляют 48,8 МПа, при этом плотность образцов 2,10 г/см<sup>3</sup>. Такие показатели в сравнении с контрольным изделием имеют на 27% большую прочность при сжатии и на 5,5% меньшую плотность, что положительно скажется на теплопроводности конечного строительного изделия.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 20-79-10102).

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Скрипникова Н.К., Власов В.А., Семеновых М.А., Волокитин Г.Г., Шеховцов В.В. Исследование возможности использования углеродсодержащего техногенного сырья при производстве керамических изделий // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. – 2019. – Т. 21., – № 6. – С. 115-121.
2. Volokitin G.G., Skripnikova N.K., Volokitin O.G., Lutsenko A.V., Shekhovtsov V.V., Litvinova V.A., Semenovych M.A. Bottom ash waste used in different construction materials // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2017. – С. 012013.
3. Скрипникова Н.К., Литвинова В.А., Волокитин Г.Г., Луценко А.В., Волокитин О.Г., Семеновых М.А. Обжиговые строительные материалы на основе алюмосиликатных отходов нефтедобывающей промышленности // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. – 2017. – № 2 (61). – С. 141-147.
4. Imangazin M.K., Abdrakhimova E.S., Abdrakhimov V.Z., Kairakbaev A.K. Innovative Directions for Utilization of Ferrous Metallurgy Waste in Ceramic Brick Production // Metallurgist. – 2017. – Т. 61. – №1-2. – С. 111-117.
5. Lavrinenko A.A., Svechnikova N.Yu.; Konovnitsyna N.S., Igumensheva E.A., Kuklina O.V., Khasanzhanova A.I. Utilization of Bituminous Coal Flotation Wastes in the Manufacture of Ceramic Brick // Solid fuel chemistry. – 2018. – V. 52., № 6. – P. 406-410.
6. Coronado M., Blanco T., Quijorna N., Alonso-Santurde R., Andres A. Types of waste, properties and durability of toxic waste-based fired masonry bricks // Eco-efficient masonry bricks and blocks: design, properties and durability. – 2015. – V. 55. – P. 129-188.
7. Stolboushkin, A.Yu; Ivanov, A.I.; Storozhenko, G.I., Syromyasov V.A., Akst D.V. Use of overburden rocks from open-pit coal mines and waste coals of Western Siberia for ceramic brick production with a defect-free structure // IOP Conference Series-Earth and Environmental Science – 2017. – Т. 84. – № 012045.
8. Тогидний М.Л. Стеновые керамические материалы на основе породосодержащих отходов углеобогащения // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. – 2009. – №4. – С. 108-112.
9. Boltakova N.V., Faseeva G.R., Kabirov R.R., Nafikov R.M., Zakharov Yu.A. Utilization of inorganic industrial wastes in producing construction ceramics. Review of Russian experience for the years 2000-2015 // Waste management. – 2017. – V. 60. – С. 230-246.

УДК 666.97

**УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССАМИ РАННЕГО СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЯ  
ДОРОЖНОГО БЕТОНА**

А.С. Симакова, Д.Ю. Логинов

Научный руководитель: профессор, д.т.н. А.И. Кудяков

Томский государственный архитектурно-строительный университет,

Россия, г.Томск, пл. Соляная, 2, 634003

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

**MANAGEMENT EARLY STRUCTURING PROCESSES OF ROAD CONCRETE**

A.S. Simakova, D.Y. Loginov

Scientific Supervisor: Prof., Dr. A.I. Kudyakov

Tomsk State University of Architecture and Building, Russia, Tomsk, 2, Solynaya sq., 634003

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

***Abstract.** The article considers the aspects on introducing of modern complex additives in cement composite materials. These methods allow to improve the quality of road concrete.*

**Введение.** В соответствии с национальным проектом модернизации и расширения магистральной транспортной инфраструктуры России до 2030 года большое внимание уделяется строительству дорог с цементобетонным покрытием с общей протяженностью более восьми тысяч километров, что позволит существенно повысить эксплуатационную надежность (долговечность) покрытий. В соответствии с нормативными документами к качеству цементного бетонного дорожного покрытия предъявляются повышенные требования по прочности при сжатии и растяжении при изгибе, морозостойкости, истираемости и водопоглощению. Для достижения требуемого уровня качества необходимо путем совершенствования технологии обеспечить формирование структуры дорожного бетона преимущественно закрытой пористости, с ускоренным ранним набором прочности и высокой плотностью [1, 2]. Решить эту проблему возможно применением модификаторов, ускоряющих процесс набора прочности цементного бетона, что позволит ускорить технологический процесс строительства цементобетонных дорог. Ранее проведенные исследования по изучению влияния отдельных органических соединений на структурообразование цементного камня позволили установить оптимальные сочетания комплексных модифицирующих добавок по принципу «замедлитель-ускоритель» твердения [3, 4]. Учитывая влияние природы поверхности заполнителя целью дальнейших исследований являлось определение влияния оптимальных комплексных модификаторов на свойства бетонной смеси и бетона.

**Применяемые материалы и методы исследования.** Экспериментальные исследования свойств дорожного бетона проводились с использованием портландцемента ЦЕМ I 42,5Н (ГОСТ 31108-2016), заполнителя в виде щебня из гравия фракции 10-20 мм месторождений Томской области (ГОСТ 8267-93) и песка речного с модулем крупности 1,8 (ГОСТ 8736-2014). Лабораторные испытания и оценка качества бетонной смеси и бетона проводились в соответствии с национальными стандартами. Расчет состава проведен по методу минимальной межзерновой пустотности заполнителя [5] для бетонных смесей с

осадкой конуса 4-6 см, что соответствует необходимой пластичности бетонной смеси и регламентируется скоростью бетоноукладчика при обустройстве дорожного цементобетонного полотна. Исследования проводились на контрольном составе и разработанных составах бетона с комплексными органическими добавками: 40-% водный раствор глиоксала с концентрацией 0,035 % от массы цемента, молочная кислота, а также ее олигомер с концентрацией 1 % от массы цемента (табл.1) [3].

Таблица 1

Реологические свойства бетонной смеси с добавками

Наименование состава	Подвижность бетонной смеси, см	Средняя плотность бетонной смеси, кг/м <sup>3</sup>
Контрольный	4	2394
Глиоксаль+молочная кислота	5	2382
Глиоксаль+ олигомер молочной кислоты	6	2402

**Экспериментальная часть.** В условиях естественного твердения (рис. 1) бетоны с добавкой водного раствора глиоксала набирают раннюю прочность на 14 % выше по сравнению с прочностью контрольного состава, при введении молочной кислоты и ее олигомера прочность бетона увеличивается на 25-27 %. При совместном введении модифицирующих органических соединений (КМД1: глиоксаль и молочная кислота; КМД 2: глиоксаль и олигомер молочной кислоты) прочность бетона при сжатии в возрасте 7 суток увеличивается на 35 % и 38,5 % соответственно (табл. 2).

Таблица 2

Предел прочности при сжатии бетона с добавками

Наименование бетонных образцов	Предел прочности при сжатии бетона при естественном твердении в возрасте		Предел прочности при сжатии бетона после ТВО, 2 сут, МПа
	7 суток, МПа	28 суток, МПа	
Контрольный	<b>42,7</b>	<b>56,0</b>	<b>28,5</b>
Водный раствор глиоксала	48,4	58,2	37,45
Молочная кислота	53,7	61,5	37
Олигомер молочной кислоты	54,6	65,2	33,5
Глиоксаль+молочная кислота	<b>57,6</b>	<b>71,6</b>	<b>43,4</b>
Глиоксаль+ олигомер молочной кислоты	<b>59,0</b>	<b>72,7</b>	36,0



Рис. 1. Прочность бетона с добавками в возрасте 7 суток

При применении тепловлажностной обработки прочность при сжатии дорожного бетона с добавками глиоксаля и молочной кислоты увеличивается на 30 %. Наибольший прирост прочности бетона после пропаривания (52 %) получен при введении в бетонную смесь комплексной добавки глиоксаля и молочной кислоты. Олигомер молочной кислоты при применении режима тепловлажностной обработки значительного эффекта на повышение прочности при сжатии бетона не оказывает.

**Заключение.** По результатам исследования установлена эффективность комплексных модификаторов для повышения ранней прочности дорожных цементных бетонов. Установлено, что при режиме естественного твердения уложенного цементного бетона на строительной площадке целесообразно применять комплексный модификатор с глиоксалем и олигомером молочной кислоты. При режиме тепловлажностной обработки при изготовлении дорожных плит в заводских условиях более эффективным модификатором является КМД1 (глиоксаль и молочная кислота).

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Нестветаев Г.В., Кардумян Г.С. О применении цементных бетонов для дорожных и аэродромных покрытий // Строительные материалы. – 2014. – №3. – С. 31–35.
2. Крамар Л.Я., Кудяков А.И., Шудяков К.В. Цементные тяжелые бетоны для строительства скоростных автомобильных дорог // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. – 2017. Т. 63., № 4. – С. 147–157.
3. Кудяков А.И., Симакова А.С., Кондратенко В.А., Стешенко А.Б., Латыпов А.Д. Влияние органических добавок на свойства цементного теста и камня // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. – 2018. Т. 20., № 6. – С. 138–147.
4. Дворкин Л.И., Дворкин О.Л., Гарницкий Ю.В. Расчет состава дорожного бетона цементного бетона с нормируемой прочностью и морозостойкостью // Технологии бетонов. – 2013. – № 1. – С. 26–29.
5. Кудяков А.И. Способ определения межзерновой пустотности заполнителя. Авторское свидетельство SU 1404945 A1. 23.06.1988.

УДК 631.92

**ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ФОТОКАТАЛИТИЧЕСКИХ БЕТОНОВ И ИХ ВЛИЯНИЯ  
НА ПРОЦЕСС РАЗЛОЖЕНИЯ ПОЛИЦИКЛИЧЕСКИХ АРОМАТИЧЕСКИХ УГЛЕВОДОРОДОВ**С.Р. Сокольникова, Д.А. Татаринов

Научный руководитель: доцент, к.ф.-м.н. Н.А. Мыслицкая  
Калининградский государственный технический университет,  
Россия, г. Калининград, Советский проспект, 1, 236022

E-mail: sokolsofy@mail.ru

**STUDY OF THE PROPERTIES OF PHOTOCATALYTIC CONCRETES AND THEIR INFLUENCE  
ON THE DECOMPOSITION OF POLYCYCLIC AROMATIC HYDROCARBONS**S.R. Sokolnikova, D.A. Tatarinov

Scientific Supervisor: Associate Professor, PhD N.A. Myslitskaya  
Kaliningrad State Technical University, Russia, Kaliningrad, Sovetsky Ave., 1, 236022

E-mail: sokolsofy@mail.ru

***Abstract.** The concrete composition with the addition of a titanium dioxide photocatalyst has been developed. The influence of the obtained photocatalytic concrete on the degradation of individual representatives of polycyclic aromatic hydrocarbons is studied. The manufactured specimens were tested for compressive strength*

**Введение.** Одним из актуальных направлений исследований в материаловедении является разработка и изучение свойств материалов, улучшающих состояние окружающей среды. Среди них перспективным представляется исследование фотокаталитических бетонов (ФБ), которые способны разлагать экотоксиканты на своей поверхности, тем самым снижая их концентрацию в воздухе. Данный процесс обусловлен протеканием фотокаталитических реакций (фотокатализа) под воздействием светового излучения. На сегодняшний день одной из наиболее распространенных фотокаталитических добавок в бетоны является диоксид титана ( $\text{TiO}_2$ ) [1]. Как правило, ФБ изготавливается по технологии производства обычных бетонов, но при этом  $\text{TiO}_2$  добавляется в сухую смесь до затворения водой.

$\text{TiO}_2$  является широко используемым фотокатализатором благодаря своей высокой фотокаталитической активности, низкой стоимости, низкой токсичности и хорошей химической и термической стабильности [1, 2]. Также известно, что  $\text{TiO}_2$  значительно ускоряет разложение полициклических ароматических углеводородов (ПАУ) при воздействии искусственного или солнечного света [3].

ПАУ являются опасными экотоксикантами и обладают канцерогенными и мутагенными свойствами. В большинстве случаев ПАУ образуются в результате неполного сгорания органического топлива. В настоящее время во многих крупных городах содержание ПАУ превышает ПДК, что во многом связано с постоянно возрастающим антропогенным воздействием на окружающую среду. В связи с этим актуальным представляется разработка фотокаталитических материалов для эффективного и экономичного разложения веществ из группы ПАУ [4].

Целью данного исследования является разработка составов фотокаталитических бетонов и изучение их эффективности для разложения отдельных представителей ПАУ под действием УФ

излучения. Также были проведены исследования влияния фотокаталитической добавки  $\text{TiO}_2$  на прочностные характеристики изготовленных образцов.

**Экспериментальная часть.** Исследование состоит из двух частей. В первой части эксперимента было изучено влияние фотокаталитической добавки  $\text{TiO}_2$  (ОСЧ 7-3, Промхим, Россия) на снижение концентрации ПАУ в модельных средах. Пирен (Fluka, Германия) был выбран в качестве представителя ПАУ. Водный раствор анионного поверхностно-активного вещества - натрия диоктилсульфосукцината (ДСН) в концентрации  $10^{-2}$  М использовался для экстракции ПАУ. Концентрация полученного раствора пирена  $C_{\text{пир}}=10^{-4}$  М. Растворы пирена и ДСН были приготовлены на дистиллированной воде ( $\text{pH}=7$ ).

Затем изготавливали образцы мелкозернистого бетона размерами 20 x 20 x 20 мм, которые твердели при температуре  $20 \pm 2$  °С и относительной влажности воздуха 90–95 %. В качестве вяжущего был использован портландцемент «Евроцем 500 Плюс», ЦЕМ I 42,5Н производства ООО «Петербургцемент». Песок с модулем крупности 2,0-2,5 по ГОСТ 8736-2014. Для изготовления смеси использовались компоненты в следующих соотношениях: цемент/песок=1/3, В/Ц=1/2. Содержание добавки  $\text{TiO}_2$  в составе смеси варьировалось от 0,5 до 3 мас. % цемента.

На 28 сутки изготовленные образцы погружали в ранее приготовленные растворы пирена с ДСН и в течении 60 минут подвергали воздействию УФ излучения (лампа Camelion 26 Вт,  $\lambda=365-395$  нм). Затем на установке Флюорат-02-Панорама проводился люминесцентный анализ растворов пирена после выдерживания образцов бетона.

Во второй части эксперимента было изучено влияние добавки  $\text{TiO}_2$  на процессы твердения цементного камня. Измерение прочности на сжатие проводилось с использованием испытательной машины ToniNorm фирмы ToniTechnik на 1, 3, 7 и 28 сутки твердения.

**Результаты.** После обработки УФ-излучением образцов ФБ в растворах пирена были получены их спектры люминесценции. По полученным значениям интенсивности люминесценции пирена  $I_t$  за время УФ-облучения  $t$  и значениям интенсивности люминесценции пирена  $I_0$  при  $t=0$  мин была построена кинетическая кривая фотокаталитического разложения пирена в зависимости от времени  $t$ .

Было установлено, что эффективность фотодеградация пирена на образцах ФБ достигает 25% после 60 минут обработки УФ излучением. В данном случае  $\text{TiO}_2$  в значительной степени ускоряет процесс разложения опасных для человека ПАУ на поверхности ФБ до относительно нетоксичных соединений, безвредных для окружающей среды. Полученные экспериментальные данные свидетельствуют об эффективности окисления пирена благодаря фотокаталитическим свойствам  $\text{TiO}_2$ , что доказывает целесообразность использования  $\text{TiO}_2$  в качестве добавки в ФБ.

Результаты второй серии экспериментов представлены на рис. 1. Из полученных значений прочности бетонных образцов можно сделать вывод, что использование добавки  $\text{TiO}_2$  приводит к уменьшению прочности бетона на сжатие на 3, 7 и 28 сутки не более чем на 22% по сравнению с контрольными образцами. Причем, наибольшее снижение прочности на 28 сутки наблюдается при использовании максимального количество добавки 3%. Подобный эффект можно объяснить образованием конгломератов частиц  $\text{TiO}_2$ , приводящих к концентрациям напряжений в структуре бетона.



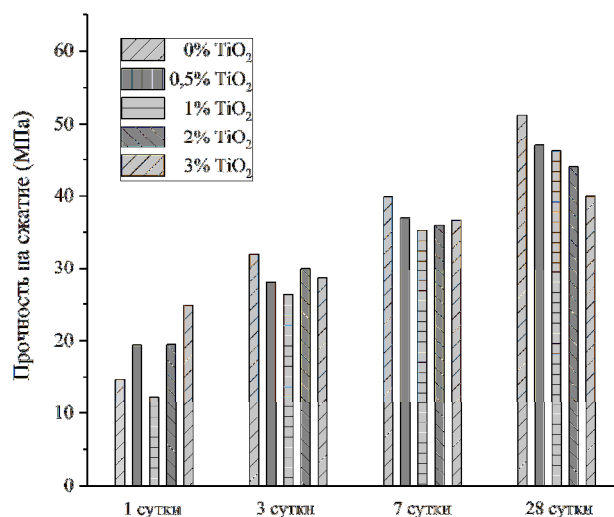


Рис. 1. Гистограммы прочности образцов бетона при сжатии

Таким образом, проведенные исследования доказали эффективность использования TiO<sub>2</sub> в качестве фотокаталитической добавки в бетон для разложения представителя веществ из группы ПАУ - пирена. Также установлено, что прочностные характеристики фотокаталитического бетона ниже на 28 сутки, но не более чем на 22% при добавлении в состав смеси до 3% мас. TiO<sub>2</sub>. Дальнейшее увеличение содержания TiO<sub>2</sub> нецелесообразно ввиду значительного удорожания смеси и большего снижения прочности бетона.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Li J.Y., Chen C.C., Zhao J.C., Zhu H.Y., Orthman J. Photodegradation of dye pollutants on TiO<sub>2</sub> nanoparticles dispersed in silicate under UV–VIS irradiation // Appl. Catal. B: Environ. – 2002. – №37. – С. 331–338.
2. Fujishima A., Rao T.N., Tryk D.A. Titanium dioxide photocatalysis // J. Photochem. Photobiol. – 2000. – №1. – P. 1-21.
3. Das S., Muneer M., Gopidas K.R. Photocatalytic degradation of wastewater pollutants. Titanium-dioxide-mediated oxidation of polynuclear aromatic hydrocarbons // J. Photochem. Photobiol. – 1994. – №77. – P. 83–88.
4. Сокольникова С. Р., Татаринев Д.А., Мыслицкая Н.А. Изменение люминесцентных свойств пирена в растворе поверхностно–активного вещества в присутствии сывороточного альбумина // Ученые записки физического факультета МГУ. – 2019. – № 4. – С. 1941101.

УДК 691.542

**ВЛИЯНИЕ ДОБАВКИ ГИДРОКАРБОНАТА НАТРИЯ НА СВОЙСТВА СМЕСЕЙ ДЛЯ  
СТРОИТЕЛЬНОЙ 3D-ПЕЧАТИ**

Е.А. Сорокина, Н.О.Копаница

Научный руководитель: профессор, д.т.н., Н.О. Копаница

Томский государственный архитектурно-строительный университет,

Россия, г.Томск, пл. Соляная, 2 634003

E-mail: [rtak.5@mail.ru](mailto:rtak.5@mail.ru)

**INFLUENCE OF SODIUM HYDROCARBONATE ADDITIVE ON PROPERTIES OF MIXTURES  
FOR CONSTRUCTION 3D-PRINTING**

E.A. Sorokina, N.O.Kopanitsa

Scientific Supervisor: Prof., Dr. N.O. Kopanitsa

Tomsk State University of Architecture and Building, Russia, Tomsk, Solyanaya sq., 2, 634003

E-mail: [rtak.5@mail.ru](mailto:rtak.5@mail.ru)

***Abstract.** The use of sodium bicarbonate additive as a component of the additive mixture for 3D printing is justified. The article presents the results of a study of the main properties of cement paste and stone. The mechanism of action of the additive of sodium bicarbonate on cement paste is studied. The results of the influence of sodium bicarbonate on the strength, setting time, water demand of the compositions are obtained.*

**Введение.** Одной из главных задач при разработке аддитивной технологии 3D-печати с применением бетонных смесей является обоснование требований к ней и к затвердевшему бетону, исходя из особенностей технологического оборудования и режимов формования. Анализ литературных данных показал, что для получения бетона с требуемыми характеристиками бетонная смесь должна сохранять форму после экструзии, выдерживать нагрузку последующих слоев без появления трещин [1-3].

Одним из свойств, позволяющих достичь данные технологические параметры, является скорость схватывания смесей, а возможность регулирования ее без снижения других параметров является актуальной задачей. В работе оценивались такие параметры, как начальные и конечные сроки схватывания цементного теста, водопотребность, прочность цементного камня.

**Эксперимент/Материалы и методы.** Для проведения испытаний были изготовлены контрольные образцы цементного теста и образцы с добавкой гидрокарбоната натрия в количестве 0,1 - 3% от массы цемента.

Исследование заключалось в оценке влияния гидрокарбоната натрия на скорость схватывания цемента. Так же оценивались такие параметры, как прочность и водопотребность составов. Для исследования свойств цементного камня готовились образцы - кубики с размерами 20×20×20 мм, хранившихся в воздушно – влажных условиях, после чего проводились испытания на прочность в соответствии с ГОСТ 10180-2012 в 1, 3, 7, 28 суток твердения.

В работе были использованы: портландцемент класса Цем I 42,5Н, по ГОСТ 31108-2016, вода затворения соответствует ГОСТ 23732-2011 «Вода для бетонов и строительных растворов. Технические условия».

**Результаты.** Оценка сроков схватывания цементного теста проводилась по стандартной методике на образцах нормальной густоты цементного теста. Добавка гидрокарбоната натрия в количестве от 0,1 до 3% смешивалась с цементом, далее затворялась водой. Результаты представлены на рисунке 1.

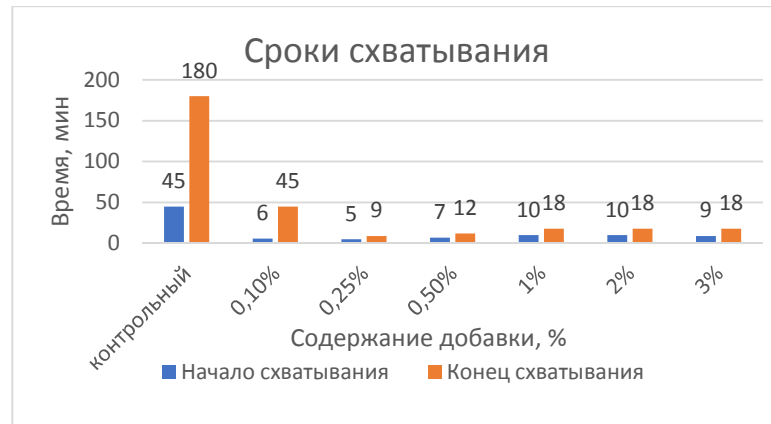


Рис. 1. Влияние добавки гидрокарбоната натрия на сроки схватывания цемента

Результаты исследования показали, что начальные сроки схватывания уменьшаются с 45 минут, до 5-10 минут, а конец схватывания регистрируется на 9-18 минуте, за исключением образцов с содержанием гидрокарбоната натрия в количестве 0,1% от массы цемента. Исследования с большим содержанием гидрокарбоната натрия оказались не целесообразными ввиду невозможности растворения добавки более чем 9,59 г/100 мл.

Добавка оказала влияние на увеличение водоцементного отношения. При увеличении содержания добавки гидрокарбоната натрия водопотребность пропорционально увеличивается, так для контрольного образца водопотребность составила 0,2871, с содержанием гидрокарбоната натрия 0,1%-0,2898; 0,25%-0,2928; 0,5%-0,2971; 1%-0,2986; 2%-0,3027; 3%-0,3071. Таким образом, содержание лишней воды в образцах, может привести к снижению их прочностных характеристик.

Для оценки прочностных свойств полученных составов применялась стандартная методика по определению прочности на сжатие. Результаты представлены на рисунке 2.

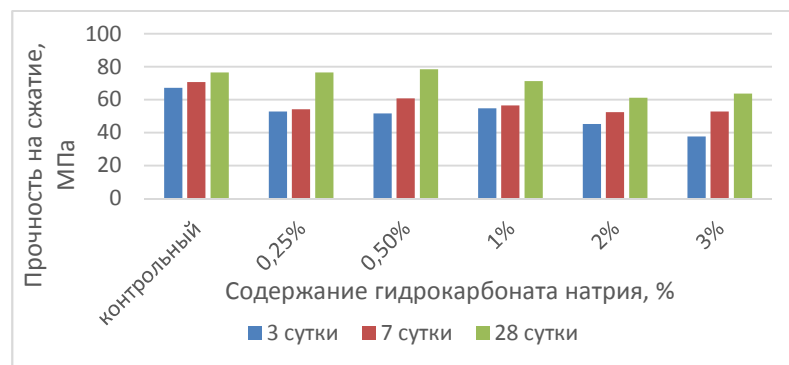
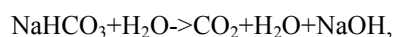


Рис.2. Влияние добавки гидрокарбоната натрия на прочность на сжатие цементного камня

На рисунке 2 представлены значения прочностных характеристик затвердевшего цементного камня на 3, 7, 28 сутки твердения.

При введении добавки гидрокарбоната натрия с увеличением количества добавки наблюдается снижение прочности цементного камня по сравнению с контрольным образцом. При введении добавки в количестве равной 3 % наблюдается снижение прочности на 17 % к 28 суткам, однако при введении добавки раной 0,5 % снижение прочности не происходит. При введении гидрокарбоната натрия повышается степень гидратации цемента, скорость структурообразования, что приводит к повышению прочности затвердевшего раствора.

Ускорение схватывания цементного теста при взаимодействии с добавкой гидрокарбоната натрия происходит в результате протекания химической реакции:



Происходит гидролиз гидрокарбоната натрия, образуется гидроксид натрия, вода и углекислый газ. Ускорение схватывания цементного теста происходит за счет взаимодействия углекислого газа с этtringитом [4, 5].

**Заключение.** Таким образом, анализ результатов показал, что введение добавки гидрокарбоната натрия 0,5 % от массы цемента, обеспечивает снижение сроков схватывания: начало - 7 минут, конец - 12 минут и увеличению прочности цементного камня на 28 сутки на 5%. Данная добавка может быть рекомендована в качестве компонента комплексной добавки для смесей для строительной 3D-печати.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сорокина Е.А. Анализ эффективности применения технологии строительной 3d-печати // Проблемы экономики и управления строительством в условиях экологически ориентированного развития: материалы IV on-line Международной научно-практической конференции, включая конкурс работ студентов под науч. Ред. С.А. Астафьева, И.П. Нужиной, Л.А. Каверзиной. – 2017. – С.288–291.
2. Сорокина Е.А. Технологические аспекты формирования составов бетонных смесей для 3d-печати // Перспективы развития фундаментальных наук сборник научных трудов XIV Международной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. Национальный исследовательский Томский политехнический университет. – Томск, 2017. – С. 134–136.
3. Сорокина Е. А. Investigation of the mobility of a concrete mixture as a fundamental factor in the formation of mixtures for 3d-printing // Междисциплинарные проблемы аддитивных технологий: сборник тезисов III Всероссийского научного семинара с международным участием, 4-6 декабря 2017, Томск [Электрон. текстовые дан.]. – Томск: Изд-во Том. гос. архит.-строит. ун-та, 2017. – С. 64–65.
4. Добавки в бетон: справочное пособие / В.С. Рамачандран, Фельдман Р. Ф., Коллепарди М.; под ред. В.С. Рамачандрана. – М.: Стройиздат, 1988. – 572 с.
5. Батраков В.Г., Каприелов С.С., Шейнфельд А.В., Силина А.В. Модифицированные бетоны в практике современного строительства // Промышленное и гражданское строительство. – 2002. – № 9. – С.23–25.

УДК 666.92

**ВЛИЯНИЕ ПРИРОДНОГО МЕТАКАОЛИНА В КАЧЕСТВЕ НАПОЛНИТЕЛЯ  
НА СВОЙСТВА ЦЕМЕНТА**Е.Д. Толстихина, Д.Р. Брыжатый

Научный руководитель: доцент, к.т.н. Н.Г. Василевская

Сибирский Федеральный университет,

Россия, г. Красноярск, пр. Свободный, 79, 660041

E-mail: [tolstikhina1006@yandex.ru](mailto:tolstikhina1006@yandex.ru)**THE EFFECT OF NATURAL METACAOLIN AS A FILLER ON THE PROPERTIES OF CEMENT**E.D. Tolstikhina, D.R. Bryzhatyu

Scientific Supervisor: Associate professor, Ph.D. N.G. Vasilovskya

Siberian Federal University, Russia, Krasnoyarsk, Svobodnyi str., 79, 660041

E-mail: [tolstikhina1006@yandex.ru](mailto:tolstikhina1006@yandex.ru)

**Abstract.** *The article considers the effect of activated and non-activated metacaolin for cement concretes. A comparative analysis of the effectiveness of replacing a part of the binder from the introduction of a micro-filler is carried out. The results of physical and mechanical tests of the considered compositions with metacaolin are presented.*

**Введение.** Актуальным направлением в строительстве является сохранение ресурсов. Особое внимание уделяется направлению цементосбережения. С целью снижения расхода цемента используют мелкодисперсные минеральные добавки. В качестве таких добавок часто применяют отходы или сопутствующие породы промышленных предприятий.

В качестве высокоэффективной пуццолановой добавки в последнее время мировую популярность начал набирать метакаолин (МК). Применение тонкодиспертной добавки – метакаолина позволяет заменять часть цемента в составе бетона, при этом не ухудшая его свойств. Выбор метакаолина обоснован тем, что в Красноярском крае располагаются большие месторождения бурого угля. В процессе его разработки встречаются прослойки алюмосиликатных грунтов, которые подверглись естественному обжигу в результате эволюции. После измельчения этой породы получается дисперстный материал – метакаолин. Метакаолин – представитель алюмосиликатной группы материалов. Обладая высокой пуццолановой активностью, метакаолин занимает одно из ведущих мест на рынке минеральных добавок.

В состав МК входит от 50 до 55%  $\text{SiO}_2$  и от 40 до 45 %  $\text{Al}_2\text{O}_3$  [1]. Благодаря высокому содержанию  $\text{Al}_2\text{O}_3$  метакаолин обладает связывающей способностью, она позволяет связывать известь, находящуюся в цементе.

Производство метакаолина заключается в термообработке природного минерала – каолина. Каолин - это слоистый силикат, состоящий из чередующихся слоев диоксида кремния и оксида алюминия в тетраэдрической и октаэдрической координации (рис.1) [2].

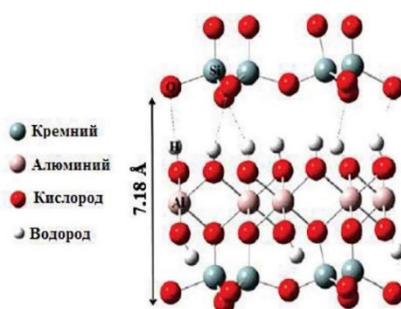
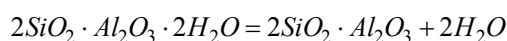
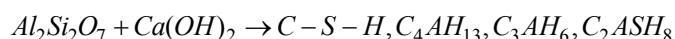


Рис. 1. Структура каолина

Каолин сохраняет стабильность в нормальных условиях окружающей среды. В случае изменения температуры от 650 °С до 900 °С каолин теряет до 20 % массы в связанных гидроксильных ионах. В результате нагревания или при прокаливании структура каолина нарушается, что способствует потери порядка в структуре [3].



В результате дегидроксилирования образуется метаколин. Первичный каолин не вступает в реакцию с новообразованиями цементного камня и является пассивным заполнителем, который ухудшает физико-механические характеристики. В свою очередь метаколин может реагировать с портландитом, в результате чего образуются нерастворимые низкоосновные гидроалюмосиликаты кальция:



Метаколин способен улучшать свойства растворов и бетонов. Введение метаколина в цемент приводит к увеличению прочности и долговечности, а также к ускорению процессов гидратации.

Исходя из всего вышесказанного можно сделать вывод, что введение метаколина в раствор оказывает положительное влияние на свойства цементной смеси, позволяет получить экономическую выгоду, которая связана с заменой части портландцемента, а также полным или частичным отказом от применения суперпластификаторов.

**Экспериментальная часть.** В работе был использован портландцемент ЦЕМ I-32,5Н производителя ООО «Красноярский цемент». В качестве наполнителя использовался обычный и активированный метаколин. Активацию проводили путем температурного обжига при температуре 800 °С. Наполнитель вводили в количестве 5-10 %.

Результаты влияния метаколина на процессы твердения вяжущего представлены табл. 1 и на рис.2.

Таблица 1

Влияние количества природного и активированного метаколина на свойства цементного камня

п/п	Состав вяжущего, %		Нормальная густота, %	Сроки схватывания, ч - мин		
	Цемент	Количество наполнителя, %		начало	конец	
		МК(п)				МК(а)
1	100	-	-	26	2:24	5:32
2	95	-	5	29	2:15	5:10
3	93	-	7	32	2:01	5:01
4	90	-	10	36	1:55	4:40
5	95	5	-	31	2:56	4:20
6	93	7	-	33	2:38	5:12

Примечание. МК(п)- природный метакаолин, МК (а)- активированный метакаолин.

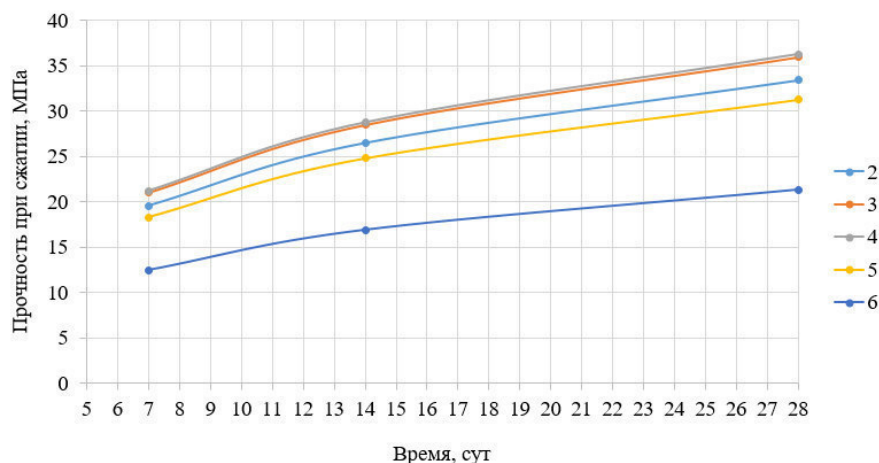


Рис. 2. Кинетика набора прочности вяжущего с наполнителем

**Результаты.** Анализ полученных результатов показал, что метакаолин по-разному ведет себя в сочетании с различным количеством цемента, и обладая высокой удельной поверхностью и высокой активностью минералов соответствует быстрому перенасыщению жидкой фазы и первые новообразования являясь центрами кристаллизации, так называемыми крентами цементного теста, ускоряют его схватывание. А так же использование добавки – наполнителя увеличивает водопотребность цементного теста с 26 до 36 % при введении активированного метакаолина в состав вяжущего. Прирост водопотребности с добавлением природного метакаолина составил с 31 до 33 %. По-видимому, это связано с гидравлической активностью микронаполнителя. Этим же можно объяснить и повышение физико- механических показателей композиций с добавкой метакаолина.

Лучшие прочностные характеристики твердения соответствуют составу портландцемента с содержанием активированного метакаолина в количестве 10 % (рис. 2). Конкретное увеличение прочности составило 7,8 %.

**Заключение.** Таким образом, проведенное исследование показало, что при замене 10 % портландцемента метакаолином улучшаются строительные – технические характеристики цемента и бетонов на его основе, что приводит к увеличению долговечности. Результатом изучения влияния метакаолина является вывод о том, что для улучшения свойств цементных бетонов уместно использовать активированный метакаолин.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Kostuch J.A, Walters V, Jones T.R. High performance concretes incorporating metakaolin: a review. In: Dhir RK, Jones MR, editors // Concrete 2000. London, UK: E&FN Spon. – 1993. – P.1799-1811.
2. Минниханова М.Б. Применение метакаолина в цементных смесях // Актуальные проблемы современной науки, техники и образования. –2012. – №70. –С. 186-187.
3. Михайлюта Е.С., Алексеев Е.В., Коледа В.В., Шевченко Т.А. Особенности формирования фазового состава метакаолинов и его влияние на их свойства // Цемент и его применение. – 2012. –№9. – С. 66-71.

УДК 625.765

**МОНИТОРИНГ ВОДНО-ТЕПЛООВОГО РЕЖИМА ГРУНТОВ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА  
АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГИ С ОСНОВАНИЕМ ИЗ АСФАЛЬТОГРАНУЛОБЕТОНА**

А.Э. Трофимов, В.С. Чурилин, И.А. Зголич

Научный руководитель: доцент, д.т.н. С.В.Ефименко

Томский государственный архитектурно-строительный университет,

Россия, г. Томск, пл. Соляная, 2, 634003

E-mail: [alex\\_trof\\_94@mail.ru](mailto:alex_trof_94@mail.ru)

**MONITORING OF WATER-THERMAL REGIME SOILS SUBGRADE ROAD WITH OF BASE  
FROM RECLAIMED ASPHALT PAVEMENT**

A.E. Trofimov, V.S. Churilin, I.A. Zgolich

Scientific Supervisor: A/Professor, Dr. S.V. Efimenko

Tomsk State University of Architecture and Building, Russia, Tomsk, Solyanaya sq., 2, 634003

E-mail: [alex\\_trof\\_94@mail.ru](mailto:alex_trof_94@mail.ru)

**Abstract.** *The article contains the results of the work performed under a government contract. In this study, the research description of the technology application reclaimed asphalt pavement Description of technology installed volumetric humidity and temperature sensors in the subgrade.*

**Введение.** В период эксплуатации на автомобильную дорогу влияет комплекс факторов: природно-климатические условия, характерные для каждой местности в силу её географического положения, воздействие нагрузки от транспортных средств на дорожные покрытия. Эти факторы приводят к снижению транспортно-эксплуатационных показателей автомобильной дороги [1].

Для поддержания транспортно-эксплуатационных показателей автомобильной дороги выполняют ремонт, капитальный ремонт или реконструкцию дороги в соответствии с требованиями действующих нормативных документов. Одним из мероприятий при ремонте автомобильной дороги служит устройство выравнивающего слоя и слоя покрытия из асфальтобетонной смеси [2]. Однако традиционная технология ремонта покрытия с укладкой новых слоёв асфальтобетона на эксплуатируемое покрытие экономически малоэффективна (см. рис. 1,2).

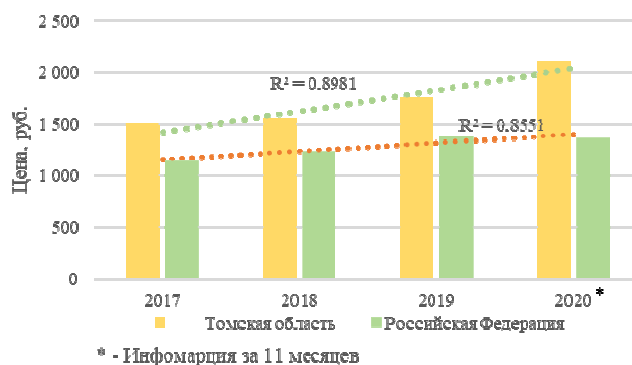


Рис. 1. Средневзвешенная цена по годам за 1 тонну щебня для Томской области и Российской Федерации (информация с сайта ЕМИСС Государственная статистика)



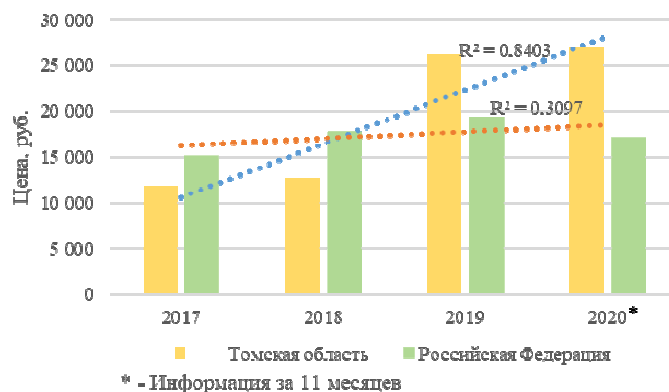


Рис. 2. Средневзвешенная цена по годам за 1 тонну битума для Томской области и Российской Федерации (информация с сайта ЕМИСС Государственная статистика)

Из рис. 1 – 2 следует, что при общем росте цен на дорожно-строительные материалы по России для территории Томской области материалы, необходимые для приготовления асфальтобетонной смеси, за последние годы 2017 – 2020 выросли примерно на 40 %. Для повышения экономической эффективности ремонта внедряется технология холодной регенерации асфальтобетонного покрытия, например, на территории Омской области [3].

Практика применения переработанного асфальтобетонного покрытия на шоссе дорог начинается с 1915 года в США [4]. В России первый опыт применения технологии повторного использования асфальтобетонного покрытия относится к 1996 – 1997 гг на участке автомобильной дороги М1 «Беларусь» [5]. При этом мало внимания уделяется водно-тепловому режиму грунтов земляного полотна автомобильных дорог с устройством основания из асфальтогранулобетона.

**Экспериментальная часть.** Для обустройства стационарных постов наблюдения за водно-тепловым режимом грунтов земляного полотна на автомобильной дороге «Богашево – Лучаново – Стеклозавод» установлены датчики объёмной влажности и температуры TERO 11/12.

Для установки датчиков в тело земляного полотна согласно требованиям, разрабатывался шурф вдоль кромки проезжей части автомобильной дороги. Датчики объёмной влажности и температуры установлены на глубине 40, 70 и 140 см от низа дорожной одежды (рис. 3). Для первых двух датчиков принята глубина установки, исходя из опыта работ [6], третий датчик установлен на глубине, которая соответствует нижней границе рабочего слоя земляного полотна с учётом зоны действия датчика.



Рис. 3. Общий вид схемы размещения датчиков на экспериментальном участке №2 ПК 12+97

Определение относительных отметок на поверхности покрытия осуществлялось путём нивелировки жёстко закреплённых на покрытии точек. Для фиксирования деформации (вертикального перемещения) покрытия в полосе отвода автомобильных дорог установлены мерзлотные реперы. Конструкция мерзлотного репера обеспечивает неизменность его относительной отметки при промерзании грунтов.

**Результаты.** Изменения температуры грунта земляного полотна автомобильной дороге с основанием из асфальтогранулобетона показывают линейную зависимость между суммой отрицательных температур воздуха с ходом движения изотермы. Нарастание суммы отрицательных температур воздуха и движение изотермы зависит от толщины дорожной одежды. При этом температура грунта земляного полотна автомобильной дороги на глубине 40 см от подошвы дорожной одежды зависит от недельных перепадов температуры окружающего воздуха.

**Заключение.** В работе представлена часть результатов мониторинга за водно-тепловых режимом грунтов земляного полотна автомобильной дороги с основанием из асфальтогранулобетона. Сумма отрицательных температур воздуха и температура грунта могут иметь тесную корреляционную связь. Учитывая различия по толщинам и слоям дорожных конструкций на автомобильной дороге «Богашево – Лучаново – Стеклозавод» необходимо установить связь между влиянием суммы отрицательных температур воздуха и термическим сопротивлением дорожной одежды на ход изменения температуры грунта земляного полотна. Таким образом, можно выявить влияние слоя основания дорожной конструкции из асфальтогранулобетона на изменения водно-теплового режима грунтов земляного полотна автомобильной дороги.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Васильев, А. П. Эксплуатация автомобильных дорог: в 2 т. — Т. 1: учебник для студ. высш. учеб. заведений / А. П. Васильев. — М.: Издательский центр «Академия», 2010. — 320 с.
2. Трофимов А.Э., Сухоруков А.В. Внедрение технологии ремонта автомобильных дорог Томской области с применением асфальтогранулобетона // I Региональная научно-практическая стенническая конференция «Профессионал XXI: настоящее будущее». Сборник материалов региональной конференции. – Из-во ОГБУДПО «РЦРПК», 2020. – С. 308-311.
3. Рахимов А.М., Сиротюк В.В. Технологии холодной регенерации асфальтобетонных покрытий и их применение в ООО «СТРОЙСЕРВИС» (Омская область) // Образование, транспорт, инновации, строительство – 2019. – С. 325-329.
4. West, Randy C., and J. Richard Willis. Case studies on successful utilization of reclaimed asphalt pavement and recycled asphalt shingles in asphalt pavements. No. NCAT Report 14-06. 2014.
5. Шипицын В.В. Обоснование технологии ремонта асфальтобетонных покрытий методом холодного ресайклинга с применением медленноотвердеющих минеральных вяжущих и разжиженного битума: Автореф. Дис. ... канд. техн. наук.– Омск., 2006. – 170 с.
6. Salour, Farhad. Moisture influence on structural behaviour of pavements: field and laboratory investigations. Diss. KTH Royal Institute of Technology, 2015.

УДК 666.942.015.42-047.58

**ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО - МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЦЕМЕНТНОГО КАМНЯ  
С В/Ц = 0,30 С ДОБАВЛЕНИЕМ ХИМИЧЕСКОЙ ДОБАВКИ В УСЛОВИЯХ ГРАДИЕНТА  
ТЕМПЕРАТУР**

Н. Хамитов, А.Х. Лабазанов, Е.Ш. Гайратов

Научный руководитель: профессор, д.т.н. А.И. Гныря

Томский государственный архитектурно-строительный университет,

Россия, г. Томск, пл. Соляная, 2, 634003

E-mail: [yorkingayratov96@mail.ru](mailto:yorkingayratov96@mail.ru)

**STUDY OF PHYSICO - MECHANICAL PROPERTIES OF CEMENT STONE WITH W / C = 0.30  
WITH ADDITION OF A CHEMICAL ADDITIVE UNDER TEMPERATURE GRADIENT**

N. Khamitov, A.H. Labazanov, Y.Sh. Gayratov

Supervisor: Professor, DSc. A.I. Gnyrya

Tomsk State University of Architecture and Building, Russia, Tomsk, Solyanaya sq., 2, 634003

E-mail: [yorkingayratov96@mail.ru](mailto:yorkingayratov96@mail.ru)

***Abstract.** The article deals with the time factor influencing physical - mechanical properties of cement stone with the addition of a chemical additive. Physical - mechanical properties of cement stone samples were obtained on an Instron 3382 installation. These properties were analyzed using the Origin software package and the Mathcad engineering mathematical software. The results of the study are described.*

**Введение.** В строительстве химические добавки используются в качестве мощных ускорителей схватывания, твердения, пластификации бетонов при зимнем бетонировании. При исследовании процессов структурообразования цементных композиций в качестве модифицирующей добавки был выбран модификатор бетонной смеси по принципу ускорения твердения высокоэффективный гиперпластификатор второго поколения на основе эфиров поликарбоксилатов PowerFlow 3100 компании МС Baucheme Russia.

Гиперпластификаторы на основе эфиров поликарбоксилатов прикрепляются к поверхности цементного зерна в основном точечно и характеризуются пространственным строением молекулы с разветвленными боковыми цепями, что способствует более эффективной диспергации цементных агрегатов за счет стерического эффекта, а также позволяет обеспечить доступ воды к клинкерным минералам. Возможности варьирования количества и длины боковых цепей позволяют создавать пластификаторы с контролируемой величиной адсорбции и пластифицирующего эффекта, в зависимости от особенностей применяемого цемента и заполнителей, а также требований к бетонной смеси. Добавки на основе эфиров поликарбоксилатов не замедляют начальное структурообразование цементного камня, а наоборот являются ускорителем набора прочности на ранних сроках [1]. Технические данные добавки приведены в табл. 1.

Таблица 1

Основные характеристики гиперпластификатора PowerFlow 3100

Физические характеристики добавки	Жидкость
Плотность	Ок 1,07±0,02 кг/дм <sup>3</sup>
Дозировка	0,1- 5,0% жидкой добавки от массы цемента
Максимальное содержание хлоридов	<0,10%
Максимальное содержание щелочей	<2,0%
Сертифицировано	DIN EN 9001, ГОСТ 24211, ГОСТ 30459
Транспортирование и хранение	ГОСТ 24211

Целью данной работы является исследование физико - механических свойств цементного камня с добавкой, в условиях градиента температур.

**Экспериментальная часть.** В качестве сырьевых материалов при проведении опытных испытаний был использован портландцемент ЦЕМ I 42,5Н, добавка PowerFlow 3100 вводилась в цементно-песчаную смесь в количестве 1 % от массы цемента в виде водного раствора вместе с водой затворения. Изготовление цементного теста проводилось в лаборатории, в следующей последовательности: в середине смеси делали углубление и заливали весь объем приготовленной жидкости. Смесь перемешивали вручную в течение 5 минут.

Образцы цементного камня выдерживались в форме в течение 2-х часов при комнатной температуре. После опалубка устанавливается в проектное положение установки регулируемых температурных градиентов, рис. 1 [2]. Одна из металлических пластин - находится под воздействием лампы накаливания (+60 °С), другая – входит в рабочий объем морозильной камеры на 6 см, тем самым охлаждается с заданным режимом (-20 °С) посредством аппаратно-программного комплекса установки. Образцы выдерживались 6, 8, 12 часов. Затем образцы подвергались механическим испытаниям для определения прочности на испытательной машине INSTRON 3382.

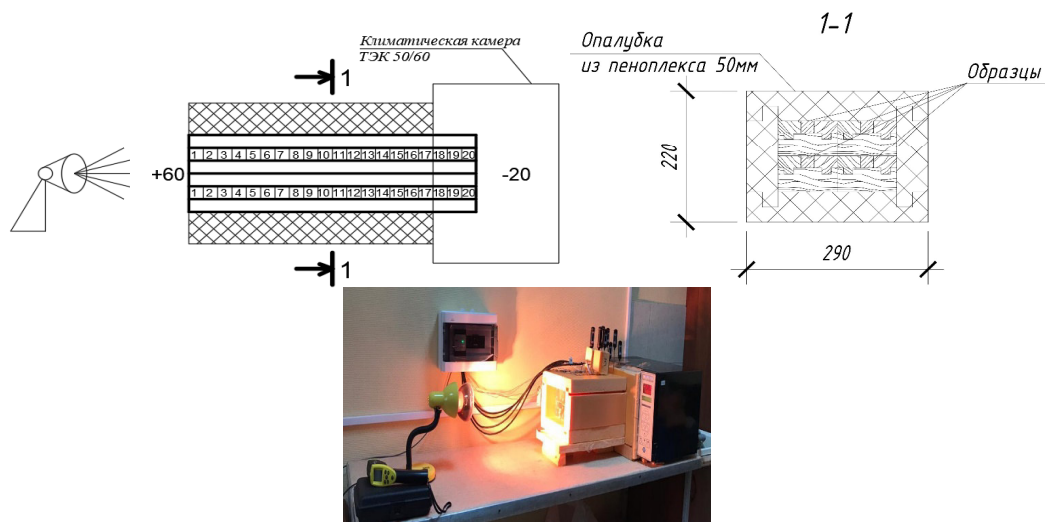


Рис.1. Схема экспериментальной установки

**Результаты.** Для выполнения анализа физико-механических свойств исследуемых образцов, были выбраны следующие характеристики: модуль упругости, предел прочности, а также пластические деформации на кривых напряжение – деформация ( $\sigma$ - $\epsilon$ ) [3] после 6 часов, 8 и 12 часов твердения.

Результаты испытаний для составов с PowerFlow 3100 с В/Ц = 0,3 приведены на графиках (рис. 2).

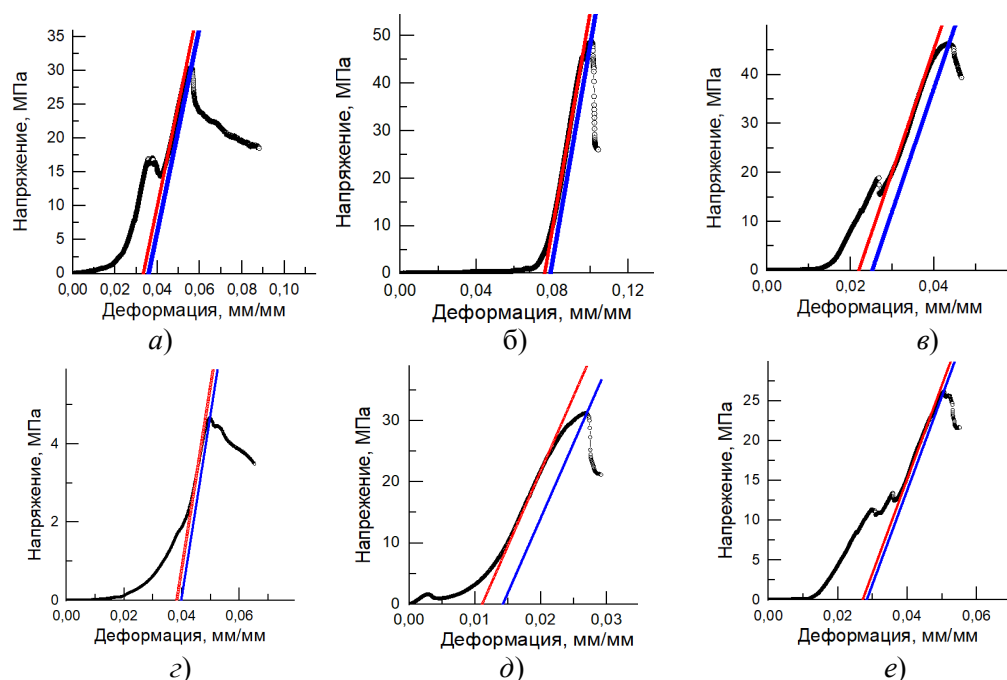


Рис. 2. Деформационные кривые напряжение-деформация ( $\sigma$ - $\epsilon$ ) а) 6 часов - 4 образцы, б) 8 часов - 3 образцы, в) 12 часов - 6 образцы, г) 6 часов с хим. добавкой - 4 образцы, д) 8 часов с хим. добавкой - 3 образцы, е) 12 часов с хим. добавкой - 6 образцы.

Красная линия – оценка модуля упругости, проходящая через предел текучести, синяя – через предел прочности

**Заключение.** На основании проведенных исследований физико - механических свойств цементного камня с добавкой кривые напряжения имеют следующие стадии: переходная, упругая и пластическая области. Прочностных характеристик образцов цементного камня без добавления добавки значительно больше, по сравнению с цементным камнем с хим добавкой при заданной дозировке.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аяпов У.С. О теории действия и классификации добавок-ускорителей твердения цемента // Шестой Международный конгресс по химии цемента. М.: Стройиздат, 1976. – Кн. 2. – С. 12–14.
2. Гныря А.И. Влияние температурного градиента на физико-механические свойства бетона // Энерго- и ресурсоэффективность малоэтажных жилых зданий: Материалы II Всероссийской научной конференции с международным участием. –2015. – С. 328–331.
3. Абзаев Ю.А., Гныря А.И., Коробков С.В., Михайлов Д.А., Воднев Б.С., Гаг И.Э., Дудов Д.О. Моделирование механических свойств твердеющего портландцемента при  $w/c = 0,3$  в зависимости от времени гидратации // Инвестиции, строительство, недвижимость как драйверы социально-экономического развития территории и повышения качества жизни населения – 2019 – №2 – С. 634–639.

УДК 666.972

### ВЛИЯНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ СОЛЕЙ НА СВОЙСТВА БЕТОНА

А.П. Чулков, И.Н. Александров

Научный руководитель: доцент, к.т.н. А.Б. Стешенко

Томский государственный архитектурно-строительный университет,

Россия, г. Томск, Соляная 2, 634050

Email: [3louDroid@mail.ru](mailto:3louDroid@mail.ru)

### EFFECT OF TECHNICAL SALTS ON CONCRETE PROPERTIES

A.P. Chylkov, I.N. Alexandrov

Scientific Supervisor: Associate professor, Ph.D. A.B. Steshenko

Tomsk State University of Architecture and Building, Russia, Tomsk, Solyanaya sq., 2, 634003

Email: [3louDroid@mail.ru](mailto:3louDroid@mail.ru)

**Abstract.** *It was established the efficiency of using industrial salt of chemical production instead of Portland cement in the amount of 5% by weight. Replacing cement with technical salt in the amount of 5% by weight leads to an increase in compressive strength in 3 and 7 days by 15-33% and 5-6%, respectively, depending on the required mobility of the concrete mixture.*

**Введение.** Одним из эффективных, перспективных и технологичных приёмов регулирования свойств бетонной смеси и готового бетона является применение модифицирующих добавок. Добавки вводят либо перед перемешиванием, либо непосредственно во время перемешивания компонентов бетонной смеси. Они регулируют сроки схватывания цемента, улучшают удобоукладываемость бетонной смеси, воздействуют на процессы твердения, повышают прочность, морозо-, сульфатостойкость бетона и т.п. [1, 2].

Быстросхватывающиеся бетонные смеси с ускоренным ростом прочности в первые часы и сутки твердения нужны при аварийных работах, а также строительных работах при низких температурах в осенне-зимний период года. К настоящему времени разработано множество составов бетонов со специальными добавками, твердеющих при низких температурах [3].

В качестве ускорителей твердения бетона авторами предлагается использовать техническую соль химического производства (ТУ 20.13.62-019-81060768-2020). Она образуется в процессе выпаривания на вакуум-выпарной установке соледержащих стоков после кристаллизатора солей. В осадках могут содержаться следующие смеси солей: NaCl, Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, NaHCO<sub>3</sub>, MgCl<sub>2</sub>, MgSO<sub>4</sub>, Mg(HCO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, CaCl<sub>2</sub>, CaSO<sub>4</sub>, Ca(HCO<sub>3</sub>). Следует отметить, что гидрокарбонаты со временем переходят в карбонаты солей. Следовательно, дополнительно присутствуют соли MgCO<sub>3</sub>, CaCO<sub>3</sub>.

По размеру гранул техническую соль делят на: А (1 помол), В (2 помол), С (3 помол), D и E, с размерами частиц до 2.5; 4.5; 7.5; 20; 40 мм соответственно.

Техническая соль обладает: повышенной способностью к плавлению, способностью сохранять первоначальные свойств при температуре до -21°C, лучший антигололедный эффект оказывает в диапазоне от 0 до -12°C, экологическая чистота позволяет использовать техническую соль на улице и в помещении, в

местах большого скопления людей, материал не склонен к возгораниям и взрывам, не выделяет токсических веществ под воздействием солнца, отсутствие особых требований к хранению и транспортировке.

Целью данной работы является установление закономерностей влияния технической соли на прочность бетона в ранние сроки твердения.

**Материалы и методы.** В качестве сырьевых материалов для приготовления бетонных смесей применялся Топкинский бездобавочный портландцемент ЦЕМ I 42.5Н (ГОСТ 10178-85), кварцевый песок Кандинского месторождения (ГОСТ 8735-88), щебень из гравия Кандинского месторождения песчано-гравийных смесей (фр.5-10 мм) (ГОСТ 8269-97), вода водопроводная (ГОСТ 23732-2011). Характеристика применяемой технической соли приведены в табл. 1.

Таблица 1

Характеристики технической соли

Физико-химические показатели	
Массовая доля влаги, %	9,0-20,0
pH	7,5-9,5
Плотность, г/см <sup>3</sup>	1,4-1,6

При установлении закономерностей влияния технической соли на свойства бетона добавка вводилась в базовый состав взамен 5% портландцемента по массе. Для проектирования составов бетонных смесей была выбрана методика абсолютных объемов. Одним из главных условий является то, что сумма абсолютных объемов всех компонентов бетона равна 1 м<sup>3</sup> (1000 л.) уплотненной бетонной смеси. Были спроектированы составы бетонных смесей В30 с достижением требуемой подвижности 16-20 см (табл. 1, составы 1, 2) и 5-9 см (табл. 2, составы 3,4).

Таблица 2

Составы бетонных смесей

№	Расход материала на 1м <sup>3</sup> бетонной смеси, кг				
	Щебень	Песок	Цемент	Техническая соль	Вода
1	1170	585	350	-	215
2	1170	585	333	17	215
3	1190	585	350	-	195
4	1190	585	333	17	195

Подвижность бетонных смесей определялась при помощи конуса с воронкой. Образцы бетона после изготовления маркируют и выдерживают в нормальных условиях при температуре 20±2°С в течение суток, после чего их извлекают и помещают в камеру нормального твердения, где хранят до проведения испытаний в 3 и 7 суток при температуре 20±2°С и относительной влажности воздуха не менее 90%. Испытание и оценка качества бетона проводились по ГОСТ 25192–2012. Параллельно у образцов всех серий перед испытанием на сжатие определяли значение средней плотности.

**Результаты.** Результаты исследований по определению значений прочности на сжатие образцов бетона с технической солью и без представлены на рис.1.

Средняя плотность высокоподвижных бетонных смесей с осадкой конуса 16-20 см составила 2364 кг/м<sup>3</sup>, а малоподвижных с осадкой конуса 5-9 см составила 2405 кг/м<sup>3</sup>. При введении технической соли взамен цемента в количестве 5% по массе в высокоподвижную бетонную смесь прочность на сжатие в 3 и 7 суточном возрасте составила 23,0 МПа и 25,0 МПа, что на 32 и 2 % больше контрольного

состава без использования добавок соответственно. При использовании технической соли взамен цемента в количестве 5% по массе в малоподвижную бетонную смесь прочность на сжатие в 3 и 7 суточном возрасте составила 26,9 МПа и 32,0 МПа, что на 5 и 6 % больше контрольного состава без использования добавок соответственно.

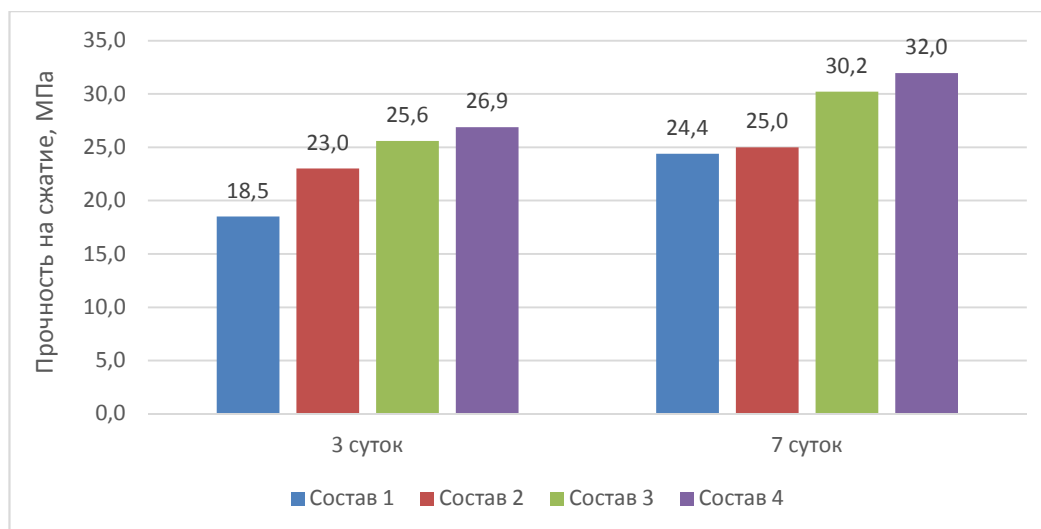


Рис. 1. Прочность на сжатие образцов бетона В30 с технической солью и без

По результатам проведенного исследования установлено, что техническая соль химического производства (ТУ 20.13.62-019-81060768-2020) положительно влияет на набор прочности тяжелого бетона в ранние сроки твердения. Замена цемента на техническую соль в количестве 5% по массе приводит к повышению прочности на сжатие в 3 и 7 суток на 5-32% и 2-6% соответственно, в зависимости от требуемой подвижности бетонной смеси.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Kudyakov A.I., Steshenko A.B., A.S. Simakova, Latypov A.D. Methods of introduction of glyoxal-containing additives into foam concrete mixture // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. – 2019. – Vol. 597. – P. 012037 (1-6). doi:10.1088/1757-899X/597/1/012037.
2. Steshenko A. B, Kudyakov A.I. and N.E. Ryabtseva. Cement based foam concrete with hardening accelerators // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. – 2020. – №911. – P. 012003 (1-6). doi:10.1088/1757-899X/911/1/012003.
3. Шейда О.Ю, Батяновский Э.И. О механизме действия ускорителей схватывания и твердения цементной матрицы бетона // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. – 2013. – №2. – С.26–28.



УДК 691.421

**ИСТОРИЯ, СВОЙСТВА И ПРИМЕНЕНИЕ КИРПИЧА**Е.Р. Штаудингер

Научный руководитель: доцент, к.т.н. А.Б. Стешенко  
Томский государственный архитектурно-строительный университет,  
Россия, г. Томск, пл. Соляная, 2, 634003  
E-mail: [elizaveta.shtaudinger@yandex.ru](mailto:elizaveta.shtaudinger@yandex.ru)

**HISTORY, PROPERTIES AND APPLICATION OF BRICK**E.R. Shtaudinger

Scientific Supervisor: Associate professor, Ph.D. A.B. Steshenko  
Tomsk State University of Architecture and Building, Russia, Tomsk, Solyanaya Sq., 2, 634003  
E-mail: [elizaveta.shtaudinger@yandex.ru](mailto:elizaveta.shtaudinger@yandex.ru)

***Abstract.** the results of the study of the strength characteristics of ceramic bricks of the last century and its comparison with the characteristics of ceramic bricks used in modern construction are given in this article. According to the results of the tests carried out, the grade of "historical" ceramic brick was M 125.*

**Введение.** Кирпич является древнейшим строительным материалом. Ранее него использовались только камень и дерево. Свидетельствуют о появлении кирпича раскопки в Египте и Месопотамии, а также в других очагах цивилизации. Найденные кирпичи на Среднем Востоке, по мнению археологов, могут достигать возраста 10 000 лет.

Древний кирпич формовался вручную из глины и грязи, иногда в состав также добавляли солому, смолы, различные минералы, а после сушили под палящим солнцем, в результате чего он становился твердым как камень. Такой кирпич являлся необожженным. А вот появление кирпича, обожженного в печах, можно увидеть на сохранившихся изображениях древних египтян времен фараонов. Освоение технологии обжига кирпича в печах позволило увеличить прочностные показатели [1]. Также о появлении обожженных огнем кирпичей свидетельствуют строки из Библии: «И сказали друг другу: наделаем кирпичей и обожжем огнем. И стали у них кирпичи вместо камней, а земляная смола вместо извести» (Быт. 11.3 Перевод Российского Библейского общества).

Удивителен тот факт, что несмотря на столь древнее происхождение, использование кирпича остается актуальным и в наши дни. Кирпич является одним из наиболее востребованных стеновых материалов. Также он используется в декоративных целях, чему способствует разнообразие его видов и форм. Существует кирпич, предназначенный для укладки печей и каминов, тротуарных настилов, а также кирпичи, предназначенные для облицовки, укладки фундамента и несущих конструкций [2].

Кирпич не только не утратил востребованности в себе, но и приобрел историческую ценность. Исследуя состав, форму, физические и декоративные свойства, можно определить период постройки сооружения. Кроме того, производство кирпича часто было семейным делом, ремеслом. У каждого мастера получался свой кирпич, отличный по форме, составу, свойствам и технологии его производства.

Также вид кирпича зависел от территориального места расположения его производства и наличия там конкретных природных материалов.

Прочность и долговечность кирпичных конструкций обуславливаются свойствами данного материала [3, 4]. Кирпич обладает высокой звукоизоляцией, морозостойкостью, является огнестойким материалом, устойчив к гниению, насекомым и мелким грызунам. Конструкции из кирпича препятствуют влаге, давлению ветра и выдерживают высокие температурные воздействия. Не мало важно и то, что кирпич является экологичным материалом и идеально подходит для возведения жилых зданий, которые отлично защищают от холода, жара и прямых солнечных лучей [5].

В России кирпич единого стандарта появился лишь в 1927 году. Результаты [6, 7] исследований старинных видов керамического кирпича доказывают высокое качество изделий, например прочность старинных кирпичей соответствует современной марки М 150. В отдельных случаях марка достигала М 800 или наоборот была намного меньше. Столь большая разница в прочности старинного кирпича объясняется отсутствием общей технологии производства, требований и стандартов [6].

Факт того, что до наших дней сохранилось множество кирпичных сооружений, возраст которых свыше сотни лет, определяет цель работы: исследование прочностных характеристик керамического кирпича прошлого столетия и сравнение его с характеристиками керамического кирпича, используемого в современном строительстве.

**Экспериментальная часть.** Для сравнения свойств полнотелого кирпича конца 19 века – «исторического» кирпича и современного полнотелого кирпича, испытывался кирпич возрастом 140 лет, взятый из подвала деревянного дома, построенного в 1880 году, расположенного по адресу г. Томск, ул. Карла Маркса, 15А. Также был испытан образец современного керамического кирпича, произведенного в г. Томске в 2020 г. Технические свойства кирпичей представлены в табл. 1.

Таблица 1

Технические свойства полнотелого керамического кирпича

№ п/п	Показатели	Кирпич конца 19 века	Современный кирпич
1	Длина, мм	252	250
2	Ширина, мм	119	120
3	Толщина, мм	78	65
4	Вес, кг	4,7	3,5
5	Цвет	Темно-красный (вишневый)	Светло-красный
6	Плотность, кг/м <sup>3</sup>	2009	1795

Механические испытания кирпича заключаются в определении предела прочности при сжатии и изгибе для установления марки кирпича по прочности. Марку кирпича по прочности назначают в соответствии с требованиями ГОСТ 530–2012.

**Результаты.** Результаты определения марки кирпича представлены в табл. 2.

По результатам проведенных испытаний марка «исторического» керамического кирпича составила М 125, что выше на одну марку современного керамического кирпича М 100. Однако необходимо отметить, что средняя плотность «исторического» кирпича на 214 кг/м<sup>3</sup> больше современного керамического кирпича.

Таблица 2

Экспериментальные данные по определению пределов прочности при сжатии и изгибе

№ п/п	Показатели	Кирпич конца 19 века	Современный кирпич
1	Площадь поперечного сечения ( $F$ ), см <sup>2</sup>	95,55	121,2
2	Разрушающая нагрузка ( $P$ ) при сжатии, Н	1110	2300
3	Предел прочности при сжатии ( $R_{сж}$ ), МПа	11,62	20,16
4	Расстояние между опорами ( $l$ ), см	20	20
5	Разрушающая нагрузка ( $P$ ) при изгибе, Н	92	22
6	Предел прочности при изгибе ( $R_{изг}$ ), МПа	3,81	1,3

**Заключение.** Так как достаточное количество зданий прошлых столетий заброшены или полуразрушены, вторичное использование неповрежденных кирпичей будет рациональным. Это снизит затраты труда на производство кирпича и сократит число строительных отходов. По результатам проведенного исследования керамического кирпича конца 19 века установлено, что прочностные характеристики данного кирпича соответствуют современным требованиям и повторное использование является возможным. Построенные из такого керамического кирпича здания будут не только соответствовать современным нормам, но также будут примечательны своей декоративностью и стилем.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. История кирпича [Электронный ресурс]. – режим доступа: <https://brick-library.ru/istoriya-vozniknoveniya-kirpicha/> (дата обращения: 24.02.2021)
2. Старинный кирпич 19 века [Электронный ресурс]. – режим доступа: <http://artkamin.com/starinnyy-kirpich-xix-veka> (дата обращения: 22.03.2021)
3. Лапунова К.А. Дизайн архитектурно-строительной керамики / К.А. Лапунова, В.Д. Котляр // Интернет-журнал "Науковедение". – 2013. – №3. – С. 1-9. <https://diy.obi.ru/articles/stroitelstvo-iz-kirpicha-vibor-i-preimyshestva-materiala-21013>
4. История размеров кирпича [Электронный ресурс]. – режим доступа: <https://klinkerprom.ru/presscenter/muzey-kirpicha/istoriya-razmerov-kirpicha/> (дата обращения: 06.04.2021)
5. Бовкунов Т.В., Лапунова К.А. Кирпич из нетрадиционных материалов // Материалы международной научно-практической конференции. Ростовский государственный строительный университет. – Редакционно-издательский центр РГСУ., 2015. – С. 481-483.
6. Стешенко А.Б., Рахманбердиев А. Обзор применения и совершенствования параметров керамического кирпича // Сборник трудов XVII Международной конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Перспективы развития фундаментальных наук» – Томск: Изд-во ТПУ. – 2020. – С. 66-68.
7. Стешенко А.Б., Архипова Е.В. Лего-кирпич. Производство и технологии строительного материала // Материалы 63-й Университетской научно-технической конференции студентов и молодых ученых – Томск: Изд-во ТГАСУ, – 2017. – С. 155-157.

УДК 728.1.05

**ЖИЛОЙ ВЛИЯНИЕ СОЦИАЛЬНО-ДЕМОГРАФИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ СЕМЬИ НА  
АРХИТЕКТУРУ ЯЧЕЙКИ СОЦИАЛЬНОГО ТИПА**

И.Д. Верёвкина

Томский государственный архитектурно-строительный университет,

Россия, г. Томск, пл. Соляная, 2, 634003

E-mail: verevkinai@mail.ru

**IMPACT OF SOCIAL AND DEMOGRAPHIC FEATURES OF A FAMILY ON THE  
ARCHITECTURE OF A LIVING UNIT OF A SOCIAL TYPE**

I.D. Verevkinai

The Tomsk State University of Architecture and Building, Russia, Tomsk, 2, Solyanaya Sq., 634003

E-mail: verevkinai@mail.ru

***Abstract.** When designing social housing, it is necessary to take into account a number of basic criteria, such as the rate of housing provision, the size of the living space per person, the volume of air in the living space per person, as well as family composition and the main processes of its life. Attention should be paid to the family life cycle, since the housing requirements of residents vary depending on the children's age. The paper identifies the main spatial and planning characteristics of a social-type living unit, taking into account socio-demographic composition of the family. The study was carried out by summarizing and analyzing data provided by the Committee for Housing Policy of the Tomsk City Administration. On the basis of the data obtained, a typological range of social-type living units that will satisfy the housing preferences of families residing in Tomsk was suggested.*

**Введение.** При проектировании социального жилья необходимо учитывать ряд основных критериев: норму жилищной обеспеченности, величину жилой площади на одного человека, объём воздуха жилого помещения на одного проживающего, а также состав семьи и основные процессы ее жизнедеятельности. Следует уделять внимание жизненному циклу семьи, так как требования проживающих к жилищу меняются в зависимости от изменения возраста детей. В работе выявлены основные объёмно-планировочные характеристики жилой ячейки социального типа с учётом социально-демографического состава семьи. Исследование проводилось путем обобщения и анализа данных, предоставленных комитетом жилищной политики администрации г. Томска. На основе полученных данных автором предложен типологический ряд жилых ячеек социального типа, который позволит удовлетворить жилищные предпочтения семей, проживающих на территории г. Томска.

Жизнедеятельность семьи основана на нескольких основных процессах в структуре дневного цикла: сон, питание, культурная деятельность, хозяйственно-бытовые деятельность, личная гигиена и туалет. В построении структуры современной жилой ячейки и разработке типологии личных помещений исходим из утверждения, что определяющей функцией является сон [1]. По мнению гигиенистов продолжительность сна должна быть не менее 8 часов, только в таком случае происходит полное восстановление жизненных сил. Изменение стадий развития семьи определяет возможное сокращение или развитие состава зон сна, влияет на их взаимное расположение и характер изолированности [2].

Изучив состав семей, состоящих на учёте в качестве нуждающихся в улучшении жилищных условий в администрациях г. Томска, принято решение не рассматривать семьи из семи и более человек при проектировании из-за их малого удельного веса среди всех типов семей (рис. 1).

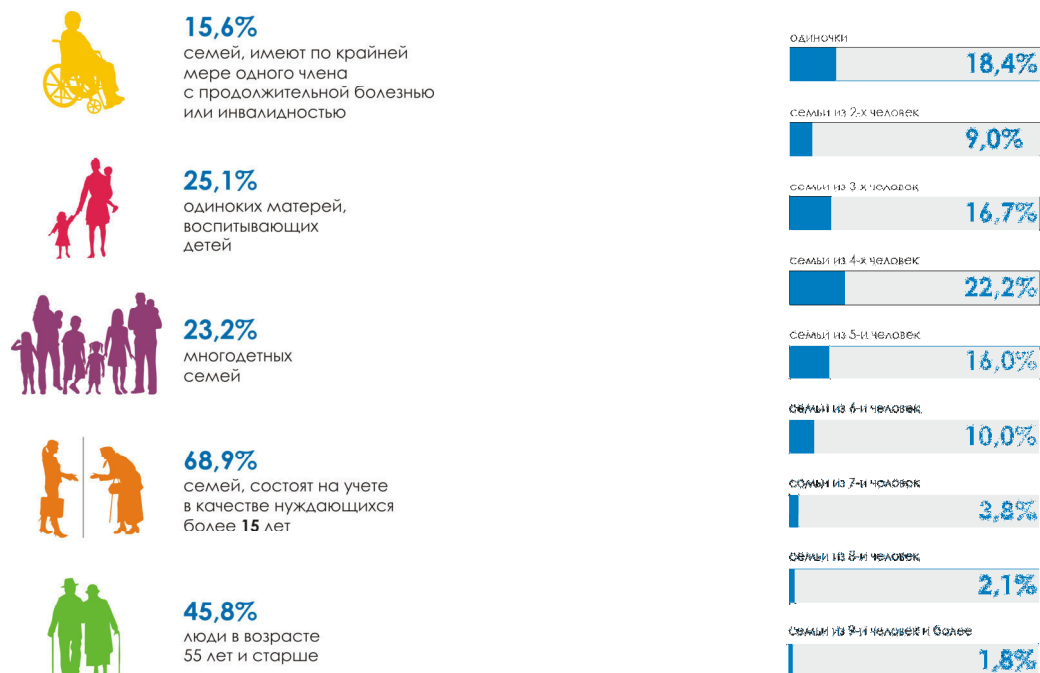


Рис. 1. Социальный статус и численный состав семей, состоящих на учёте в районных администрациях г. Томска в качестве нуждающихся в улучшении жилищных условий

Для семей, состоящих на учёте в качестве нуждающихся в улучшении жилищных условий в районных администрациях г. Томска, было выявлено 12 типов жилых ячеек (рис. 2).

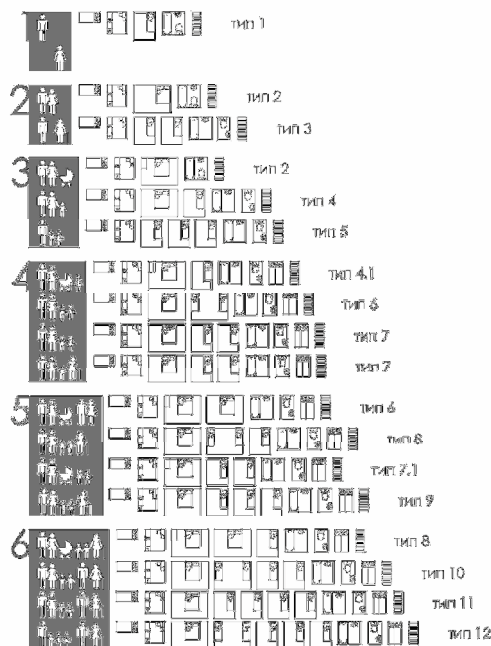


Рис. 2. Типологический ряд жилых ячеек социального типа для семей г. Томска

Выявлено, что основные потребности совпадают у всех типов семей, которые следует обеспечивать базовым набором помещений и зон:

- транзитные помещения;
- помещения общего пользования (для приготовления и приёма пищи, встречи с гостями);
- спальня для сна;
- сан узел для гигиенических процедур;
- подсобные помещения для хранения вещей;
- открытые пространства для отдыха.

Квартиры всех типов следует проектировать в соответствии с общими планировочными требованиями, обеспечивающими комфорт совместного проживания всех членов семей. На качество жизни влияет: 1) максимально эффективное использование пространства (применение встроенных шкафов уменьшение площади коридоров в пользу жилых и подсобных пространств с возможностью транзита); 2) Выделение для каждой зоны соответствующего помещения или зоны в квартире; 3) Возможность смены назначения комнат в соответствии с актуальными потребностями домохозяйств (например, спальня, переоборудована в кабинет, при взрослении ребенка и ухода из семьи); 4) Соблюдение комфортных пропорций помещений: глубина, протяженность вдоль фасада, высота; 5) В многоквартирном доме необходимо создать широкий набор квартир, разнообразных по планировке и различающихся от этажа к этажу. Это приведёт к разнообразию планировочных решений, способных удовлетворить запросы разных типов семей [3].

В результате проведенных исследований, установлено, что необходимо создать достаточное количество типов квартир (12 типов квартир социального жилья для г. Томска), что позволит наиболее полно удовлетворить потребности семей с различным численным составом и социальным статусом.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федоров Е.П. Формирование городского квартирного фонда в зависимости от семейной структуры населения. – в кн.: Семья и жилая ячейка (квартира). Сборник научных трудов – М.: [б.и.], 1974. – 175с.
2. Жизненный цикл семьи. [Электронный ресурс]. – Режим доступа:  
[https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%96%D0%B8%D0%B7%D0%BD%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B9\\_%D1%86%D0%B8%D0%BA%D0%BB\\_%D1%81%D0%B5%D0%BC%D1%8C%D0%B8](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%96%D0%B8%D0%B7%D0%BD%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D1%86%D0%B8%D0%BA%D0%BB_%D1%81%D0%B5%D0%BC%D1%8C%D0%B8)  
(дата обращения 10.03.2021 г.)
3. Принципиальные архитектурно-планировочные решения. Жилые дома. Каталог 2. По заказу Фонда единого института развития в жилищной сфере. Редакция от 31 мая 2019 г.

УДК 72.035

**РОЛЬ ЗАСТРОЙКИ, ВОЗВЕДЕННОЙ НА СРЕДСТВА КУПЕЧЕСТВА,  
В СОХРАНЕНИИ ИСТОРИЧЕСКОГО ОБЛИКА Г.ТЮМЕНИ**

М.Ю. Гайдук

Научный руководитель: доцент, кандидат архитектуры Е.В. Ситникова

Томский государственный архитектурно-строительный университет,

Россия, г. Томск, Соляная пл., 2, 634003

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

**THE ROLE OF DEVELOPMENT SPONSORED BY MERCHANTS  
FOR THE SAVING HISTORICAL IMAGE OF THE TYUMEN.**

M.Y. Gaydouk

Scientific Supervisor: A/Professor, PhD, Elena V. Sitnikova

Tomsk State University, of Architecture and Building, Russia, Tomsk, 2, Solyanaya Sq., 634003

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

***Abstract.** The paper is devoted to the formation of the architectural image of Tyumen in line with the interest of local merchants who played the main role in the development of Siberian cities. This paper presents the review of the most significant sites of historical and cultural heritage of the late 19<sup>th</sup> and 20<sup>th</sup> centuries.*

**Введение.** Тюмень относится к одному из немногих городов Западной Сибири, сохранивших объёмно-пространственную и планировочную структуру сложившуюся к началу XX века. Во второй половине XIX - начале XX века Тюмень стала типичным сибирским купеческим городом. Несмотря на немногочисленный состав, по отношению к остальным социальным группам общества, купечество внесло неоценимый вклад в формирование архитектурного облика города. Помимо строительства объектов для своих личных целей – торговые дома, жилые усадьбы, купечество активно оказывало финансовую поддержку в строительстве крупных городских объектов – культовые объекты, учебные заведения, здравоохранительные и культурно-просветительские учреждения. К крупным тюменским купеческим династиям, радевшим за процветание и развитие Тюмени, принадлежали Колокольниковы, Решетниковы, Прасоловы, П.И. Подаруев, А.И. Текутьев и др.. Здания и сооружения, построенные на средства купечества во второй половине XIX – начале XX веков и сегодня сохраняют важное градостроительное значение в структуре города, реально функционируют как элементы городской среды, выполняя важные для Тюмени функции. Вопрос взаимодействия исторической и современной архитектуры в настоящее время весьма актуален во многих городах. Выявление историко-архитектурного наследия Тюмени, определение его ценности и степени сохранности приобретает в сложившейся ситуации особую актуальность и может способствовать своевременному вмешательству специалистов в области охраны и реставрации историко-культурного наследия.

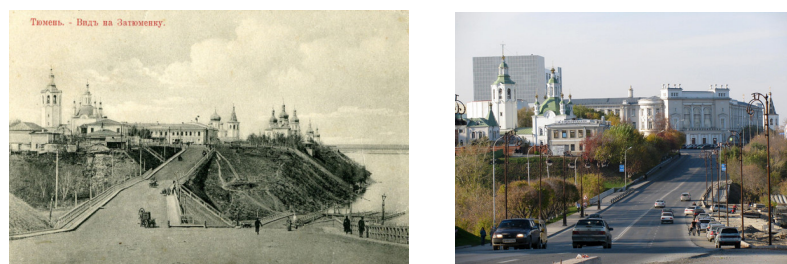
Цель исследования – определение значимости застройки, возведенной на средства купечества, в сохранении исторического облика г. Тюмени. Данное исследование проводится в рамках научной работы по теме: «Архитектура купеческих зданий в г. Тюмени второй половины XIX – начала XX вв.».

**Материалы исследования.** Активную благотворительную деятельность вели тюменский купцы по отношению к **культовым объектам**. На купеческие средства пристраивали приделы к существующим объёмам церквей. Например, приделы к Вознесенской церкви, выполнены на пожертвования купцов И.В. Оконишникова и Е. Котовщикова; придел к Спасской церкви – на средства А.И. Текутьева, ремонтные работы и обеспечение необходимой утварью Знаменской церкви осуществлялось купцом И.В. Иконниковым. Главными попечителями Крестовоздвиженской церкви были купцы Колокольниковы, так как их усадьба располагалась в непосредственной близости от храма [1]. Культовые объекты расположены на исторически значимых территориях города Тюмени, формируют систему градостроительных доминант и играют определяющую роль в формировании ценных панорам города (рис.1).



*Рис. 1. Панорама Затюменского мыса, включающая в себя Крестовоздвиженскую церковь, комплекс Троицкого монастыря и Вознесенскую церковь. Слева - фото начала XX в., справа – фото начала XXI в*

Яркими объектами как по архитектурным, так и по градостроительным качествам, являются здания **образовательных заведений**, возведённые местными купцами. Например, здание бывшего коммерческого училища «ТД И.П. Колокольникова наследники» (в настоящее время – учебный корпус Тюменского индустриального университета) и по сей день является одним из основных элементов, участвующих в раскрытии панорамы Затюменского мыса наряду с комплексом Троицкого монастыря и Крестовоздвиженской церкви (рис.2).



*Рис. 2. Панорама Затюменского мыса, включающая Коммерческое училище «ТД И.П. Колокольникова наследники». Слева - фото начала XX в., справа – фото начала XXI в*

Александровское реальное училище (ныне учебный корпус Государственного аграрного университета Северного Зауралья), ремесленное училище А.И.Текутьева (сейчас учебный корпус эколого-географического факультета Тюменского государственного университета), женская гимназия «ТД И.П. Колокольникова наследники» (сейчас учебный корпус Института гуманитарных наук Тюменского государственного университета) – являются значимыми градоформирующими объектами. На основе этого, можно сделать вывод о том, что здания учебного назначения, возведённые при поддержке местного купечества в конце XIX – начале XX века, не только сохранили первоначальную функцию, но и важную роль в формировании архитектурного облика Тюмени [2, 3].



Особый колорит сибирскому историческому городу придают **жилые купеческие особняки и усадьбы**. Эти объекты выделяются среди рядовой жилой застройки крестьян и мещан более сложным силуэтом, обильным декором и масштабностью построек. Жилые дома и усадьбы купцов имеют высокую архитектурно-художественную ценность, являются яркими представителями стилистических направлений рассматриваемого периода, уникальными объектами каменного и деревянного зодчества. В связи с высокой ценностью купеческих зданий, большинство из них в настоящее время приспособлены по важным для города общественным функциям.

Роль купеческих зданий **торгового назначения** в современной градостроительной ситуации также достаточно значима, некоторые из объектов являются важными элементами планировочной структуры исторического центра города, формируют застройку главных улиц (рис.3). Эти здания в большей степени сохранили свое первоначальное функциональное назначение – торговую функцию, но всё же некоторые претерпели изменения – в **магазине**, который входит в состав комплекса **усадьбы Колокольниковых по ул. Царская** (совр. ул. Республики, 18-20) в настоящее время размещаются экспозиции областного краеведческого музея [4].



Рис.3 Вид по главной улице города - Царская (совр. ул. Республики).

Слева - фото начала XX в., справа – фото начала XXI в

**Заключение.** В результате проведенного исследования установлено, что ценностные характеристики купеческой застройки достаточно высоки, большинство из них являются памятниками истории и архитектуры местного и федерального значения. Застройка, возведенная на средства купечества, несёт информацию об истории города, градостроительной культуре региона, становлении архитектурных стилей, социально-экономическом укладе жизни Тюмени второй половины XIX – начала XX веков, строительных приёмах и материалах.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ситникова Е.В., Пухлякова М.Ю. Вклад тюменского купечества в формирование культового зодчества г. Тюмени // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. – 2016. – № 3 (56). – С. 70-81.
2. Ситникова Е.В., Гайдук М.Ю. Вклад купечества в формирование архитектурного облика образовательных заведений г. Тюмени в конце XIX - начале XX в // Вестник Томского государственного университета. История. – 2015. – № 2 (34). – С. 18-25.
3. Гайдук М.Ю. Вклад купца А.И. Текутьева в историко-культурное наследие города Тюмени / Сибирское купечество: истоки, деятельность, наследие: материалы третьей Всероссийской научной конференции. – Томск, 2019. – С. 60-66.
4. Ситникова Е.В. Историко-архитектурное наследие купцов Колокольниковых в г. Тюмени // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. – 2015. – № 4 (51). – С. 36-48.

УДК 697.14

**ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ ПАНЕЛЬНЫХ ДОМОВ В УСЛОВИЯХ ХОЛОДНОГО КЛИМАТА**

Д.Д. Гоголь, А.А. Крещук, А.Д. Никитин

Научный руководитель: доцент, к. т. н. Г.Н. Шibaева

Хакасский технический институт – филиал ФГАОУ ВО СФУ,

Россия, г. Абакан, ул. Щетинкина, 27, 655017

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

**ENERGY EFFICIENCY OF PREFABRICATED HOUSING STOCKS IN COLD CLIMATES  
CONDITIONS**

D.D. Gogol, A.A. Khreshchuk, A.D. Nikitin

Supervisor: Associate Professor, Ph. D. G.N. Shibaeva

Khakass Technical Institute by Siberian Federal University, Russia, Abakan, Shchetinkina str., 27, 655017

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

***Abstract.** In this study, panel houses of various generations were assessed for heat loss. The problems of the construction of such buildings were identified, the reasons for the formation of an uneven temperature field in the nodes, and, as a consequence, the appearance of a temperature flow through the cold bridges, leading to the occurrence of large heat losses, were investigated. In the course of the study, thermal imaging shooting was used, as well as a software complex for calculating temperature fields - ElCut.*

**Введение.** Энергопотребление и энергоэффективность – на сегодняшний день является важной проблемой в Отечественном и мировом строительстве. Большое количество энергии расходуется на отопление и кондиционирование зданий [1]. Оценка этих показателей для жилых домов панельного типа – задача, которая требует комплексного подхода к ее решению.

Панельные дома первых поколений имеют самый низкий уровень тепловой защиты среди всех жилых домов. Теплозащитные показатели этих домов не соответствуют современным стандартам [2]. Это можно объяснить тем, что в таких зданиях содержится большое количество теплопроводных включений, в частности в конструкции стыков панелей, окон, наружных дверей, балконов [3]. Эти включения образуют так называемые «мостики холода» – часть ограждающей конструкции, где сопротивление теплопередаче меняется по причине появления в конструкции здания материалов с более высокой теплопроводностью, в результате чего образуются тепловые потоки, что приводит к увеличению тепловых потерь в здании [4, 5]. Этот факт приводит к тому, что конструкции здания начинают промерзать, образуется гетерогенное температурное поле, обладающее разной степенью тепловой защиты, что формирует плоскость конденсации внутри наружной оболочки. В результате на поверхности начинает конденсироваться влага и с течением времени может развиваться биологическая коррозия (плесень) [6], что очень негативно сказывается на эксплуатационных характеристиках здания. Это характерно для многих жилых домов, в том числе и строящихся в настоящее время.

Существует большое количество методов, алгоритмов, а также программных комплексов и программного обеспечения для онлайн симуляций, технологий 3D-моделирования для выявления и

устранения этой проблемы [7, 8]. Это можно сделать на этапе проектирования, а также на этапе эксплуатации уже построенного здания. В таком случае можно использовать другие методы, такие как съемка с помощью тепловизора [9]. В ходе данного исследования была проведена оценка энергоэффективности и тепловой защиты домов панельного типа в условиях холодного климата.

**Результаты.** В ходе исследования была проведена тепловизионная съемка для обнаружения дефектов конструкции и теплопотерь здания. В качестве объектов использовался панельный дом в городе Абакане серии 97-028.

На рисунках 1 и 2 приведены результаты визуального осмотра зданий данным методом.

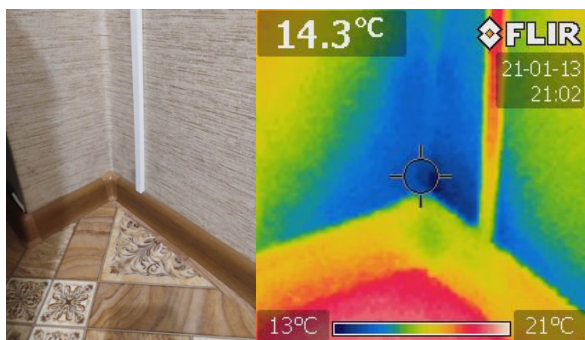


Рис. 1. Термограмма стыка наружной стены и межэтажного перекрытия панельного дома

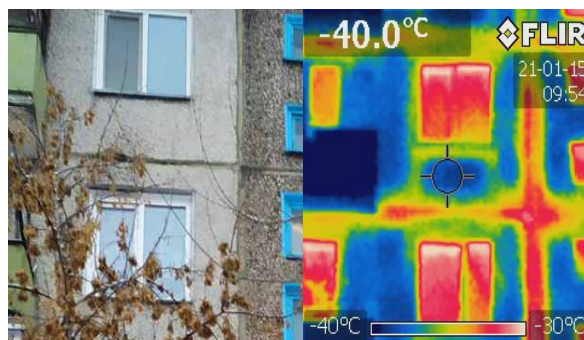


Рис. 2. Термограмма стыков наружной панели жилого дома

С помощью программного комплекса EICut было произведено моделирование тепловых характеристик узлов и проведен расчет температурных полей. В качестве объекта исследования были использованы узлы: монтажный узел закрытого стыка с замоноличенными связями на стальных скобах типового панельного дома с «большим» шагом поперечных несущих стен (Рис. 3) и трехслойная железобетонная панель с утеплителем из полужестких минераловатных плит типового панельного дома с «малым» шагом поперечных несущих стен (Рис. 4).

Исходные данные взяты из справочников.

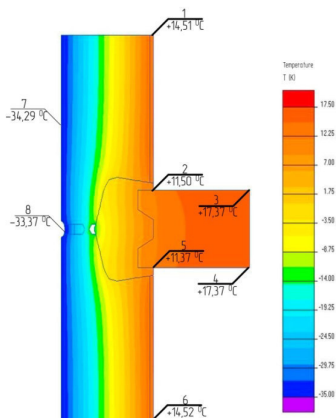


Рис. 3. Температурное поле узла примыкания плиты перекрытия к наружной однослойной стене

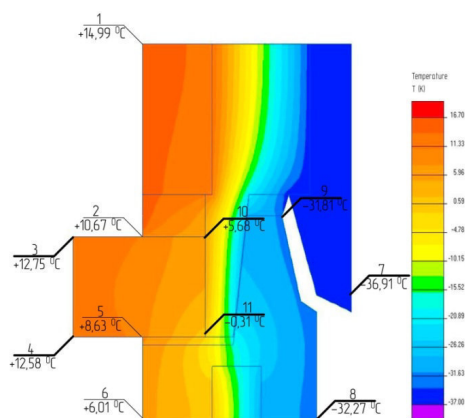


Рис. 4. Температурное поле узла примыкания плиты перекрытия к наружной трехслойной стене

По результатам исследования моделей конструктивных узлов было выявлено, что на внутренних поверхностях стены наблюдается значительное понижение температуры до  $+11,50^{\circ}\text{C}$  (расчетная точка 2, рисунок 3) и до  $+10,67^{\circ}\text{C}$  (расчетная точка 2, рисунок 4), что не соответствует минимальной температуре в месте стыка наружной стены и плиты перекрытия согласно ГОСТ Р 59242-2020.

Очевидно, что конструкция узла формирует интенсивный тепловой поток через стену, что вызывает искажение температурного поля в этой области. Таким образом, это приводит к появлению промерзаний, конденсата и развитию грибковых образований в период эксплуатации здания.

**Заключение.** По проведенному исследованию выявлено, что тепловой поток через узлы примыкания и опорные конструкции негативно влияет на энергоэффективность здания, значительно снижая класс энергетической эффективности здания.

Полученные результаты позволяют оценить дефекты тепловой оболочки здания. Они являются основанием для пересмотра технического решения узлов в соответствии с требованиями нормативной документации.

Выполнение теплового расчета при проектировании зданий необходимо выполнять не только для прямолинейных участков стен, но и для узлов примыкания конструкций.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Maltseva I., Elokhov A., Tkachuk K., Maltceva K. Design without thermal bridges // MATEC Web of Conferences 146. – 2018. – P. 1–6.
2. Kim H., Yeo M. Thermal Bridge Modeling and a Dynamic Analysis Method Using the Analogy of a Steady-State Thermal Bridge Analysis and System Identification Process for Building Energy Simulation: Methodology and Validation // Journal: Energies. – 2020. – P. 1–22.
3. Moga L., Moga I. Evaluation of Thermal Bridges Using Online Simulation Software // E3S Web of Conferences 172. – 2020. – P. 1–8.
4. Ilomets S., Kalamees T. Evaluation of the criticality of thermal bridges // Journal of Building Pathology and Rehabilitation. – 2016. – P. 2–14.
5. Gaši M., Milovanović B., Bagarić M. NUMERICAL MODEL OF POINT THERMAL BRIDGES // The Tenth Internal Conference «Engineering Computational Technology 2018». – 2018. – P. 1–22.
6. Mavlyuberdinov A., Mukminov R. Research on problems of panel buildings // IOP Conference Series Materials Science and Engineering. – 2019. – P. 1–6.
7. Ignatova E. Search for Cold Bridges Based on the Building Information Model Collisions Analysis // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2019. – P. 1–5.
8. Preda A., Scurtu I. Thermal image building inspection for heat loss diagnosis // 5th International Scientific Conference SEA-CONF 2019. – 2019. – P. 1–6.
9. Filonenko O., Yurin O., Olga Kodak3 O. Thermal Modernization of the Panel Buildings External Walls // International Journal of Engineering & Technology. – 2018. – P. 116–122.

УДК 712.253

**КОНКУРСНЫЙ ПРОЕКТ «БЛАГОУСТРОЙСТВО ПАРКА «ЭКО-ДЕРЕВНЯ ТАРХАНОВО»  
В ЙОШКАР-ОЛЕ»**

А.А. Дятлова, В.И. Елизарова, Т.А. Рекун

Научный руководитель: доцент, к.т.н. О.В. Стахеев

Томский государственный архитектурно-строительный университет,

Россия, г. Томск, пл. Соляная, 2, 634003

E-mail: dyatlova1165@gmail.com

**COMPETITION PROJECT "IMPROVEMENT OF THE PARK "ECO-VILLAGE TARKHANOVO"  
IN YOSHKAR-OLA"**

A.A. Dyatlova, V.I. Elizarova, T.A. Rekun

Scientific Supervisor: Associate professor, Ph.D. O.V. Stacheev

Tomsk State University of Architecture and Construction, Russia, Tomsk, 2, Solyanaya Sq., 634003

E-mail: dyatlova1165@gmail.com

***Abstract.** The concept for the improvement of Tarkhanovo Park in the city of Yoshkar-ola was based on the maximum preservation of the existing landscaping and natural landscape. When designing the park, three main points of attraction are formed: a recreational zone, a creative cluster and a cultural and entertainment center. All felled trees are replaced with new plantings or reused as material for the coverings and construction of park facilities. Thus, there is minimal interference with the natural environment formed for decades. Creating a new space for the residents of the city, the historical roots of the park territory were taken into account - the village of Tarkhanovo existed on this place. The principle of total design is reflected in all objects of the park: all capital, linear objects, small architectural forms are stylized as objects of historical orientation.*

**Введение.** Формирование зеленого каркаса города - очень важная составляющая градостроительного проектирования в условиях современной экологической ситуации. Стремительно разрастающийся город практически не оставляет места для создания новых парковых пространств. Поэтому важно не только грамотное проектирование парковых зон в новых районах, но и сохранение уже существующих, их качественная регенерация.

Поэтому в основу проектирования легли следующие концептуальные принципы:

- Экологичность всех процессов и материалов;
- Максимальное сохранение природных элементов (ландшафт и зеленые насаждения остаются нетронутыми, производится оздоровительная и компенсационная вырубка);
- Человек - часть природы и истории (погружение посетителей в исторические корни парка)

**Концепция парка.** Основой концепции благоустройства парка Тарханово в городе Йошкар-ола стало максимальное сохранение существующего озеленения и природного ландшафта. Все вырубленные деревья замещаются новыми посадками или повторно используются в качестве материала покрытий и строительства объектов парка. Тем самым происходит минимальное вмешательство в сформированную десятками лет природную среду. При создании нового пространства для жителей города были учтены

исторические корни территории парка - на этом месте существовала деревня Тарханово. Принцип тотального дизайна отразился во всех объектах парка: все капитальные, линейные объекты, малые архитектурные формы стилизованы под объекты исторической направленности.

**Сценарии функциональных процессов.** Концептуальный проект парка формирует три основные точки притяжения: культурно-развлекательный центр, креативный кластер и рекреационная зона.

Основной вход в парк представлен площадью – культурно развлекательным центром. Он выполняет основную функцию проведения массовых мероприятий и является универсальным для любого времени года. Так, летом амфитеатр со сценой позволяет проводить развлекательные мероприятия, представления и концерты, рассчитанные на большое количество человек, а в зимнее время центральное пространство возможно использовать в качестве катка. И в зимнее и в летнее время функционирует ярмарочная площадь парка, которая заполнена небольшими торговыми ячейками, стилизованными под концепцию парка.

От культурно-развлекательного центра к креативному кластеру ведет основная артерия парка. Креативный кластер – общедоступная территория, предназначенная для самовыражения, творческой деятельности и взаимодействия людей. Креативный кластер представлен капитальным зданием, окружающая его территория приспособлена для выставочного пространства под открытым небом. Рядом находится большая автомобильная парковка. Внутри здания располагаются элементы, выполняющие торговые и образовательные функции, а именно: творческие мастерские, детские студии, площадки для малого бизнеса и площадки для мастер-классов.

Большую часть парка занимает рекреационная зона, которая пронизана множеством тропинок и дорожек, которые прокладываются по естественному рельефу и уже существующим путям прогулок жителей города. Они пронизывают весь лес и повторяя природные изгибы, сочетают в себе объекты благоустройства: прогулочные мостики через реку, деревянное покрытие, беседки и лавочки. Благоустройство для отдыха и досуга аккуратно внедрено в существующее озеленение, при этом учитываются интересы всех слоев населения. Беседки барбекю, детские площадки, площадки для занятия спортом, площадки для выгула собак - все это организовано небольшими островками внутри лесного массива, что позволяет задействовать каждый уголок территории. Через всю территорию организованы тропы здоровья, которые летом приспособлены для велосипедных прогулок, а зимой для лыжных.

**Заключение.** При проектировании «Эко-парка Тарханово» сохранился природный ландшафт и существующее озеленение, санитарные вырубки деревьев по подсчетам занимают всего 8-12% от существующей массы. Также предусмотрены и компенсационные высадки, а все вырубленные деревья будут использованы в благоустройстве и декорирование парка. Тем самым была спроектирована современная и комфортная территория, которая удовлетворяет всем запросам жителей города, подчеркивает историческую причастность места и сохранит природную естественность.



Рис. 1. Графическое изображение конкурсного проекта «Благоустройство парка «Эко-деревня Тарханово» в Йошкар-Оле», авторы проекта А.А. Дятлова, В.И. Елизарова, Т.А. Рекун, руководитель проекта О.В. Стахеев

УДК 711.61.012 (470.23-25)

**ДИЗАЙН АРХИТЕКТУРНОЙ СРЕДЫ НА ПРИМЕРЕ БУЛЬВАРА В Г. САНКТ-ПЕТЕРБУРГЕ**

Е.А. Кирянин, О.Ш. Фам, П.А. Яковлев

Научный руководитель: доцент О.А. Щур

Пензенский государственный университет архитектуры и строительства,

Россия, г. Пенза, ул. Титова, 28, 440028

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

**DESIGN OF THE ARCHITECTURAL ENVIRONMENT ON THE EXAMPLE OF A BOULEVARD IN  
ST. PETERSBURG**

E.A. Kiryanin, O.S. Fam, P.A. Yakovlev

Scientific Supervisor: associate professor, O.A. Schur

Penza State University of Architecture and Construction, Russia, Penza, Titova str., 28, 440028

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

***Abstract.** This article is devoted to the issue of the modern architectural environment. How is accessibility, environmentally friendly and all-season territory achieved.*

**Введение.** В настоящее время создание современной архитектурной среды является одним из важнейших вопросов в формировании города. Анализируя данную тему, речь заходит и о различных параметрах, лежащих в ее основе.

В последние годы, при возникновении новых жилых комплексов, микрорайонов и кварталов встает вопрос о создании привлекательной и доступной архитектурной среды. Цель данного исследования — выявление принципов, которые отвечают за формирование такой территории.

**Материалы и методы исследования.** В работе над проектом преимущественно применялись эмпирические методы исследования. В частности, были изучены успешно реализованные объекты, такие как парк «Зарядье», «High-Line», проект благоустройства береговой зоны реки Черванка в городе Раменское.

Помимо этого, была изучена территория, на которой планируется расположение проектируемого бульвара. Строительство предполагается на территории жилого квартала площадью 35Га на Севере Санкт-Петербурга. От квартала можно с легкостью добраться на автомобиле до КАД и ЗСД. Так же поблизости располагаются Суздальские озера и Шуваловский карьер, пляжи и парки Сестреца и Зеленогорска. Таким образом становится очевидно, что бульвар будет использоваться не только как транзит, но и как рекреационная зона для местных жителей.

**Концепция проекта.** В ходе проектирования мы руководствовались принципами доступности, экологичности и всесезонности. В первую очередь было решено отказаться от внедрения в бульвар разноуровневых площадок и сохранить естественный равнинный рельеф. Ведь вопреки общественному мнению: доступная среда — это отсутствие пандуса, а не его наличие. Так же из проекта были исключены строительные материалы, включенные в Red List building materials. Данный список был составлен Международным институтом будущего жилища (ILFI), в него входят материалы, которые должны быть сняты с производства из-за рисков со здоровьем. Всесезонное использование данной



территории обеспечено ее основной функцией: транзитом. Главным формообразующим элементом проектируемого бульвара является модульная сетка сомасштабная человеку, с шагом в 2,5 метра. Данный модуль является интерпретацией модулятора Ле Корбюзье, округленного для упрощения строительства. На основе сетки строится основной объем территории — геометричные террасы. Они являются вазонами, в которых размещены цветники, кусты и небольшие деревья, благоприятно влияющие на экологию и микроклимат.

Концептом проекта является красная линия, проходящая артерией через весь бульвар. Она указывает на преобладающую транзитную функцию данной территории, а также разделяет ее на функциональные зоны. На территории бульвара располагается шесть зон: входная зона, зона пруда с пирсом, площадь со сценой, тихая зона, фудкорт и фотозона с МАФом. Каждая зона имеет одновременно несколько функций, что делает их одинаково привлекательными для посетителей с различными запросами.

Для доступа на территорию бульвара предусмотрено 2 главных входа, и 6 второстепенных для жителей прилегающих домов, школьников и воспитанников детского сада. Так же у северного входа был сохранен транзитный путь, предусмотренный генеральным планом района (рис.1). Проектом предусмотрено 3 типа освещения: основной, второстепенный и встроенный (рис.2). Основное освещение проходит по всему бульвару и подчиняется основному модулю. Второстепенный свет используется преимущественно вокруг пруда для создания умиротворенной атмосферы. В рекреационных зонах для сохранения кулуарной обстановки были оставлены исключительно встроенные светильники, которые скрывают посетителей от случайных взглядов, оставляя при этом освещенную дорогу. Центральная площадь является многофункциональной зоной. Это место для выставок, концертов, ярмарок и других мероприятий. Помимо всего прочего предполагается создания на площади летнего кинотеатра, функционирующего регулярно в хорошую погоду. Создание такого трансформируемого пространства благоприятно скажется на инвестиционной привлекательности проекта как со стороны жителей, так и со стороны бизнеса.

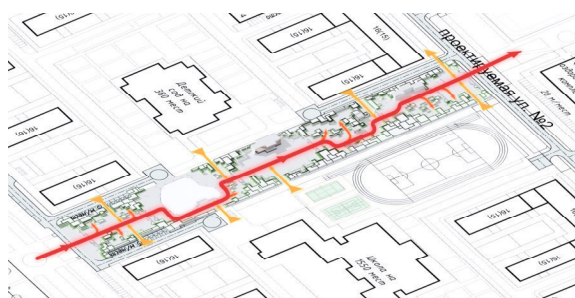


Рис. 1. Схема пешеходных связей

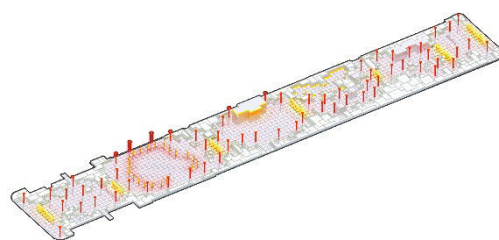


Рис. 2. Схема освещения

**Вывод.** В данной работе были совмещены современные тенденции в благоустройстве территорий и социальные потребности будущих жителей микрорайона. Основной задачей проекта являлось создание комфортной, всесезонной среды, которая не будет пустовать ни один день в году.

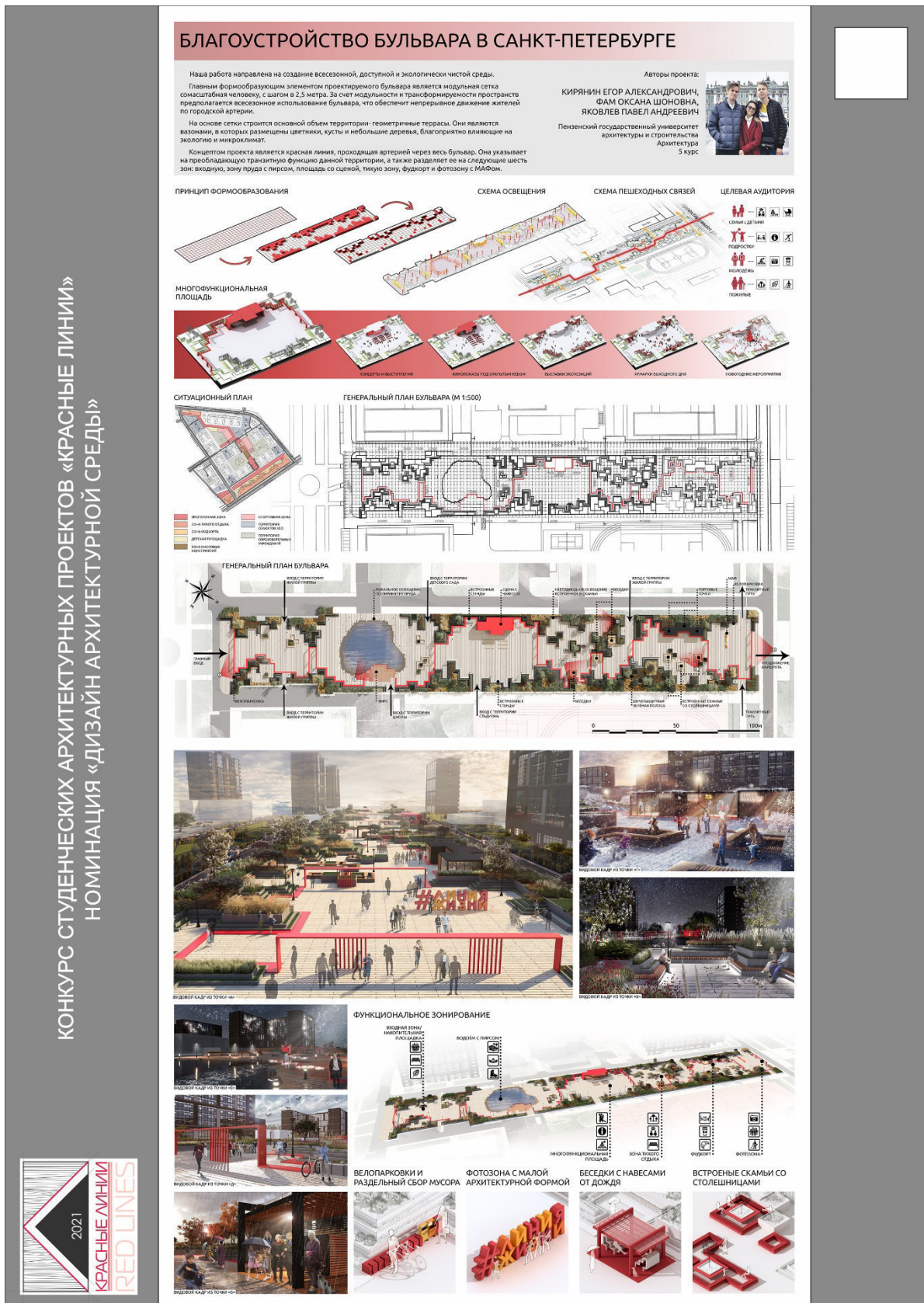


Рис. 3. Графическое изображение проекта дизайна архитектурной среды на примере бульвара в г. Санкт-Петербурге. Кирянин Е.А. Научный руководитель: доцент О.А. Щур

УДК 725.56

**КОНЦЕПЦИЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОГО ДОМА ДЛЯ ПОЖИЛЫХ ЛЮДЕЙ**А.О. Куклина

Научный руководитель: профессор Е.Н. Поляков  
Томский государственный архитектурно-строительный университет,  
Россия, г. Томск, пл. Соляная, 2, 634003  
E-mail: [morkovka.2012@mail.ru](mailto:morkovka.2012@mail.ru)

**THE CONCEPT OF A SPECIALIZED HOUSE FOR SENIOR PEOPLE**A.O. Kuklina

Scientific adviser: Professor E.N. Polyakov  
Tomsk State University of Architecture and Building, Russia, Tomsk, 2, Solyanaya Sq., 634003  
E-mail: [morkovka.2012@mail.ru](mailto:morkovka.2012@mail.ru)

***Abstract.** The main goal of creating a specialized residential building is to ensure favorable living conditions and self-service, an active lifestyle, communication and pastime, providing the elderly with social and household and medical assistance, and providing them with a feasible work activity. Multifunctional buildings are a combination of residential floors with built-in or attached general purpose buildings. " Modifications of a multifunctional home are specialized types of housing, including homes for the elderly with a formed service structure. The location of the specialized houses is a key factor. In foreign practice, specialized houses are ordinary housing. These houses are designed in residential areas, the elderly are in their everyday environment. Home services include: accommodation, meals, medical care, leisure, recreation. In Russia, this topic has not received proper development. Most of the institutions for the elderly were built over 25 years ago.*

**Введение.** Поддержка старшей группы населения — это одно из основных направлений социальной политики государства. Статистика говорит о том, что количество пожилых граждан будет расти. И главной задачей выступает создание жилой среды, которая бы учитывала предпочтение пожилых людей, обеспечивала взаимосвязь поколений и предоставляла рабочие места. Для формирования доступного жилья необходимы корректировки архитектурно-градостроительных нормативов. Специализированные дома для пожилых — это многофункциональные дома, сочетающие жилые этажи со встроенными или пристроенными учреждениями общедомового назначения [1].

**Основная цель создания специализированного жилого дома** — это обеспечение благоприятных условий проживания и самообслуживания, активного образа жизни, общения и времяпрепровождения, предоставление пожилым людям социально-бытовой и медицинской помощи, обеспечение их посильной трудовой деятельностью.

**Экспериментальная часть.** В настоящее время сформированные дома для старшего поколения не соответствуют нормам и задачам. Распространенными примерами на территории России служат дома, перестроенные/приспособленные под данный тип. Большинство данных строений устарели морально и

физически и не отвечают нормам и стандартам. Примерами также могут выступить дома, спроектированные как специализированные, но при завершении выступали типовым приспособлением [2].

Территория расположения жилья для пожилых людей является ключевым фактором. В практике данный вид домов стремятся распределить за чертой города, не оставляя возможности данной группе населения оставаться элементом городской среды. Плюсы в расположение за пределами города есть, это:

- благоприятная экология
- отсутствие шума
- развитие рекреационно-парковой зоны.

К минусам:

- отказ от активной городской жизни
- отказ от социальными связями, изолированность
- удаленное расположение городских больниц в ходе чрезвычайных ситуаций.
- транспорт

Решением выступает расположение в селитебной зоне города данных сооружений. Примером может выступить застройка специализированного жилья в жилую группу, преобразовываясь в смешанные типы. Планировочные решения представлены коридорного типа. На первых этажах чаще всего сосредоточены: входная группа, административные помещения, пищевой блок, медицинский блок, спортивный блок. Этageжами выше расположены жилые комнаты/квартиры. Площадь данных комнат/квартир минимальная от 12-18 м<sup>2</sup>. Часто в комнате/квартире проживает от 1 человека и выше. Комната дежурного персонала расположена вблизи с жилыми ячейками, что способствует в случае чрезвычайной ситуации оказать помощь пожилым людям. В состав жилых комнат/квартир включены небольшой коридор, санитарный узел, жилая комната. В России распространено проектирование данных учреждений большой вместимостью. На жилых этажах предусмотрены помещения для хранения чистого белья, кладовая грязного белья, отделение химчистки. Сформированы общественные пространства (холлы).

Для формирования комфортной жилой среды для пожилых людей представлены следующие этапы:

- решение придомовых территорий, (развитие зон отдыха, спортивных площадок, парковых зон, аллей, устройство цветников, грядок. Устройство беседок, скамеек)
- расположение дома. Связь основных микрорайонных, пешеходных коммуникаций с объектами повседневного и периодического обслуживания (магазины, аптеки; столовые, кафе, ремонтные мастерские, приемные пункты прачечных и химчисток, клубы по интересам; сбербанки и почты; административные здания социальной сферы; храмы, рекреационные площадки (зонами отдыха) и остановками общественного транспорта;
- решение входных узлов (устройство пандусов, лестничных клеток, подъемников, тамбуров)
- внутренний коммуникации зданий (устройство и оснащение лестниц, пандусов, лифтов, подъемников, пожаробезопасных зон и т.д.);
- помещений индивидуального использования (планировочная структура квартиры, организация пространства, комфортные площади помещений, индивидуальные кабины санитарных узлов)
- помещения общего пользования (ширина коридоров, устройство пищевого, медицинского и спортивного блоков, мастерских по интересам)

- инженерно-техническое оснащение и оборудование помещений и зон индивидуального использования (электроосветительные и нагревательные системы и приборы; вентиляция и кондиционирование; слаботочные системы и устройства, телефония, радио, компьютерные сети и телевидение.

Функциональные зоны специализированного дома включают:

-Проживание, питание (встроены кухни в жилые ячейки, столовая на первом этаже здания), медицинское обслуживание, культурно-массовое обслуживание, административно-хозяйственное, охрана безопасности проживания

**Результаты.** Пожилые люди чаще сталкиваются с невозможностью выбора комфортного жилья и обслуживания. Оптимальным решением выступает проектирование специализированных домов в жилых кварталах. Концепция проектирования за чертой города отходит на дальний план, так как большинство пожилых людей предпочитают оставаться активными жителями города. При планировании строительства специальных домов предусматривается размещение вблизи жилых образований, что в случае чрезвычайной ситуации своевременно оказать помощь. Ориентироваться на дома средней и малой вместимости, где условия приближенные к домашним. При проектировании необходимо устройство безбарьерной среды как в пределах здания/квартиры, так и территории. Увеличить площадь квартир для комфортного проживания. Развитие общественных пространств, библиотек, мастерских по интересам, спортивных залов.

**Заключение.** В России данный тип здания вызывает страх и недоверие у пожилых людей, так как ассоциируются больше с медицинскими учреждениями и изоляторами от внешнего мира. В зарубежной практике специализированные дома с уходом проектируются в жилых районах, пожилые люди находятся в повседневной среде. В обслуживание дома включены: проживание, питание, медицинское обслуживание, досуг. В России данная тема не получила должное развитие. Большинство учреждений для пожилых людей были построены более 25 лет назад. В статье Динеля К. говорится о том, что отмечается стремление большинства пожилых граждан оставаться в привычной среде. Вывод по данному исследованию приходит такой, что следует улучшать качество жизни пожилых людей в существующей среде, а не изолировать от городской жизни и социума.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Крундышев Б.Л. Архитектурное проектирование жилых зданий, адаптированных к специфическим потребностям маломобильной группы населения : учебное пособие. – СПб., 2012. – 200 с.
2. Крундышев Б.Л. Проблемы адаптированного жилища, доступного для маломобильной группы населения // Жилищное строительство. – 2009. – № 11. – С. 17-19.
3. Батаев М. О социальной архитектуре в России //Архитектура. Строительство. Дизайн. – 2013. – №3. – С.56-58.
4. Гришкина А.С. Проблемы организации жилья для пожилых людей в современных условиях [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: [http://archvuz.ru/2007\\_22/25](http://archvuz.ru/2007_22/25) (дата обращения: 27.03.2021)

УДК 711.436(075.8)

**КОНКУРСНЫЙ ПРОЕКТ «ПОСЕЛОК НА 2000 ЖИТЕЛЕЙ»**

М.В. Лунев

Научный руководитель: кандидат архитектуры, доцент, член Союза архитекторов РФ Г.В. Коблашова

Томский государственный архитектурно-строительный университет,

Россия, г.Томск, пл. Соляная 2, 634003

E-mail: mishel.lunev@yandex.ru

**VILLAGE FOR 2000 RESIDENTS**

M.V. Lunev

Scientific Supervisor: architect, candidate of architecture, associate professor, member of the Union of

Architects of the Russian Federation G.V. Koblashova

Tomsk State University of Architecture and Building, Russia, Tomsk, Solyanaya sq., 2, 634003

E-mail: mishel.lunev@yandex.ru

***Abstract.** The project of the village for 2000 residents was carried out in the discipline "Architectural design" in the 4th year of study in 2020. (in the fall, according to the online system) in accordance with the assignment issued by the department. The future settlement is an object of a modern urban planning system for families who want to have comfortable housing, including those that correspond to their financial capabilities.*

*It was necessary to create a living environment of increased comfort of living, taking into account modern requirements for the design of suburban territories. At the same time, to comprehensively solve socio-economic, compositional urban planning, environmental and other tasks: to analyze the geodetic base (identify areas suitable for building; study the natural and climatic specifics, etc.); to calculate the population size and the area of the village; to develop its functional zoning and basic transport scheme; to develop a master plan for the village for 2000 residents, taking into account the current standards and regulations.*

*Thus, on the basis of the territory issued by the department located in the suburbs of Tomsk (along the M-53 highway, direction to the south-west, near the village of Kislovka), a fragment of it was identified, the advantage of which was the presence of a reservoir (from the east) and a river (on the south side), the absence of natural landscaping, a relatively calm relief, which nevertheless ensures the drainage of surface and melt water.*

Проект поселка на 2000 жителей выполнен по дисциплине «Архитектурное проектирование» на 4 курсе обучения в 2020г. (осенью, по онлайн-системе) в соответствии с выданным кафедрой заданием. Будущий населенный пункт - объект современной градостроительной системы для семей, желающих иметь удобное жильё, в том числе соответствующее их финансовым возможностям.

Необходимо было создать жилую среду повышенного комфорта проживания с учетом современных требований к проектированию пригородных (загородных) территорий. При этом комплексно решить социально-экономические, композиционно-градостроительные, экологические и другие задачи:

- провести анализ геодезической подосновы (определить участки, пригодные под застройку; изучить природно-климатическую специфику и пр.);
- произвести расчет численности населения и площадь территории поселка;

- разработать её функциональное зонирование и основную транспортную схему;
- разработать генеральный план поселка на 2000 жителей с учетом действующих нормативов и регламентов.

Таким образом на основе выданной кафедрой территории, расположенной в пригороде г.Томск (по трассе М-53, направление на юго-запад, вблизи пос.Кисловка), был выделен её фрагмент, преимуществом которого стало наличие водоема (с востока) и речки (с южной стороны), отсутствие природного озеленения, относительно спокойного рельефа, тем не менее обеспечивающего отвод поверхностных и талых вод.

Идея формирования архитектурной целостности застройки благодаря строгому членению пространств легла в основу градостроительной композиции. Принятая здесь транспортно-пешеходная схема позволяет минимизировать движение по жилым улицам, обеспечивая при этом комфортную и оптимальную доступность к объектам обслуживания и центру поселка, и раскрыть пластику восприятия застройки в целом. Жилой массив поселка опоясывает масштабная рекреационная зона, сформированная с участием извилистой протекающей речки в южно-восточной части посёлка.

В соответствии с заданием основной тип жилья - индивидуальные двухэтажные дома с приусадебными участками и хозяйственными постройками для ведения личного подсобного хозяйства (50%). Блокированные дома в общей доле жилых зон составляют 35%, а секционные - 15%.

Участки индивидуальных домов расположены по периферии поселка, но связаны с его центром (как говорилось выше) максимально краткими транспортными и пешеходными связями. Секционные дома «опоясывают» зону общественного обслуживания, формируя её границы. Блокированные дома формируют «более престижные» и часто посещаемые зоны – въезды в посёлок, главную улицу и т.п.

По расчету здесь расположены две ДДО (детских сада) на 160 мест каждая с радиусом обслуживания 300м, а также школа на 300 учащихся (радиус доступности 500м), участок которой «активно» соседствует с рекреационной зоной.

Ведущим структурным элементом стал общественный центр, включивший в себя основные учреждения управления и культурно-бытового обслуживания. Здесь большое внимание уделено удобным связям с жилыми зонами посредством пешеходных тротуаров, площадок для отдыха и осмотра окружения. Это также проявилось в стремлении к тому, чтобы каждый элемент композиции центра воспринимался в гармонии с ближайшим объектом. В свою очередь отдельные фрагменты связаны между собой мини-бульварами, улочками, пешеходными аллеями, малыми архитектурными формами. Важной задачей являлось и формирование единого стилистического, неповторимого, гармоничного архитектурно-художественного образа, выраженного и в системе жилой застройки, и в организации общественных пространств. соразмерных и сомасштабных человеку и данному природному окружению.

Необходимо было помнить и о зеленых насаждениях, которые оказывают большое влияние и на экологическую обстановку проживания, и на организацию жилых и общественных фрагментов планировочной структуры поселка, а также активно влияют на эстетическое восприятие застройки. Таким образом они создают наиболее качественные условия для труда, быта, отдыха населения, содействуют улучшению микроклимата, защищают от ветра, пыли, шума и являются важнейшим инструментом инженерного благоустройства.

В процессе проектирования были учтены основные требования, обеспечивающие комфорт проживания в поселке: условия инсоляции и проветривания территории и объектов строительства, наличие рекреационных зон и озеленения, художественно-эстетическая составляющая и пр.

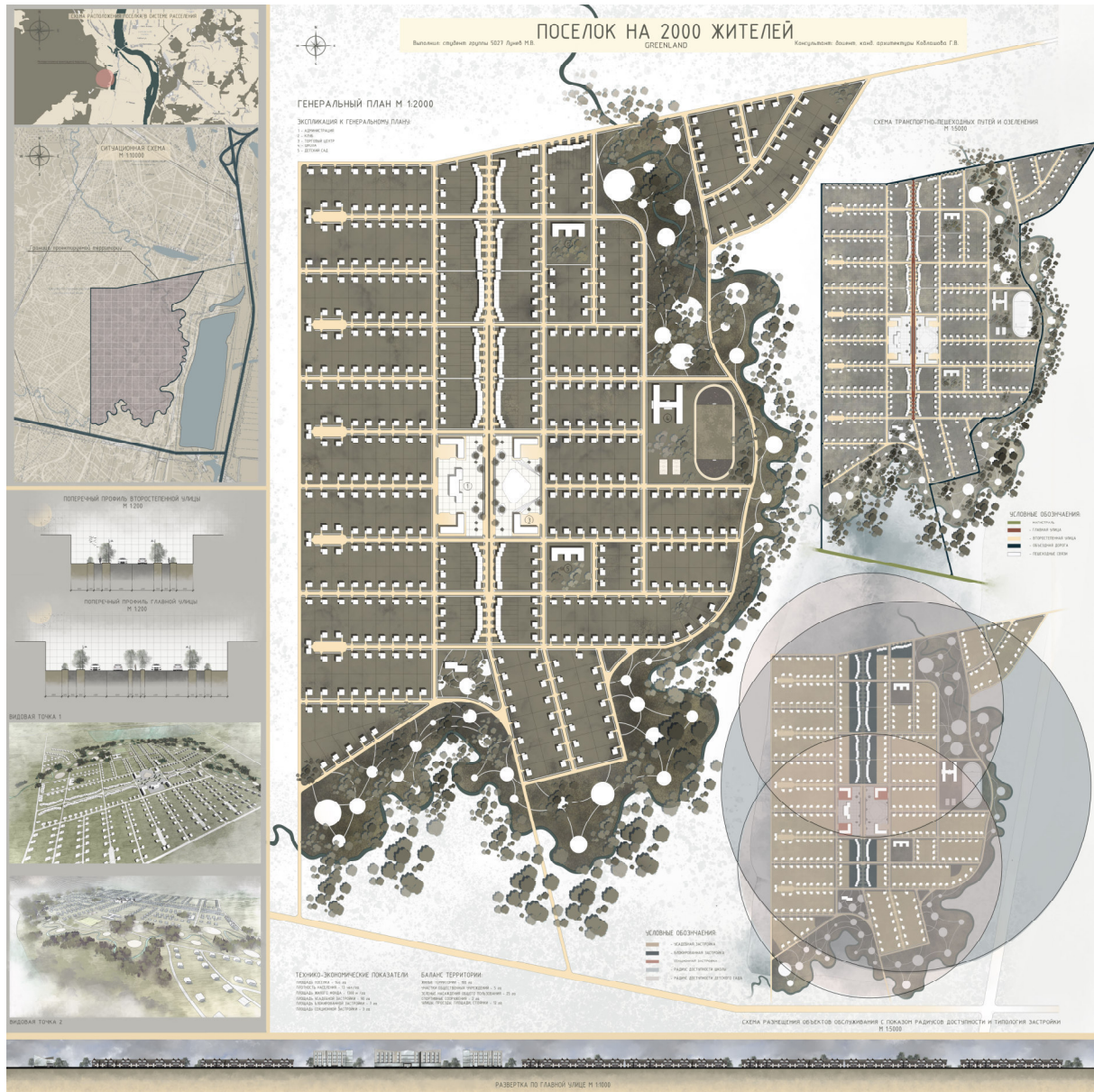


Рис. 1. Графическое изображение конкурсного проекта «Поселок на 2000 жителей» автор проекта М. В. Лунев, руководитель Г.В. Коблашова



УДК 72.012

**БЛАГОУСТРОЙСТВО ТЕРРИТОРИИ ПО УЛИЦЕ ФРУНЗЕ ГОРОДА ТОМСКА**Е.С. Николюк

Научный руководитель: старший преподаватель М.Б. Тельцов  
Томский государственный архитектурно-строительный университет,  
Россия, г. Томск, Соляная пл., 2 634003  
E-mail: Katekoshar2001@mail.ru

**LANDSCAPING ON FRUNZE STREET IN TOMSK**E.S. Nikoliuk

Scientific Supervisor: Senior lecturer M.B. Teltsov,  
Tomsk State University of Architecture and Building, Russia, Tomsk, Solyanaya sq., 2, 634003  
E-mail: Katekoshar2001@mail.ru

***Abstract.** Landscaping flows between residential neighborhoods, community centers, and the road network. It should create a safe and comfortable environment with human priority. Landscaping flows between residential neighborhoods, community centers, and the road network. It should create a safe and comfortable environment with human priority. The project "landscaping on frunze street in tomsk". Objects of visual perception are in harmony with the environment, and their infrastructure creates a high level of activity in urban conditions.*

**Введение.** Современный подход к дизайну городской среды рассматривает улицу не просто как набор оптимально организованных функций. Мы научены ценить жизнь. Природа, человек и память – это то, с чем необходимо обращаться бережно, внимательно и уважительно. Эмоциональное содержание связывает нас с определенными местами и позволяет снова туда возвращаться. Самые оживленные городские пространства раскрывают место через близкие людям смыслы и опыт переживания какого-либо действия.

Однако работа с исторической памятью заключается не только в сохранении смыслов, передаваемых самим пространством. Ее неотъемлемой частью является гармоничное слияние планируемой территории с общегородской тканью.

Человек, в свою очередь, нуждается в максимально комфортном обеспечении своих действий, дружелюбии, гибкости и открытости окружающей его среды.

**Основная часть.** Описанные принципы легли в основу методологии работы над проектом по благоустройству улицы Фрунзе 22 и примыкающей к ней улице Белинского в Томске.

Одной из главных задач было включение градостроительной застройки в эмоциональный и визуальный диалог между историческим наполнением, природой и человеком. Скульптура В. Г. Белинского, находящаяся на оси север-юг, становится идейным вдохновителем легенды места. Его выдающаяся деятельность как революционера, литературного критика и философа XIX века формирует новый положительный контекст, расширяет общественное содержание пространства и придает ему особый характер. Философию места поддерживают элементы работы с различными видами информации, такие, как например табло, которое является средством интерактивной коммуникации.

По линии запад-восток предполагается, что информационное поле, создаваемое малыми объектами благоустройства, должно трансформироваться и, оказав влияние на городскую застройку, организовать вокруг себя образовательный сектор вдоль улицы Фрунзе, где могут удачно расположиться библиотека, детская студия и зеленые зоны. Задаваемая таким направлением ось движения формирует сценарный маршрут, отправной точкой которого становится остановочный павильон. Он выполняет роль не только защиты от ветра, снега и дождя для ожидающих транспорта горожан, но и выступает в качестве носителя информации и рекламных объявлений, а также содержит ряд приспособлений, повышающих качество комфортного ежедневного пользования горожан. Электронное табло с бегущей строкой позволяет пассажирам отслеживать движение транспорта в реальном времени. Помимо этого, оно обладает аудио воспроизводящим устройством для людей с ограниченными возможностями.

Элементом, продолжающим лирический характер места, а также побуждающим на взаимодействие горожан становится камерный поэтический амфитеатр под открытым небом, который представляет собой объект общения, проведения лекций, чтений, выступлений или просто отдыха.

Геометрия территории основывается на грамотном распределении пешеходов, велосипедистов, маломобильных горожан, а также потоков специфических приостановочных зон. Комфортная транспортно-пешеходная схема гармонирует с природным наполнением и дендрологическими акцентами.

Авторское предложение формулирует динамичный пространственно-технологический и эстетический образ объектов. Проект демонстрирует современный технологический уровень при решении архитектурных и функциональных задач. Объекты визуального восприятия и тактильного доступа эффектно взаимодействуют с окружающей средой, а их энергоэффективная инфраструктура создаёт высокую жизнедеятельность в городских условиях.

**Заключение.** В итоге можно отметить, что комплексное благоустройство является особой отраслью проектирования. Проект предусматривает работу со средовым дизайном, а также чуткому подходу к человеку, природе и исторической памяти. Городские улицы трактуются не просто как транзитное пространство, мы ждем от них обмена знаниями, культурного досуга и городской жизни.

Объектами благоустройства в данной работе являются: элементы озеленений (газоны, живые изгороди, клумбы) и покрытий, скамьи и урны, элементы освещения, которые одновременно освещают и украшают улицу. Также в проект были введены эко технологии, такие как солнечные батареи и ветровые генераторы, что создает экономичную и технологическую среду.

Технико-экономические показатели: 1. Площадь велосипедной дорожки 252 м<sup>2</sup>; 2. площадь подиума 471 м<sup>2</sup>; 3. площадь газона 665 м<sup>2</sup>; 4. площадь цветников 21 м<sup>2</sup>; 5. площадь парковки 557 м<sup>2</sup>.



УДК 712.253

**КОНКУРСНЫЙ ПРОЕКТ «АМФИТЕАТРАЛЬНЫЙ СКВЕР В ТОМСКЕ»**

К.П. Слободенюк

Научный руководитель: старший преподаватель М.Б. Тельцов  
Томский государственный архитектурно-строительный университет,  
Россия, г. Томск, пл. Соляная 2, 634003  
E-mail: [skp.salekhard@mail.ru](mailto:skp.salekhard@mail.ru)

**COMPETITION PROJECT « THE ANFITEATRO SQUARE IN TOMSK »**

K.P. Slobodenyuk

Scientific Supervisor: Senior lecturer M.B. Teltsov  
Tomsk State University of Architecture and Building, Russia, Tomsk, Solyanaya sq., 2, 634003  
E-mail: [skp.salekhard@mail.ru](mailto:skp.salekhard@mail.ru)

***Abstract.** Inspired by the austerity and simplicity of ancient classical architecture, which is the founder of theatrical art, this complex is designed to create a harmonious artistic space. The images of the amphitheater and the labyrinth remind us of the inexhaustible heritage of humanity, linking together the past and the present. Natural materials complement the landscape of the park and pacify. A distinctive feature of the theater square is its close location to many cultural attractions of the city. The Tyuz, The Aelita entertainment center, art museum and other objects form a special atmosphere of the place. The project tries to reveal the nature of the territory, encouraging visitors to an active creative process and creation. Because if god create man in his own image, everyone is called to be a creator.*

В наше время общественные пространства проходят трансформацию содержания и назначения. В совокупности мы получаем не только связующее звено между городскими объектами, но и самоценное место общественной жизни, пульсирующее в городском ритме и привлекающее к себе различные социальные группы для общения и кооперации. Такое пространство должно обладать свойством объединения различных, на первый взгляд несовместимых функций, способных создавать множественные комбинации пользовательских сценариев. Тогда такое пространство сможет стать интригующим и привлекательным для современного горожанина.

В работе над территорией Театрального сквера хотелось придерживаться актуального подхода к дизайну городской среды. В ходе предпроектного анализа были выявлены ключевые особенности места и сформулированы основные задачи работы. Характер сквера определяется его близким нахождением к главным точкам культурного притяжения города. В первом территориальном кольце расположены ТЮЗ, зрелищный центр Аэлита, Томский областной художественный музей. Во втором, внешнем кольце – Томский областной Театр Драмы, Томская областная государственная филармония, Томский музыкальный колледж им. Э.В. Денисова. Это способствует особой артистической атмосфере места, поэтому одной из задач проектирования становится не просто привлечение большого количества людей творческой направленности, но и демонстрация того, что каждый человек может открыть в себе творца и стать частью творческого процесса.

Другим качеством территории является объединение в себе различных по характеру объектов. В центральной части сквера размещен памятник революционеру Иосифу Кононову, погибшему во время демонстрации в г. Томске. в 1905 г. Он соседствует с памятником Музе и малыми формами досугового назначения.

В целом удаленное размещение сквера относительно главной дороги и густая еловая стена создает в центральной части парка тихую, чрезвычайно умиротворенную, изолированную от городской суеты, практически камерную атмосферу.

Оставляя все эти особенности нетронутыми и подчеркивая их социальную значимость, мы решили мягко связать их единой нитью повествования, совмещая монументальность мемориальной части парка с расходящимися от нее по лучам досуговым и рекреационным зонам и замыкая основную ось парка Ротондой с мобильными павильонами. Классическая античная архитектура была выбрана центральным образом дизайна для объединения сквера. Она отсылает нас к историческому периоду, когда грань между досуговыми и культовым, мемориальным сооружением была размыта, а также ассоциативно связывает с образом классического театра и его героикой повествования.

В проектом предложении геометрия парка была преобразована в строгую симметричную композицию. В ее основе лежат три ключевых образа – античный амфитеатр, лабиринт и астрономическая модель солнечной системы, также связанная с древнегреческим понятием космоса. Центральная ось сквера, на которой располагаются памятники Музе и Иосифу Кононову получила развитие и структурное завершение в виде ротонды. А небольшое сокращение линии из елей позволило раскрыть фасад ТЮЗа для тех, кто заходит в парк, словно театральный занавес, который готов распахнуться, приглашает нас войти внутрь.

Обрамленное колоннадой, мемориальное пространство мягко перетекает в сценическое. Ротонда, исполненная в современном прочтении, связывает историческую память места с центральной, рекреационной функцией парка. Создавая портал во двор ТЮЗа, она расходится крыльями-сценами, на которых размещены трансформируемые и интерактивные объекты. Павильон представляет из себя трехчастный металлический каркас, расположенный на рельсах, и покрытый занавесом римских штор. Такая конструкция позволяет создавать помещения разной степени приватности, перемещая два из трех основных элементов павильона. Необходимым энергетическим ресурсом эти объекты обеспечиваются за счет ветровых генераторов, установленных на их крышах. Это позволяет создать как освещение в темное время суток, так и разместить элементы мультимедиа, которые могут использоваться для демонстраций или световых шоу. В таком пространстве минитеатра могут быть разыграны самые разнообразные сценарии: от лекций до мастер-классов и фестивалей.

Общая концептуальная структура пространства дополняется такими деталями как качели, которые стали одним из любимых объектов сквера, выставочными стендами по краям аллеи, вело парковками и лабиринтом из низкорослого кустарника, не только продолжающего геометрию места, но и способного увлечь юных пользователей своей загадкой и придать территории новый качественный статус.

Технико-экономические показатели: S застройки – 3074. 41 м<sup>2</sup> ; S мощения – 1098.39 м<sup>2</sup> ;S озеленения– 1964.27 м<sup>2</sup>; S проектируемого объекта – 11.75 м<sup>2</sup>

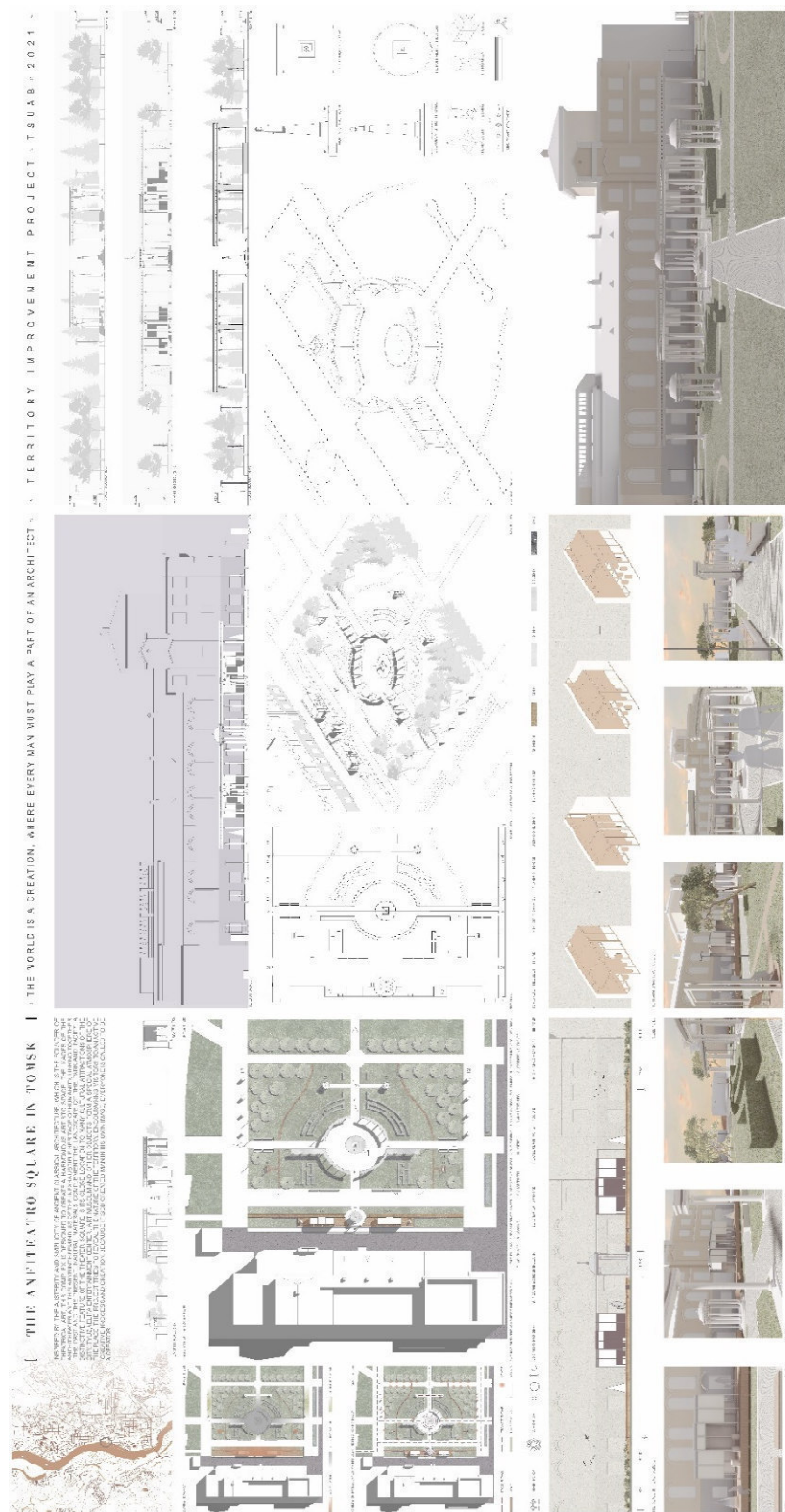


Рис. 1. Графическое изображение проекта «Амфитеатральный сквер». Слободенюк К.П. Научный руководитель: старший преподаватель М.Б. Тельцов

УДК 728.51.012(470.40-21)

**ПРОЕКТ ГОСТИНИЦЫ НА 220 МЕСТ ПО УЛ. МИРА В Г. ПЕНЗЕ**

О.Ш. Фам

Научный руководитель: доцент О.А. Щур  
Пензенский государственный университет архитектуры и строительства,  
Россия, г. Пенза, ул. Титова, 28, 440028  
E-mail: [kseniya.fam@mail.ru](mailto:kseniya.fam@mail.ru)

**PROJECT OF A 220-BED HOTEL ON MIRA STREET IN PENZA**

O.S. Fam

Scientific Supervisor: associate professor O.A. Schur  
Penza State University of Architecture and Construction, Russia, Penza, Titova str., 28, 440028  
E-mail: [kseniya.fam@mail.ru](mailto:kseniya.fam@mail.ru)

***Abstract.** This article discusses the basic principles of creating a comfortable and relevant hotel in all respects. A variant of the solution of the architectural appearance and functional zoning of the hotel is proposed.*

**Введение.** В настоящее время уровень урбанизации в странах продолжает расти. Одной из важных составляющих социальных модели любого города является туристическая сфера. С архитектурной точки зрения, помимо достопримечательностей, неотъемлемой частью считаются места размещения гостей города. Современные гостиничные комплексы и отели должны отвечать многим показателям: транспортная доступность, комфортность среды, экологичность, функциональная насыщенность, а также не менее важен эстетический облик самого здания.

Основная идея, которой руководствуются при проектировании гостиниц, – создание благоприятных условий для проживания, а также проведения досуга. Рынок объектов, предоставляющих временное жильё, представлен в изобилии, поэтому проектированию сооружений данного типа уделяют особое внимание.

*Актуальность* данной работы состоит в разработке конкурентоспособного продукта, отвечающего всем требованиям и нормам, но при этом имеющего свою уникальную отличительную концепцию.

В ходе проектирования были выявлены следующие *задачи*:

1. выбор территории для расположения объекта;
2. разработка функциональной структуры здания;
3. формирование неповторимого и узнаваемого архитектурного облика.

В качестве земельного участка для проектирования была выбрана территория с сильным перепадом высот, граничащая с жилой и лесопарковой зоной. В непосредственной близости находятся магистральные дороги городского значения, что обеспечивает хорошую транспортную доступность. Помимо этого, выбранный участок для проектирования находится в зелёном районе города: в пешеходной доступности крупная рекреационная зона. Сам участок ориентирован на пруд, границу территории которого формирует лесной массив (рис.1). Именно данный рельеф участка лёг в основу концепции здания гостиницы. Силуэт здания повторяет горизонтали на топографической карте (рис.2,3).



Рис. 1. Ситуационный план

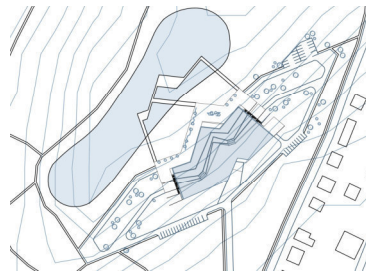


Рис. 2. Топографическая схема

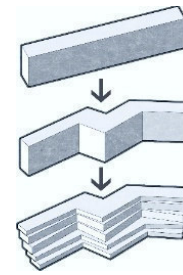


Рис. 3. Схема формообразования

Для того, чтобы гармонично вписать постройку в среду, в проекте применяются технологии оборудования «зелёных крыш». Они благоприятно влияют на экологию и микроклимат. Помимо этого, чтобы добиться эффекта единения с природой, в гостиничных номерах используется панорамное остекление, практически из каждого номера есть выход на обустроенные летние террасы.

Заглубление здания в структуру существующего рельефа даёт возможность использования температуры земли летом для охлаждения воздуха в рекуператоре, так как она ниже температуры воздуха, а зимой для нагрева.

В планировке использован принцип разграничения пешеходных потоков в разные функциональные блоки здания гостиницы (рис.4). Для этого, общественная часть, включающая в себя ресторан, фитнес центр и конференц залы, была вынесена на верхний этаж. Для постояльцев отеля запроектирован вход с нижнего уровня, где и располагается стойка регистрации и главный вход. Также на нижнем уровне здания располагаются номера, рассчитанные на МГН. С целью создания доступной среды, входные группы оборудованы пандусами, внутренне пространство гостиницы оборудовано специальными лифтовыми блоками. В структуре объекта также учтены требования СНиП «Доступность зданий и сооружений для маломобильных групп населения».

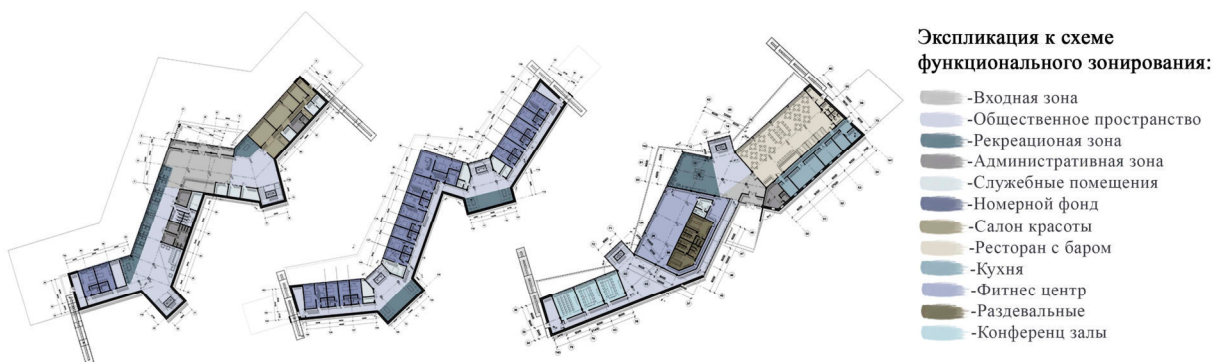


Рис. 4. Функциональное зонирование

**Заключение.** При проектировании данного здания гостиницы основополагающими принципами были доступность, функциональная насыщенность и энергоэффективность. В результате был создан яркий, динамичный объект, который также отвечает основным параметрам экологичности, что делает его более современным и экономичным в эксплуатации.



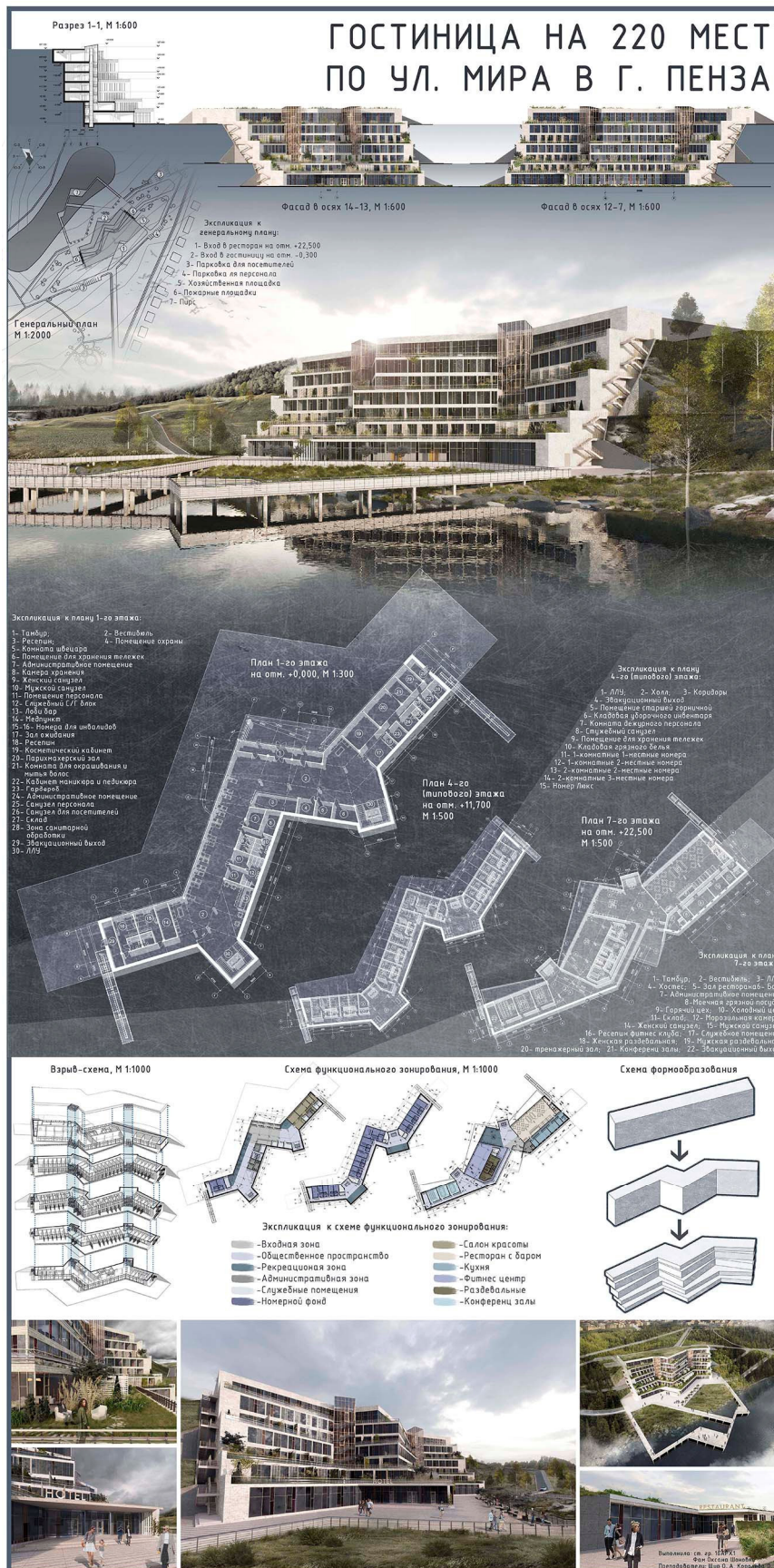


Рис. 5. Графическое изображение проекта гостиницы на 220 мест по ул. Мира в г. Пензе. О.Ш. Фам  
Научный руководитель: доцент О.А. Щур

Научное издание

# **ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ НАУК**

**Том 6. Строительство и архитектура**

Сборник научных трудов  
XVIII Международной конференции студентов, аспирантов  
и молодых ученых

Компьютерная верстка *С.А. Поробова*

Зарегистрировано в Издательстве ТПУ  
Размещено на корпоративном портале ТПУ  
в полном соответствии с качеством предоставленного оригинал-макета



## **Издательство**

ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ